



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

STUDIE SNÍŽENÍ ZTRÁT VODY

THE STUDY ON ELIMINATION OF WATER LOSSES

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jan Klement

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ KUČERA, Ph.D.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Jan Klement
Název	Studie snížení ztrát vody
Vedoucí práce	Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2016
Datum odevzdání	13. 1. 2017

V Brně dne 31. 3. 2016

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.,
MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

[1] Performance indicators for water supply services. 2nd ed. London: IWA Publ., 2005. ISBN 18-433-9051-5.

[2] HAMILTON, Stuart. Water management and water loss. London: IWA Publishing, c2014. ISBN 978-1-78040-635-0.

[3] KUNKEL, George A. Water audits and loss control programs. Fourth edition. Denver: American Water Works Association, 2016. ISBN 978-162-5761-002.

[4] TUHOVČÁK, Ladislav, Pavel ADLER, Tomáš KUČERA a Jaroslav RACLAVSKÝ. Vodárenství: Studijní opora pro studijní programy s kombinovanou formou studia [online]. Brno: VUT v Brně, 2006 [cit. 2012-03-26].

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Cílem diplomové práce je zpracovat studii snížení ztrát vody pro konkrétní spotřebiště, skládající se z těchto dílčích částí: vyhodnocení ukazatelů ztrát vody, vyhodnocení technického stavu sítě, rozdělení spotřebiště na měřicí okruhy, návrh měřicích uzlů, návrh opatření vedoucích ke snížení ztrát vody. Předpokládá se spolupráce s konkrétní vodárenskou společností.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce je na vybraných lokalitách posoudit skutečný stav ztrát pitné vody z vodovodního řadu a navrhnout variantu vedoucí k jejich snížení.

KLÍČOVÁ SLOVA

Potřeba vody,
spotřeba vody,
voda nefakturovaná celkem,
tlakové pásmo,
měřící okrsek,
ztráty vody,
vodoměrný objekt.

ABSTRACT

The aim of this thesis is on selected locations to assess the actual condition of drinking water losses from water mains and propose option to reduce them.

KEYWORDS

Water consumption,
water demand,
total unbilled water, pressure zone,
pressure zone,
measuring district,
water losses,
metering object.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Jan Klement *Studie snížení ztrát vody*. Brno, 2016. 77 s., 2 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že diplomovou práci jsem vypracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité zdroje, ze kterých jsem v diplomové práci čerpal.

V Brně dne

.....

Podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval všem, kteří mi s touto prací jakýmkoliv způsobem pomáhali. Především bych chtěl poděkovat panu Ing. Tomáši Kučerovi, Ph.D. za odborné vedení, pomoc a odborné rady při vypracování mé práce.

Poděkování rovněž patří i všem, kteří mi byli nápomocni při získávání a shromažďování potřebných dat a informací k praktické části diplomové práce.

Konkrétně bych chtěl poděkovat pověřené pracovníky společnosti BVK a.s., kteří se mnou velice ochotně konzultovali moje dotazy a poskytovali mi všechny potřebné podklady ke zpracování diplomové práce.

Největší poděkování však patří mé matce paní Haně Klementové, bez které bych asi nedokázal dojít tam, kam jsem zatím ve svém životě došel.

OBSAH

1. ÚVOD	4
1.1 Evropská vodní charta	5
2. POTŘEBA VODY	6
2.1 Stanovení potřeby vody	7
2.2 Druhy potřeby pitné vody	7
2.3 Výpočet potřeby vody	8
2.3.1 Výpočet potřeby vody pro spotřebiště bez vodovodní sítě	8
2.3.2 Výpočet potřeby vody pro spotřebiště s již existující vodovodní sítí	8
3. SPOTŘEBA VODY	11
3.1 Koeficienty hodinové a denní nerovnoměrnosti	11
3.1.1 Základní pojmy použité pro výpočet koeficientů nerovnoměrnosti	12
3.1.2 Tabulkové hodnoty koeficientů běžně používané pro návrh spotřebiště	12
4. VYKAZOVÁNÍ ZTRÁT VODY	14
4.1 Bilanční metoda objemů	14
4.1.1 Základní bilanční rovnice	14
4.2 Ukazatele ztrát vody	18
4.2.1 Specifické množství vody nefakturované (SMVNF)	18
4.2.2 Procento vody nefakturované (%VNF)	18
4.2.3 Jednotkový únik vody nefakturované (JUVNF)	19
4.2.4 Voda nefakturovaná na přípojku (VNFP)	20
4.2.5 Ztráty vody přepočtené na 1 km délky řadu	21
4.2.6 Počet poruch na 1 km vodovodního řadu (PP)	21
4.3 Kritéria hodnocení doporučená IWA	22
4.3.1 Index ztráty infrastruktury (ILI)	22
4.4 MODERNÍ PŘÍSTUPY K HODNOCENÍ ZTRÁT	24
4.5 Ekonomický přístup	24
4.5.1 Ekonomický index ztrát (EIZ)	25
4.5.2 Porovnání zisků (výnosů) a ztrát (nákladů)	27
5. ZHODNCENÍ SOUČASNÉHO STAVU	29
5.1 Současná legislativa v ČR	29
5.2 Ztráty vody v České republice	30

6.	VODOVODNÍ SÍŤ MĚSTA BRNA	33
6.1	Charakteristika vodovodní sítě města Brna	33
6.2	Zásobování vodou města Brna	34
6.3	Vykazování ztrát BVK.....	35
6.4	Vírský oblastní vodovod (VOV)	36
6.5	Oblasti napojené na VOV.....	38
6.6	Úpravna vody Švařec	38
6.7	Vodojemy a čerpací stanice	39
6.8	Monitoring vodovodní sítě brněnského vodovodního systému	39
6.9	Vymezení měřících míst v tlakovém pásmu	41
6.10	MĚŘÍCÍ OKRSKY v tlakovém pásmu.....	47
6.11	Zásady navrhování měřících okrsků	47
7.	PŘÍPADOVÁ STUDIE 1. TLAKOVÉHO PÁSMÁ MĚSTA BRNA.....	48
7.1	Průtokové schéma 1. tlakového pásmu.....	50
7.2	Aktivní vyhledávání poruch	54
7.3	VÝPOČET PROVOZNÍCH UKAZATELŮ	54
7.3.1	Vstupní data a informace	54
7.3.1	Výpočet VVR a VNF	59
7.4	Vysvětlení vypočtené hodnoty VNF.....	59
7.5	Doporučení.....	60
7.6	Návrh vodoměrné šachty	62
7.7	Měřící okrsek BRNĚNSKÉ IVANOVCE	65
7.8	Měřící okrsek HUSOVICE.....	66
8.	ZÁVĚR	69
9.	POUŽITÁ LITERATURA.....	70
	SEZNAM TABULEK	72
	SEZNAM OBRÁZKŮ	73

SEZNAM ROVNIC	74
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	75
SUMMARY	77

1. ÚVOD

Voda je nejdůležitější komoditou, která se nachází na Zemi. Pokrývá 74 % zemského povrchu, přičemž převážnou většinu tvoří voda slaná. Udává se, že sladká voda tvoří pouze 3 % z celkového objemu vody na Zemi.

Postupem času, kdy neustále vzrůstá počet lidí na naší planetě, vzrůstá i potřeba

a spotřeba pitné vody. Díky stoupajícímu trendu bylo nutné nějakým způsobem předpovídat potřebu a spotřebu v dalších letech a zároveň mapovat hodnoty z let předchozích. Díky těmto a mnoha dalším faktorům byly ustanoveny nařízení a výpočty, kterými se v současné době řídíme při návrhu nové oblasti zásobované pitnou vodou a při analýze stavu stávajícího stavu vodovodních sítí.

Pitná voda je definována v zákoně č.258/2000 Sb. následně: Za pitnou vodu se považuje voda, která je zdravotně nezávadná, která ani při trvalém požívání nevyvolá onemocnění nebo poruchy zdraví přítomností mikroorganismů nebo látek ovlivňujících akutním, chronickým či pozdním působením zdraví osob.

1.1 EVROPSKÁ VODNÍ CHARTA

Evropská vodní charta byla vyhlášena 6. května 1968 ve Štrasburku pro ochranu a zachování dostatku vody pro všechny.

1. Bez vody není života. Voda je drahocenná a pro člověka ničím nenahraditelná surovina.
2. Zásoby sladké vody nejsou nevyčerpatelné. Je proto nezbytné tyto udržovat, chránit a podle možností rozhojňovat.
3. Znečišťování vody způsobuje škody člověku a ostatním živým organismům závislým na vodě.
4. Jakost vody musí odpovídat požadavkům pro různé způsoby jejího využití, zejména musí odpovídat normám lidského zdraví.
5. Po vrácení použité vody do zdroje nesmí tato zabránit dalšímu jeho použití pro veřejné i soukromé účely.
6. Pro zachování vodních zdrojů má zásadní význam rostlinstvo, především les.
7. Vodní zdroje musí být zachovány.
8. Příslušné orgány musí plánovat účelné hospodaření s vodními zdroji.
9. Ochrana vody vyžaduje zintenzivnění vědeckého výzkumu, výchovu odborníků a informování veřejnosti.
10. Voda je společným majetkem, jehož hodnota musí být všemi uznávána. Povinnost každého je užívat vodu účelně a ekonomicky.
11. Hospodaření s vodními zdroji by se mělo provádět v rámci přirozených povodí a ne v rámci politických a správních hranic.
12. Voda nezná hranic, jako společný zdroj vyžaduje mezinárodní spolupráci.

2. POTŘEBA VODY

Potřeba vody je základním podkladem pro návrh vodovodní sítě, vodních zdrojů, vodojemů a úpraven vody. Pro výpočet potřeby vody se v současné době stále používají metodické pokyny, nebo směrnice jako je např. směrnice č.9/1973. Veškeré tyto podklady pro návrh jsou v současné době již značně neaktuální a hodnoty v nich udávané nemusí být relevantní pro samotný výpočet potřeby vody. Jako jeden z aktuálnějších podkladů můžeme zmínit prováděcí vyhlášku č.428/2001 Sb. kterou se provádí zákon č.274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu.

Rozlišujeme několik typů potřeby vody:

- **specifická potřeba vody – q_{sp}**
množství vody, které připadá na jednoho obyvatele nebo na jednotku charakterizující výrobní, nebo nevýrobní proces, za časovou jednotku
- **potřeba požární vody – $Q_{pož}$**
stanovuje množství vody, která je určená pro požární účely, za určitou časovou jednotku, odběr tohoto množství se uvažuje z vodovodního řádu
- **průměrná denní potřeba vody – Q_p**
hodnota určená výpočtem, stanovená ze specifické potřeby vody násobenou počtem odebíraných jednotek
- **maximální denní potřeba vody – Q_m**
potřeba vody průměrovaná k jednomu dni násobená *součinitelem denní nerovnoměrnosti* k_d . Tato potřeba kolísá v průběhu času (roky, týdny...), hodnoty k_d jsou odvislé od charakteru spotřebiště
- **maximální hodinová potřeba vody – Q_h**
nejvyšší potřeba vody v časovém úseku jedné hodiny ve dnech s maximální denní potřebou, tuto potřebu stanovujeme z maximální denní potřeby vody násobením *součinitelem hodinové nerovnoměrnosti* k_h

2.1 STANOVENÍ POTŘEBY VODY

Při stanovení potřeby vody pro dané spotřebiště se uvažuje s různými ukazateli, které jsou:

- analýza stávajícího PRVKÚK (2004) + aktualizace, územní plán, strategický plán, počet obyvatel,
- komunikace mezi provozovatelem a projektantem, zadavatelem, vlastníkem (každé jednání se zaznamenává do zápisu vč. podpisů všech zúčastněných stran),
- vývoj počtu obyvatel, předpokládaný vývoj počtu obyvatel v budoucnosti – pro potřebu odhadu demografického vývoje v zásobování daného regionu a z tohoto trendu bude stanoven odhadovaný vývoj potřeby vody,
- vliv lokality – vesnická zástavba, městská zástavba, rekreační objekty,
- analýza stávajícího stavu – specifická spotřeba vody (SPV) [l/obyv./den] – množství vody připadající na obyvatele, nebo na jednotku charakterizující určitý výrobní nebo nevýrobní proces.

Z těchto ukazatelů vyplývá tzv. výhledová specifická potřeba [l/obyv./den], která se stanovuje na základě analýzy spotřeby vody fakturované ve spotřebišti. Další nezbytnou podmínkou je stanovení výhledového počtu zásobovaných obyvatel.

2.2 DRUHY POTŘEBY PITNÉ VODY

Výsledná celková potřeba pitné vody je složena z následujících ukazatelů:

- **obyvatelstvo**
Voda je využívána pro fyziologickou a hygienickou potřebu.
- **průmysl a zemědělství**
V průmyslu je voda využívána především při různých technologických procesech. V zemědělství je voda využívána pro zemědělskou činnost, živočišnou a rostlinnou výrobu.
- **občanská vybavenost**
Tímto pojmem se rozumí široké spektrum služeb poskytující uspokojení

fyziologické a hygienické potřeby obyvatelstva. Můžeme zmínit restaurační zařízení, školy, školky, sportoviště, ubytovací zařízení apod.

- ***ztráty vody***

Ztrátami vody se rozumí úniky vody z vodovodní sítě, úniky na vodních zdrojích, jímacích objektů, ale stejně tak mezi ztráty patří ztráty způsobené nepřesným, nebo chybným měřením.

2.3 VÝPOČET POTŘEBY VODY

Před samotným výpočtem je důležité specifikovat, zda se jedná o nově navrhovanou vodovodní síť, nebo zda se jedná o již existující vodovodní síť v daném spotřebišti.

Jak již bylo zmíněno v kapitole 1, v současné době neexistuje ucelená metodika výpočtu potřeby vody jak pro rozsáhlé, tak i menší spotřebišť. Při výpočtu vycházíme buď z hodnot uvedených ve směrnici č.9/1973, které již v dnešní době nejsou zcela aktuální, nebo z aktuálnějších hodnot odvozených společností Hydroprojekt. Koeficienty byly empiricky stanoveny z reálného provozu vodovodní sítě.

2.3.1 Výpočet potřeby vody pro spotřebišť bez vodovodní sítě

Zde se můžeme v podmínkách ČR bavit především o malých obcích do 5000 obyvatel. Výpočet se pro tyto případy provádí obdobným způsobem, jako výpočet potřeby vody pro stávající vodovodní síť. Výhledová specifická potřeba vody fakturované celkem *SPVFC* je zvolena na základě výsledků analýzy a srovnání s podobným spotřebišťem, které již má vybudovanou vodovodní síť.

U spotřebišť bez vodovodní sítě uvažujeme s hodnotou jednotkového úniku vody $JUVNF = 3200 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$.

Délka *L* navrhované vodovodní sítě při nezmapované topologii spotřebišť se vezme odborným odhadem.

2.3.2 Výpočet potřeby vody pro spotřebišť s již existující vodovodní sítí

Výpočet se provádí pomocí podrobné analýzy vývoje spotřeby vody v zájmovém spotřebišti za časový úsek. Současně s analýzou let minulých je třeba stanovit hodnotu výhledového rozvoje lokality podle územního plánu dané obce.

2.3.2.1 Výpočet průměrné denní spotřeby pitné vody Q_p

Rovnice 1

$$Q_p = VFC + VNF + VVO \quad [l \cdot s^{-1}]$$

kde zkratky znamenají:

VFC – voda fakturovaná celkem. Tato složka zahrnuje veškerou potřebu od obyvatelstva, občanské vybavenosti a drobných podnikatelů. Tuto složku vypočteme pomocí *SPVFC* specifické potřeby vody fakturované celkem a výhledového počtu obyvatel *ZO*.

Rovnice 2

$$VFC = \frac{SPVFC \cdot ZO}{86400} \quad [l \cdot s^{-1}]$$

VVO – potřeba vody pro významné ostatní odběratele. Stanovení vychází z individuálních požadavků významných ostatních odběratelů.

V případě, že nejsou k dispozici údaje od významných odběratelů, stanoví se tato složka pomocí podobnosti odběratelů z lokality, kde tuto hodnotu známe.

VNF – voda nefakturovaná. Zde jsou zahrnuty plánované úniky vody na základě *JUVNF* a výhledové délky vodovodní sítě *L*.

Rovnice 3

$$VNF = \frac{JUVNF \cdot L}{86400 \cdot 365} \quad [l \cdot s^{-1}]$$

JUVNF – jednotka [$m^3 \cdot km^{-1} \cdot rok^{-1}$]. Stanovuje se z výsledků analýzy vývoje ztrát vody v zájmovém spotřebišti přes data z minulosti v návaznosti s výhledem do budoucnosti. V této složce jsou zároveň zahrnuty případné opravy a renovace vodovodní sítě.

2.3.2.2 Výpočet maximální denní potřeby pitné vody Q_m

Rovnice 4

$$Q_m = Q_p \cdot k_d \quad [l \cdot s^{-1}]$$

Na tuto potřebu se navrhují vodojemy, úpravní vody, přírodní řady a odběry vody ze zdroje.

2.3.2.3 Výpočet maximální hodinové potřeby vody Q_p

Rovnice 5

$$Q_h = Q_m \cdot k_h \quad [\text{l} \cdot \text{s}^{-1}]$$

Na tuto potřebu se navrhují zásobní řady vodovodní sítě.

3. SPOTŘEBA VODY

Spotřeba vody je pojem, který zahrnuje skutečné množství vody odebrané z vodovodního řadu za určitou časovou jednotku.

Provozovatel vodovodního řadu v uvažovaném spotřebišti zpracovává tzv. bilanční analýzu spotřeby vody – množství vody skutečně odebrané z vodovodního zařízení za daný časový úsek. Pro tuto analýzu je třeba využít provozní evidenci, ze které se provede vyhodnocení skutečné spotřeby vody za určitý časový úsek.

Základní používané proměnné:

ZO	počet obyvatel zásobovaných z veřejného vodovodu
VVR	voda vyrobená k realizaci (voda dodaná do vodovodní sítě)
VFC	voda fakturovaná celkem
VFD	voda fakturovaná obyvatelstvu
VFOO	voda fakturovaná ostatním odběratelům (průmysl, zemědělství)
VNF	voda nefakturovaná
ZV	ztráty vody
VS	voda použitá pro vlastní spotřebu

Specifické spotřeby vody:

JUVNF	jednotkový únik vody nefakturované
SPVVR	specifická spotřeba vody vyrobené k realizaci
SPVFC	specifická spotřeba vody fakturované celkem
SPVFD	specifická spotřeba vody fakturované obyvatelům
SPVFOO	specifická spotřeba vody fakturované ostatním odběratelům
SPVNF	specifická spotřeba vody nefakturované

Veškeré výše uvedené spotřeby mají zpravidla jednotku $\text{l} \cdot \text{obyv}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$.

3.1 KOEFICIENTY HODINOVÉ A DENNÍ NEROVNOMĚRNOSTI

Nedílnou součástí analýzy spotřeby vody je stanovení průměrné denní spotřeby vody Q_p , maximální denní spotřeby vody Q_m a maximální hodinové spotřeby vody Q_h pro celé zájmové spotřebišť za určitý časový úsek, kde ideální

časová délka zápisu je jeden rok. Z těchto hodnot následně vypočteme koeficienty hodinové a denní nerovnoměrnosti.

3.1.1 Základní pojmy použité pro výpočet koeficientů nerovnoměrnosti

Specifická spotřeba pitné vody q_{sp}

Množství vody připadající na jednoho obyvatele nebo jednotku za daný časový úsek, které charakterizuje nevýrobní nebo výrobní proces.

Průměrná denní spotřeba pitné vody Q_p

Hodnota vyjadřující množství vody za den. Stanovuje se analýzou nátoků do spotřebišť, jedná se o průměr za určité časové období, minimálně však jeden rok.

Maximální denní spotřeba pitné vody Q_m

Zde podobně jako v předchozím, získám z řady průtoků (resp. objemů) maximální hodnotu za jeden den.

Maximální hodinová spotřeba pitné vody Q_h

Zde podobně jako v předchozím, získám z řady průtoků (resp. objemů) maximální hodinovou hodnotu za jeden den.

3.1.2 Tabulkové hodnoty koeficientů běžně používané pro návrh spotřebišť

Tab. 1 Koeficienty dle směrnice č.9/1973 [5]

Velikost spotřebiště [počet obyvatel]	k_d
do 1 000	1,50
1 000 - 5 000	1,40
5 000 - 20 000	1,35
20 000 - 100 000	1,25
nad 100 000	1,15

Koeficienty uvedené v Tab. 3-1 v současné době již nemusí být zcela platné, problematické jsou především pro malá spotřebišť. V současné době se odborná veřejnost přiklání k hodnotám empiricky stanoveným, které jsou uvedeny v Tab. 3-2.

Tab. 2 Koeficienty empiricky stanovené [5]

Velikost spotřebiště [počet obyvatel]	k_d
do 500	1,50
500 - 2 000	1,35
2 000 - 20 000	1,30
20 000 - 1 mil.	1,25
nad 1 mil.	1,20

Koeficient hodinové nerovnoměrnosti k_h se určuje na základě charakteru spotřebiště a to konkrétně v rozmezí hodnot 1,8 – 2,1. Vyšší hodnoty se doporučují uvažovat u zástavby charakteru sídliště. Rozmezí hodnot je doporučené a volba koeficientu je zatížena subjektivní chybou. Tyto hodnoty jsou opět převzaty ze směrnice č.9/1973, dané rozmezí nemusí být platné právě pro malá spotřebišť, kterými se v této práci zabývám.

Zjednodušeně můžeme tvrdit, že spotřeba vody je reálná hodnota odběru pitné vody za časový úsek, oproti tomu potřeba vody je výpočtová hodnota, která je stanovena analýzou spotřeby a výpočtem pro budoucí využití při návrhu nového vodovodního spotřebiště.

Potřeba i spotřeba jsou pojmy, které spolu úzce souvisí. Jak již bylo zmíněno, analýza spotřeby vody je důležitým podkladem pro výpočet potřeby vody.

4. VYKAZOVÁNÍ ZTRÁT VODY

Jednou ze základních povinností provozovatele vodovodní sítě je sledování a vykazování ztrát vody. Avšak v současné době si ne všichni provozovatelé tuto povinnost přivlastnili. Ztrátami vody se posuzuje především technický stav vodovodní sítě, dále se pomocí ztrát může zjistit progres vodovodního řádu vzhledem k létům minulým.

Dříve se ztráty udávaly pouze procentuálním vyjádřením, nicméně v současnosti, kdy se dbá na co nejnížší provozní náklady, tedy i na co nejnížší ztráty vody z vodovodní sítě, je snahou zavádět podrobnější popis ztrát. Těmito ukazateli jsou především ukazatele vystihující množství jednotkového úniku, které se dají aplikovat pro porovnání rozdílných provozů, rozdílně velkých provozovatelů, regionů a pro větší přehled do budoucna. Mezinárodní společnost IWA (International Water Association) se snaží o to, aby provozovatelé vodovodních systémů po celém světě používali jednotnou metodiku pro sledování a vyjádření ztrát vody, kterou tato společnost vyvinula a dále rozvíjí podle na základě komunikace právě s provozovateli vodovodních sítí z rozdílných regionů.

4.1 BILANČNÍ METODA OBJEMŮ

Tato metoda je jednou ze základních teorií pro sledování a vykazování ztrát vody pro dané období, ideálně však pro období minimálně jednoho roku. Spolehlivost této metody závisí na míře přesnosti naměřených složek, které vstupují do bilančních vztahů. Tato metoda je v české vodohospodářské praxi běžně používanou metodou. Na obr. 1 je uvedena struktura hodnocení ztrát, která je doporučována společností IWA.

Z obr. 1 můžeme vyvodit závěr, že termín „ztráty vody“ zahrnuje podle IWA ztráty zdánlivé (ZZ) a skutečné (ZS). Pokud k těmto složkám připočteme registrovanou nefakturovanou spotřebu, dostaneme celkovou hodnotu vody nefakturované (VNF).

4.1.1 Základní bilanční rovnice

4.1.1.1 Voda vyrobená k realizaci

Rovnice 6

$$VVR = VFC + VNF$$

kde:

VVR – voda vyrobená k realizaci [m³]

VFC – voda fakturovaná celkem [m³]

VNF – voda nefakturovaná celkem [m³]

Voda pro vlastní potřebu (VS) byla stanovena na maximálně 3 % z VVR. V případě překročení 3% hranice bylo zjištěno, že se jedná o neekonomický provoz a měla by následovat modernizace takového provozu.

Další rovnicí pro výpočet VVR může být následující rovnice, která vyjadřuje rozdíl vtoků a odtoků v měřicího okrsku.

Rovnice 7

$$VVR = \sum_{i=1}^n Q_i - \sum_{j=1}^n O_j$$

kde:

$\sum_{i=1}^n Q_i$ – součet všech vtoků [m³]

$\sum_{j=1}^n O_j$ – součet všech odtoků [m³]

4.1.1.2 Registrovaná spotřeba vody (RS)

Rovnice 8

$$RS = RSF + RSNF$$

kde:

RS – registrovaná spotřeba [m³]

RSF – registrovaná spotřeba fakturovaná [m³]

RSNF – registrovaná spotřeba nefakturovaná celkem [m³]

4.1.1.3 Ztráty vody

Mezi ztráty zdánlivé patří neměřené odběry a chyby v měření, naopak mezi ztráty skutečné patří například přepady z vodojemů, netěsnosti na síti ztráty v přípojkách, proplachování potrubí, odkalování atd...

Rovnice 9

$$ZV = ZZ + ZS$$

kde:

ZV – ztráty vody [m³]

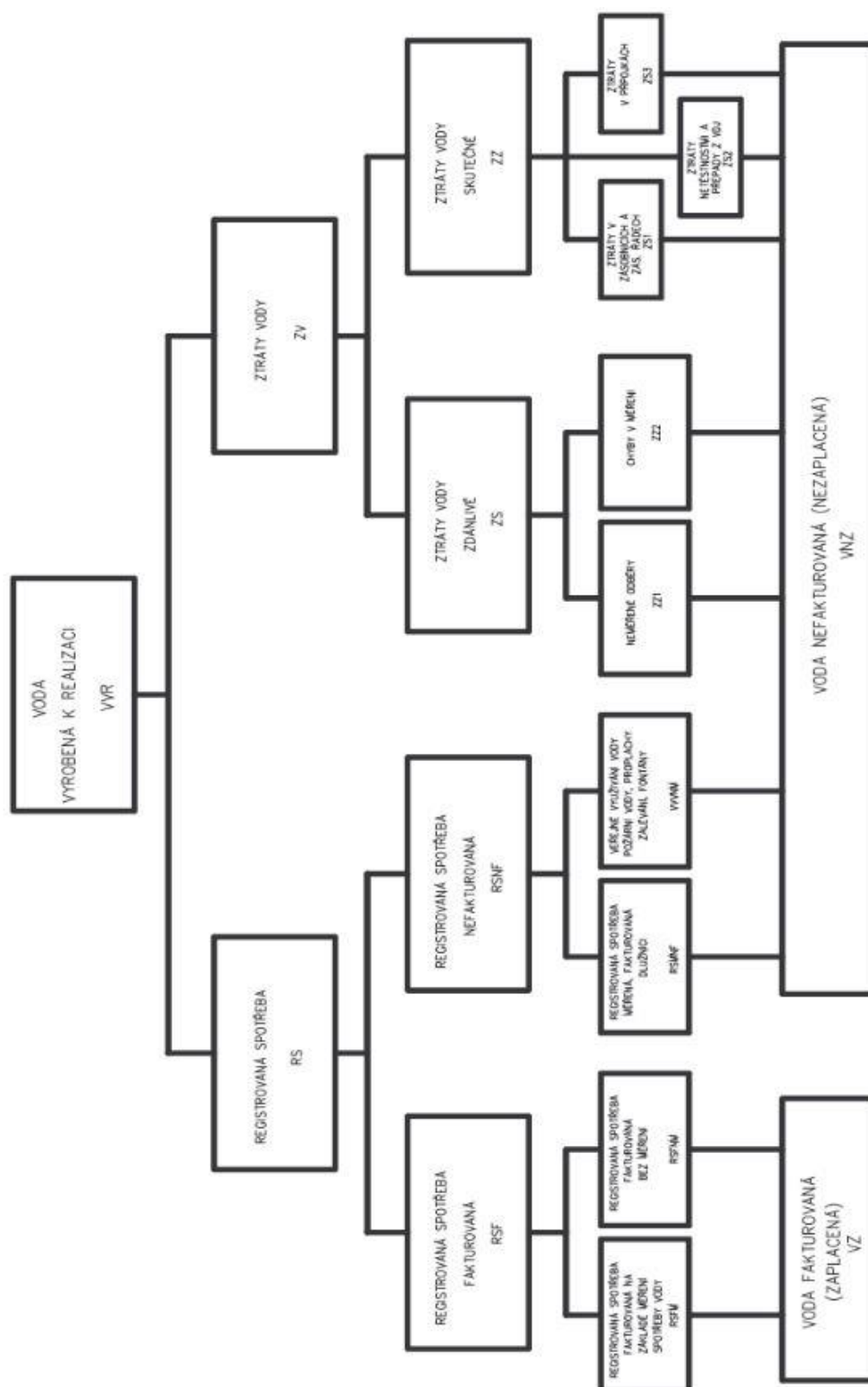
ZS – ztráty skutečné [m³]

ZZ – ztráty zdánlivé [m³]

Jak bylo výše zmíněno, tak spolehlivost bilanční metody závisí na přesnosti měření objemů vody. Pro výpočet skutečných ztrát je doporučena rovnice pro výpočet ztrát vody tedy rozdíl zdánlivých a celkových ztrát vody.

Zdánlivé ztráty tvoří nepřesnou složku při výpočtu ztrát, zatímco skutečné ztráty určujeme ze složek, jako jsou:

- Obtížně zjistitelné úniky,
- ztráty vzniklé při haváriích,
- ztráty z neohlášených úniků,
- úniky z vodojemů.



Obr. 1 Schéma složek bilanční metody hodnocení ztrát vody [20]

4.2 UKAZATELE ZTRÁT VODY

Mezi ukazatele ztrát vody z vodovodní sítě dříve patřily níže uvedené ukazatele. Některé z nich se ve vodárenské praxi příliš neosvědčili a byly používány spíše jako ukazatele pro daného provozovatele jako „interní ukazatele“ provozovatele tam, kde se v průběhu času žádným významným způsobem nemění charakter a parametry sítě. Ostatní z ukazatelů byly aplikovány jako srovnávací ukazatele mezi různými provozovateli vodárenských soustav.

4.2.1 Specifické množství vody nefakturované (SMVNF)

Specifické množství vody nefakturované celkem mezi sebou porovnává objemové množství vody nefakturované (VNF) a celkový objem vody vyrobené k realizaci (VVR). Jako podklady k výpočtu SMVNF slouží počet zásobovaných obyvatel PO a objem VNF.

4.2.2 Procento vody nefakturované (%VNF)

Procento vody nefakturované bylo dříve jedno z nejpoužívanějších kritérií pro porovnání míry ztrát vody mezi jednotlivými provozovateli vodárenských soustav. Výpočet tohoto kritéria je prostý podíl vody nefakturované celkem (VNF) a celkového objemu vody vyrobené k realizaci (VVR), následné vynásobení stem je pouze matematické vyjádření procent:

Rovnice 10

$$\%VNF = \frac{VNF}{VVR} \times 100$$

Tento ukazatel, nebo chcete-li toto kritérium je oblíbené pro svou jednoduchost výpočtu a snadnou dostupnost potřebných dat k výpočtu.

Na druhou stranu nespornou nevýhodou je nemožnost použití pro porovnání dvou odlišných oblastí s rozdílným složením odběratelů, různou morfologií terénu, různé délky sítě a pro různé hodnoty objemů VVR a VFC za časovou jednotku.

Voda nefakturovaná (VNF) by měla v ideálním případě nabýt nulové hodnoty, ovšem realita je jiná. Udává se, že VNF v České republice tvoří až 30 % z celkové VVR.

Kvalita výstupů této metody se zvyšuje s délkou měření, neboť je zahrnuta větší rozmanitost klimatických podmínek, které tvoří významnou složku ovlivňující objemy spotřebované vody za časovou jednotku.

4.2.3 Jednotkový únik vody nefakturované (JUVNF)

Jednotkový únik je přesnější kritérium, které zahrnuje více dílčím ukazatelů, než jsou pouze ztráty. Zahrnuje rovněž i technický stav vodovodní sítě. JUVNF vyjadřujeme přepočtem na kilometr vodovodního řadu za časovou jednotku jednoho roku.

Rovnice 11

$$JUVNF = \frac{VNF}{L_{přep}}$$

Rovnice 12

$$L_{přep} = K_i \times L_i$$

Rovnice 13

$$K_i = \frac{DN_i}{DN_{150}}$$

$$K_{přípojky} = 0,17$$

kde:

JUVNF – jednotkový únik vody nefakturované [m³/km·rok⁻¹]

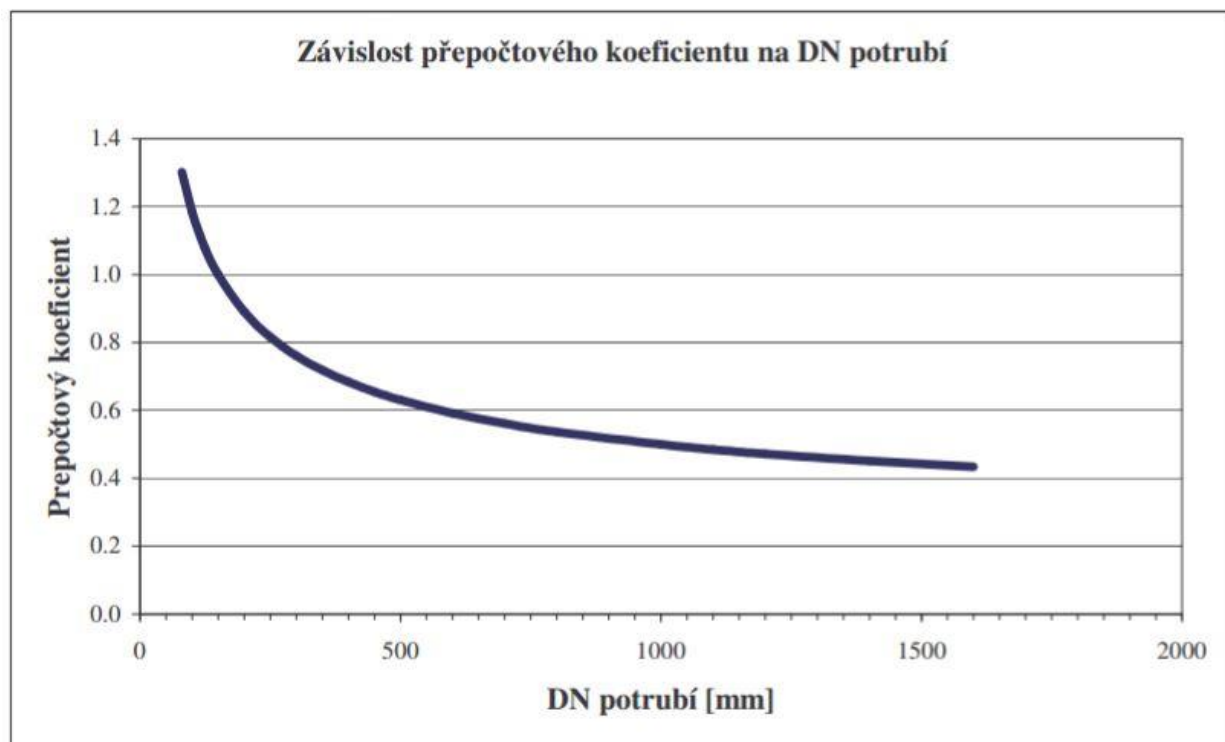
L_{přep} – přepočtená délka sítě [km]

L_i – skutečná délka sítě jednotného DN [km]

K_i – koeficient pro přepočet délky řadů [-]

K_{příp} – koeficient pro přepočet délky přípojek [-]

Koeficient pro přepočet délky řadů je závislí na velikosti profilu potrubí. Hodnoty koeficientu jsou zobrazeny na obr. 2.



Obr. 2 Závislost K_i na DN potrubí [20]

Výhodu tohoto ukazatele můžeme spatřit v tom, že zohledňuje dimenzi profilů vodovodního potrubí, počty armatur a tvarovek, které rovněž ovlivňují výši úniků vody z vodovodní sítě.

Naopak nevýhodou jsou potřebné informace o skladbě vodovodní sítě, což je v některých případech obtížné zjistit.

Z řady měření a průzkumů byla stanovena spodní hranice JÚVNF. Tato složka se skládá z hodnoty 2,6 tis. $\text{m}^3 \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, což představuje množství přípustných úniků v městské zástavbě, a z hodnoty 0,6 tis. $\text{m}^3 \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, která odpovídá orientační vlastní potřebě provozovatele. Celkem je tedy minimální hranice JÚVNF stanovena na 3,2 tis. $\text{m}^3 \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. V lokalitách do 20 000 obyvatel je za nevyhovující brána hodnota nad 4 tis. $\text{m}^3 \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, u lokalit nad 20 000 obyvatel je jako nevyhovující uváděna hodnota nad 6 tis. $\text{m}^3 \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$.

4.2.4 Voda nefakturovaná na přípojku (VNFP)

Ztráty vody na přípojku se vypočtou jako podíl celkového množství vody nefakturované (VNF) a počtu vodovodních přípojek (PP).

Rovnice 14

$$VNFP = \frac{VNF \times 10^3}{PP \times 365}$$

kde:

VNFP – voda nefakturovaná na přípojku [l/přípojka·den⁻¹]

PP – počet přípojek

4.2.5 Ztráty vody přepočtené na 1 km délky řadu

Ukazatel ztrát vody přepočtený na 1 km délky řadu nám udává objemové množství vody uniklé z vodovodního řadu délky 1 km za časové období. Vypočteme ho prostým podílem vody nefakturované (VNF), vlastní spotřeby (VS) a ostatní vody nefakturované (OVNF).

Rovnice 15

$$ZV = VNF - VS - OVNF$$

kde:

ZV – ztráty vody [m³]

VS – vlastní spotřeba [m³]

OVNF – ostatní voda nefakturovaná [m³]

4.2.6 Počet poruch na 1 km vodovodního řadu (PP)

U tohoto ukazatele se jedná o počet tekoucích (viditelně i skrytě) havárií (h) na 1 km vodovodní sítě. Představujeme tím tedy četnost úniků, a tedy i technický stav vodovodní sítě. Jedná se však pouze o nepřímý ukazatel ztrát, který nemá potřebnou vypovídající hodnotu o stavu vodovodní sítě.

Rovnice 16

$$PP = \frac{H}{L_{skut}}$$

kde:

PP – počet poruch na 1 km skutečné délky sítě

H – celkový počet poruch na síti

L_{skut} – skutečná délka sítě

Díky tomuto ukazateli může provozovatel vodárenské soustavy efektivněji určovat potřebu rekonstrukce sítě.

Naopak zde vyvstává nutnost vedení statistiky poruch, havárií a musí být známa délka vodovodní sítě a to včetně přípojek.

Sledováním poruch získáváme údaje o konkrétních úsecích sítě. Spolu s měřením minimálního průtoku nám tento ukazatel pomáhá určit pořadí nutnosti rekonstrukcí celých úseků systému. Při sledování poruch a jejich vyhodnocování je vhodné uvádět způsob uložení potrubí, přítomnost spodní vody, druh zeminy, nebo horniny, přítomnost pískových obsypů apod. Za nevyhovující stav je považován výskyt 2 a více poruch na km vodovodní sítě za rok.

4.3 KRITÉRIA HODNOCENÍ DOPORUČENÁ IWA

Cílem mezinárodní asociace IWA (International Water Asociation) je sjednotit metodiku hodnocení ztrát vody a zavést jednotné ukazatele, aby bylo možné jednotlivé provozní společnosti vyhodnocovat mezi sebou a porovnávat získaná data. Jedním z takových ukazatelů, který se v naší vodárenské praxi začal používat, je Index ztrát infrastruktury ILI (Infrastructure Leakage Index).

4.3.1 Index ztráty infrastruktury (ILI)

Index ztráty infrastruktury ILI je v podstatě poměr technických indikátorů skutečných ztrát (SZ) a teoreticky nevyhnutelných ztrát za časové období (TNZ). ILI je ukazatel, který vyjadřuje technický stav vodovodní sítě pomocí ztrát vody. Index ILI poprvé popsal Alan Lambert (2002) ve spolupráci s asociací IWA.

Rovnice 17

$$ILI = \frac{SZ}{TNZ}$$

kde:

ILI – infrastructure leakage index [-]

SZ – skutečné ztráty vody [l/přípojka·den⁻¹]

TNZ – teoreticky nevyhnutelné ztráty vody [l/přípojka·den⁻¹]

Hodnota TNZ je výsledkem mezinárodního výzkumu IWA, který obsahuje data ze 27 naprosto rozdílných vodárenských soustav z 19 zemí světa. Výsledky tohoto výzkumu byly sepsány do přehledné tabulky, kterou ve své práci uvádím jako Tab. 3.

Tab. 3 Teoreticky nevyhnutelné ztráty [l/přípojka·den⁻¹] [20]

Počet přípojek na km řadu	Průměrný provozní tlak [kPa]				
	200	400	600	800	1000
20	34	68	112	146	170
40	25	50	75	100	125
60	22	44	66	88	110
80	21	41	62	82	103
100	20	39	59	78	98

Pro správné určení TNZ jsou třeba následující 4 dílčí kritéria:

- Objem ztrát,
- počet přípojek,
- skutečná délka sítě,
- provozní tlak v síti (jeho průměrná hodnota).

Provozně-technické parametry jako je například délka vodovodní sítě a počet přípojek můžeme poměrně přesně určit s odhadovanou chybou přibližně 5 %. Určení objemu ztrát může být zatíženo větší nejistotou způsobenou nepřesností ve vykazování ztrát nebo ve fakturaci vody. Nejproblematictější, ale zároveň nejdůležitější je určení provozního tlaku v síti. Toto určení může být zatíženo chybou až 30%. Způsobeno je to především kolísáním provozního tlaku během dne v závislosti na velikosti odběrů a zejména skutečností, že se určuje pouze jedna referenční hodnota tzv. průměrný tlak. K velkým nepřesnostem v určení průměrného provozního tlaku jsou vystavena především spotřebiště s malou hustotou přípojek. I když tento přístup nesporně přináší nové pohledy na hodnocení ztrát, nebyla dosud jasně stanovena jednotná stupnice hodnot ILI. Výše zmíněný mezinárodní výzkum ukázal, že pro dané provozovatele se hodnota indexu ILI pohybuje v rozmezí hodnot od 2,0 do 14,1. Průměrná hodnota pro Českou republiku je stanovena na hodnotě 5,5. V tabulce 4 je uvedeno jedno z možných hodnocení vodovodní sítě ve vztahu k typu zástavby.

Tab. 4 Varianta hodnocení vodovodních sítí na základě ILI indexu [20]

Kategorie sítě	venkovská	příměstská	městská
dobrá	< 1,5	< 3	< 7
vyhovující	1,5 - 2,5	3 - 5	7 - 10
nevyhovující	2,5 - 4	5 - 8	10 - 15
špatná	> 4	> 8	> 15

Díky vyhodnocení dat z let 1997 až 2004 pro 44 vodárenských společností v České republice byl odvozen vztah pro orientační stanovení ILI, kdy známe hodnoty jednotkových úniků vody na přípojkách.

Rovnice 18

$$ILI = 0,016 \times VNFP + 0,19$$

4.4 MODERNÍ PŘÍSTUPY K HODNOCENÍ ZTRÁT

Jak bylo zmíněno výše, tak hodnocení ztrát je zkoumáno vodárenskými společnostmi od 90. let minulého století. Od této doby zaznamenala tato problematika výrazný progres v přístupu k vyhodnocení ztrát a především v jejich porovnání mezi jednotlivými vodárenskými společnostmi navzájem. Snahou je sumarizovat danou metodu tak, aby výstižně obsáhla co nejvíce vhodných hodnotících kritérií, která v sobě skrývají co možná nejvíce uvažovaných parametrů (počet přípojek, stáří sítě, délku sítě, dimenze profilů, materiál sítě atd.).

Vhodným ukazatelem je v současné vodárenské praxi jednotkový únik (JUVNF). Tento ukazatel je závislý na množství vody nefakturované celkem (VNF) a přepočtené délce sítě ($L_{\text{přep}}$) vztažené k dimenzi profilu DN 150. Hodnota spodní hranice JUVNF se v současnosti uvažuje na hodnotě 3,2 tis. $\text{m}^3 \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. JUVNF byl již vysvětlen v kapitole 4.2.3.

4.5 EKONOMICKÝ PŘÍSTUP

V současnosti je všeobecně, nejen ve vodárenské praxi, kladen důraz na co nejvyšší snižování provozních nákladů za co nejkratší časové období. Tento trend se tedy zákonitě musel projevit i ve vodárenské praxi v oblasti snižování ztrát vody.

Ekonomická situace neúprosně nutí provozovatele vodovodních sítí snižovat ztráty vody s největším ekonomickým ziskem. Z tohoto pohledu se jeví jako málo ekonomicky efektivní cíleně plošně snižovat ztráty vody.

V minulosti se hodnocení kvality a efektivního provozování vodárenských systémů vyjadřovalo nejčastěji pomocí procentuálního vyjádření ztrát, byl tedy kladen maximální důraz na snižování hodnoty ztrát ve vodovodní síti. Převládala snaha docílit dlouhodobého pozvolného plošného snižování ztrát vody.

Postupem času byly vypracovány podrobné bilanční postupy, které byly schopny kvantifikovat míru dosaženého snížení ztrát vody, a díky jednotně definovaným ukazatelům bylo poté možno navzájem porovnávat jednotlivé provozní společnosti mezi sebou. Ekonomické aspekty při snižování ztrát vody byly v této době odsunuty do pozadí. Pokud chceme zahrnout do hodnocení ztrát i ekonomické aspekty, měli bychom se zabývat i následujícími problémy.

Vezmeme-li v úvahu stále více markantní cenové rozdíly za odběr surové povrchové a vody podzemní, je ihned patrné, že pro provozovatele je ekonomicky výhodnější snižovat ztráty vody na vodovodní síti, do které dodávají vodu z povrchových zdrojů, protože platba za odběr surové povrchové vody je v některých lokalitách více než dvojnásobná oproti ceně za odběr podzemní vody. Dalším argumentem, který podporuje toto tvrzení je také fakt, že surová povrchová voda ve srovnání s vodou podzemní vyžaduje ve většině případů náročnější technologickou úpravu na vodu pitnou a to jak provozní, tak i investiční, takže pokud se podaří v procesu distribuce snižovat ztráty vody u této „dražší“ vody, je pro provozovatele jednoznačně větší úspora provozních nákladů.

4.5.1 Ekonomický index ztrát (EIZ)

Ve snaze o efektivitu při snižování ztrát vody se nyní provozovatelé vrací k již dříve publikovaným poznatkům, které sice nenašly výrazné uplatnění v tuzemské praxi, ale mohou nyní v nových ekonomických podmínkách přinést nové impulsy v provozní oblasti. Takovým podnětem mohou být práce odborné skupiny IWA (Internacional Water Association) v rámci Water Loss Task Force (WLTF). Tato odborná skupina se začala zabývat přibližně před deseti lety vývojem metodiky pro stanovení nového ukazatele pro posuzování ztrát vody – tzv. ELL- Economical Leakage Level. Na práci v odborné skupiny WLTF navázala v tuzemsku FAST VUT Brno, kde na ÚVHO navrhli relativně jednoduchý orientační postup který umožňuje základní porovnání ekonomiky ztrát v posuzovaných systémech. Navrhovaný postup byl publikován a je založena na tzv. Ekonomickém indexu ztrát – EIZ, který se stanovuje podle následujícího vztahu.

$$\text{Rovnice 19} \\ EIZ = EI - IZ$$

kde:

EIZ – ekonomický index ztrát [-]

EI – ekonomický index

IZ – index ztrát

Ekonomický index (EI) může nabýt několika hodnot odvislých od způsobu úpravy a dopravy vody:

EI = 1,5 – voda pro posuzovaný systém je posuzována dvoustupňovou úpravou vody a je čerpána minimálně na výšku přesahující 50 m vodního sloupce.

EI = 1,0 – voda pro posuzovaný systém je posuzována dvoustupňovou úpravou vody, ale do systému je dopravována gravitačně nebo případně voda pro posuzovaný systém vyžaduje pouze dezinfekci, ale musí být do systému čerpána.

EI = 0,5 – voda pro posuzovaný systém vyžaduje pouze dezinfekci, resp. Jednoduchou úpravu a je do systému dopravována gravitačně.

Index ztrát (IZ) se stanovuje pro každý zájmový systém, resp. jeho část v závislosti na použitém ukazateli ztrát vody:

- Při použití ukazatele jednotkových úniků vody nefakturované (JUVNF) se index ztrát vypočte následně:

Rovnice 20

$$IZ = \frac{JUVNF}{3,6}$$

kde:

3,6 je doporučená hodnota ukazatele jednotkového úniku pro vodovodní sítě ve velmi dobrém technickém stavu v tis. m³·km⁻¹·rok⁻¹.

- Při použití ukazatele ILI se index ztrát vypočte následně:

Rovnice 21

$$IZ = \frac{ILI}{4}$$

kde:

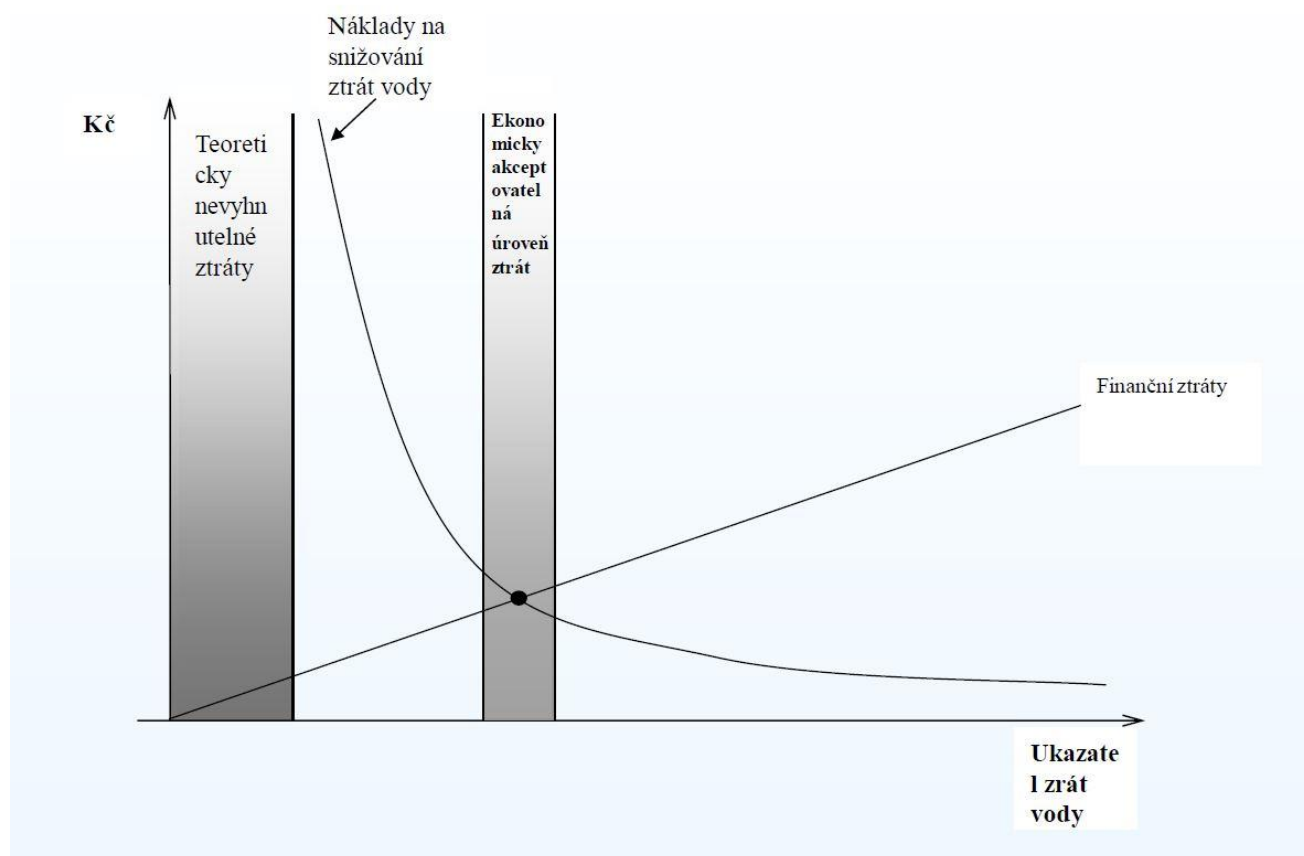
4 je hodnota technicky akceptovatelná ILI. Ukazatel ILI byl vysvětlen v kapitole 4.3.1

Výsledná hodnota ekonomického indexu ztrát (EIZ) pak může sloužit jako základní ohodnocení míry ekonomické úrovně ztrát vody v jednotlivých zájmových vodovodních systémech. Pro přehlednější orientaci ve výsledcích byly stanoveny následující tři třídy výsledků EIZ:

1. **Třída: $EIZ \leq 0,8$** – jedná se o vodovodní systém, kde ztráty vody jsou jak po technické, tak i po ekonomické stránce vyhovující a realizace dalších opatření zaměřených na snižování ztrát vody by byla ekonomicky neefektivní.
2. **Třída: $0,8 \leq EIZ \leq 1,3$** – jedná se o vodovodní systém, kde v důsledku současných ztrát nedochází k významným ekonomickým provozním ztrátám.
3. **Třída: $EI \geq 1,3$** – jedná se o vodovodní systém, kde ztráty vody způsobují značné ekonomické provozní ztráty a je žádoucí, aby provozovatel provedl podrobnou analýzu příčin ztrát vody a intenzivně se zaměřil na jejich snižování.

4.5.2 Porovnání zisků (výnosů) a ztrát (nákladů)

Tato metoda je pro většinu provozovatelů vodovodních systémů stále přijatelná a blízké budoucnosti ještě bude, neboť je z ekonomického hlediska zdánlivě jednoduchá. Spočívá v porovnání skutečných nákladů, které byly vynaloženy na snížení ztrát vody a finančních přínosů, které tím provozovateli vodovodní sítě vzniknou. Stanovení přesného bodu, který tvoří pomyslnou hranici ekonomicky akceptovatelné úrovně ztrát vody, je známé již dlouhou dobu a rovněž je tento problém přehledně zpracován, jak můžeme vidět na následujícím obrázku.



Obr. 3 Graf ekonomické náročnosti snižování ztrát [19]

V běžné praxi je s ohledem na spoustu faktorů vstupujících do výpočtu, velice obtížné získat přesně reálný průběh teoretické hyperbolické funkce potřebných nákladů na snížení konkrétního množství ztrát. Graf je přínosný a názorný v tom, že jednoduše poukazuje na skutečnost, že snižování ztrát vody pod určitou hranici je ekonomicky nevýhodné. Tento fakt si již mnoho provozovatelů uvědomuje a zejména v současné ekonomické situaci se jím také ve vlastním zájmu řídí. Při snižování ztrát vody se v současnosti někteří provozovatelé vodovodních systémů soustředí především na lokality, ve kterých jim vznikají největší ztráty provozních nákladů, přitom pečlivě vybírají a používají osvědčené detekční přístroje.

5. ZHODNCENÍ SOUČASNÉHO STAVU

5.1 SOUČASNÁ LEGISLATIVA V ČR

Legislativa České republiky v současné době upravuje obor vodárenství několika zákony, vyhláškami a jinými právními předpisy.

Ze všech uvádím ve své diplomové práci pouze ty, které se týkají zdrojů vody, zásobování vodou, stanovení ceny vody...

Výběr zákonů:

- **Zákon Parlamentu ČR č. 274/2001 Sb.**, o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (o vodovodech a kanalizacích), ve znění zákona č. 281/2009 Sb.
- **Zákon Parlamentu ČR č. 254/2001 Sb.**, o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.
- **Zákon Parlamentu ČR č. 76/2002 Sb.**, o integrované prevenci a omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů (zákon o integrované prevenci), ve znění zákona č. 521/2002 Sb.
- **Zákon Parlamentu ČR č. 258/2000 Sb.**, o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů.

Výběr vyhlášek:

- **Vyhláška č. 391/2004 Sb.**, kterou se mění vyhláška č. 139/2003 Sb., o rozsahu údajů v evidencích stavu povrchových a podzemních vod a o způsobu zpracování, ukládání a předávání těchto údajů do informačních systémů veřejné správy.
- **Vyhláška č. 252/2004 Sb.**, kterou se ruší vyhláška č. 376/2000 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.

Výběr nařízení vlády:

- **Nařízení vlády č. 61/2003 Sb.**, o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových a odpadních vod.

Výběr ostatních předpisů:

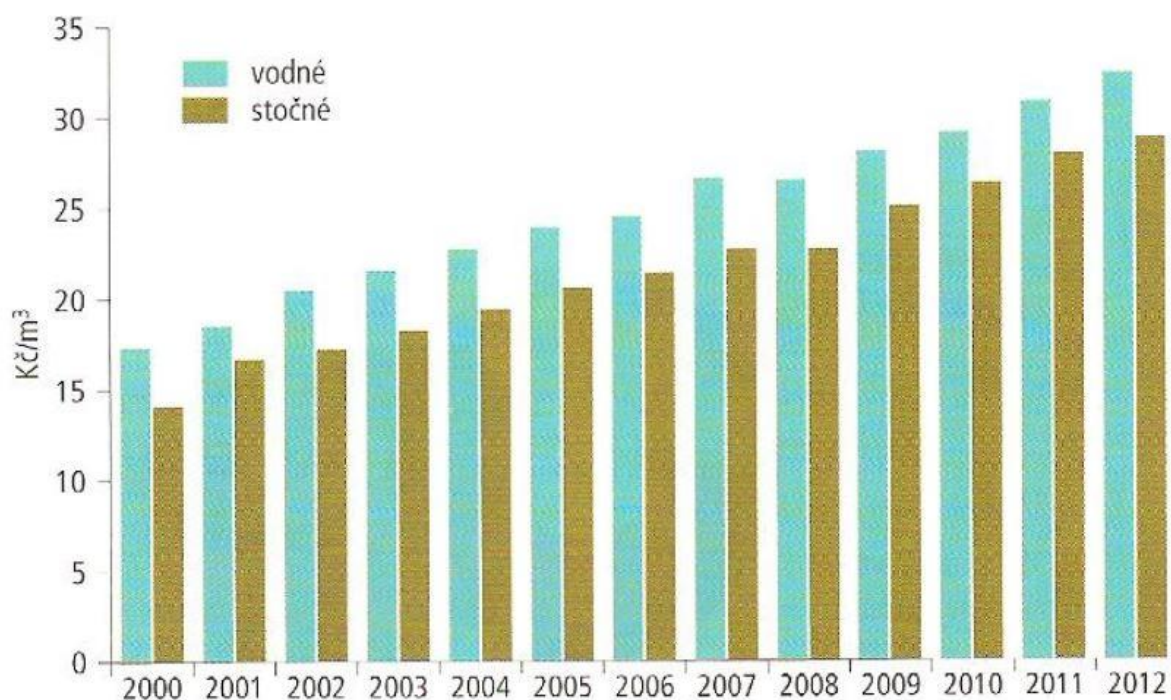
- **Opatření obecné povahy** - pravidla pro členění položek při výpočtu (kalkulaci) ceny pro vodné a ceny pro stočné včetně struktury jednotlivých položek (Ve smyslu ustanovení § 29 odst. 3 písm. b) zákona

č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s ustanovením § 171 zákona č. 500/2004 Sb., správní řád, ve znění pozdějších předpisů.

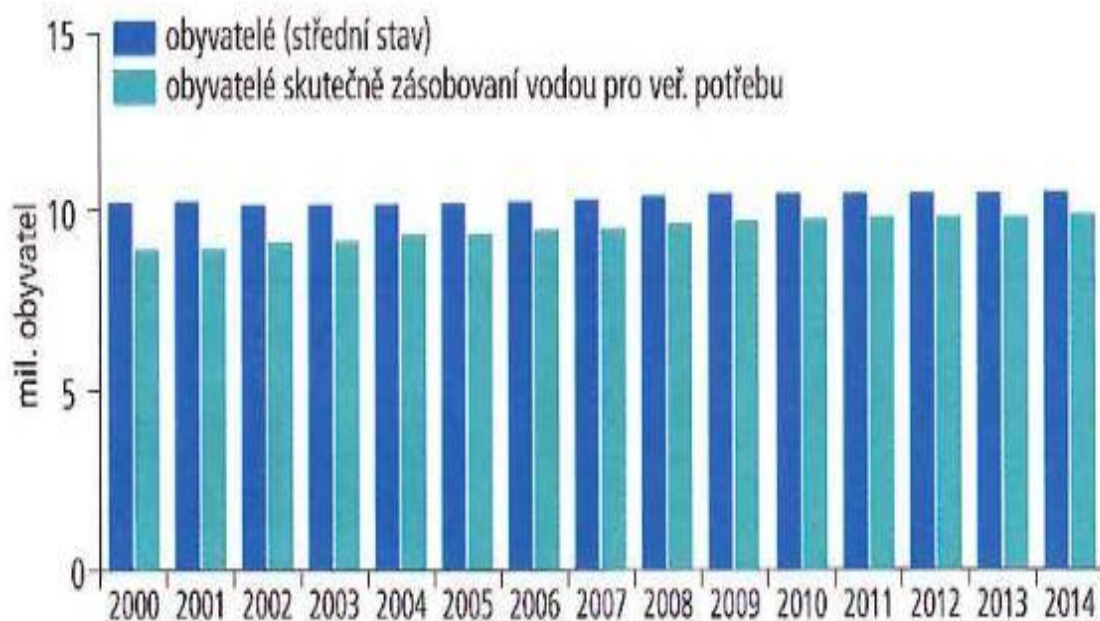
5.2 ZTRÁTY VODY V ČESKÉ REPUBLICĚ

Z grafu počtu zásobovaných obyvatel pitnou vodou je vidět dlouhodobě mírný nárůst počtu zásobovaných obyvatel pitnou vodou. Naproti tomu se je zcela znatelný klesající úsporný trend v ukazatelích voda fakturovaná. Technické ukazatele jako jsou délka vodovodní sítě, počet vodoměrů osazených na síti a počet vodovodních přípojek si zachovávají trend mírného nárůstu.

Zajímavé zvýšení zaznamenal ukazatel ztráty vody ve vodovodní síti. Cena vody oproti loňskému roku vzrostla ze 40,74 Kč·m³ na 43,47 Kč·m³ (bez DPH).



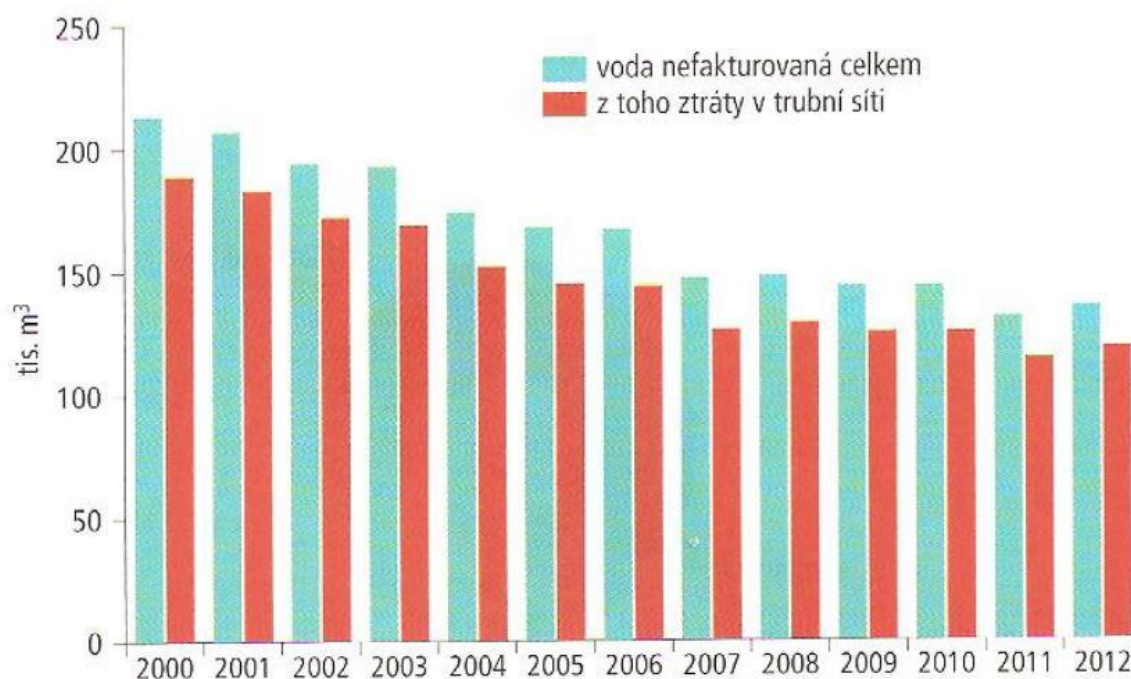
Obr. 4 Vodné stočné 2000 – 2012 [1]



Obr. 5 Obyvatelé zásobování vodou 2000 – 2014 [16]



Obr. 6 Přehled VFC v období 2000 – 2014 [16]



Obr. 7 Přehled VNF v období 2000 – 2012 [1]

Souhrnné údaje o vodovodech a kanalizacích 1990–2014

Č.	Ukazatel	Jednotka	1990	2000	2005	2010	2012	2013	2014	% 14/13
VODOVODY										
1	Obyvatelé zásobování vodou z vodovodů	tis.	8 624	8 952	9 376	9 787	9 823	9 854	9 917	100,6
2	Podíl obyvatel zásobovaných z vodovodů ke střednímu stavu obyvatel	%	83,2	87,1	91,6	93,1	93,5	93,8	94,2	100,4
3	Délka vodovodní sítě	km	44 907	53 288	69 358	73 448	74 915	75 481	76 948	101,9
4	Počet osazených vodoměrů	tis.	1 032	1 385	1 788	1 965	2 005	2 022	2 057	101,7
5	Počet vodovodních přípojek	tis.	–	1 368	1 782	1 956	2 003	2 026	2 063	101,8
6	Voda vyrobená celkem	tis. m³	1 238 961	755 878	698 850	641 783	623 534	600 174	575 411	95,9
7	z toho podzemní	tis. m³	526 593	368 474	334 882	316 250	311 890	302 157	292 713	96,9
8	Voda fakturovaná celkem	tis. m³	924 292	537 952	531 620	492 542	480 745	471 824	468 704	99,3
9	z toho domácnosti	tis. m³	546 184	341 066	338 564	319 582	315 875	313 580	315 985	100,8
10	průmysl	tis. m³	237 202	40 145	64 645	59 163	55 642			
11	ostatní a zemědělství	tis. m³	150 023	156 741	128 412	113 797	109 227			
11a	ostatní odběratelé						164 869	158 244	152 719	96,5
12	Voda nefakturovaná celkem	tis. m³	314 047	212 925	167 743	143 820	135 699	121 789	111 045	91,2
13	z toho ztráty v síti	tis. m³	237 231	189 301	146 082	125 276	118 961	106 261	95 978	90,3
14	Vodné	mil. Kč	1 751	9 394	11 938	14 328	15 730	15 894	16 298	101,7

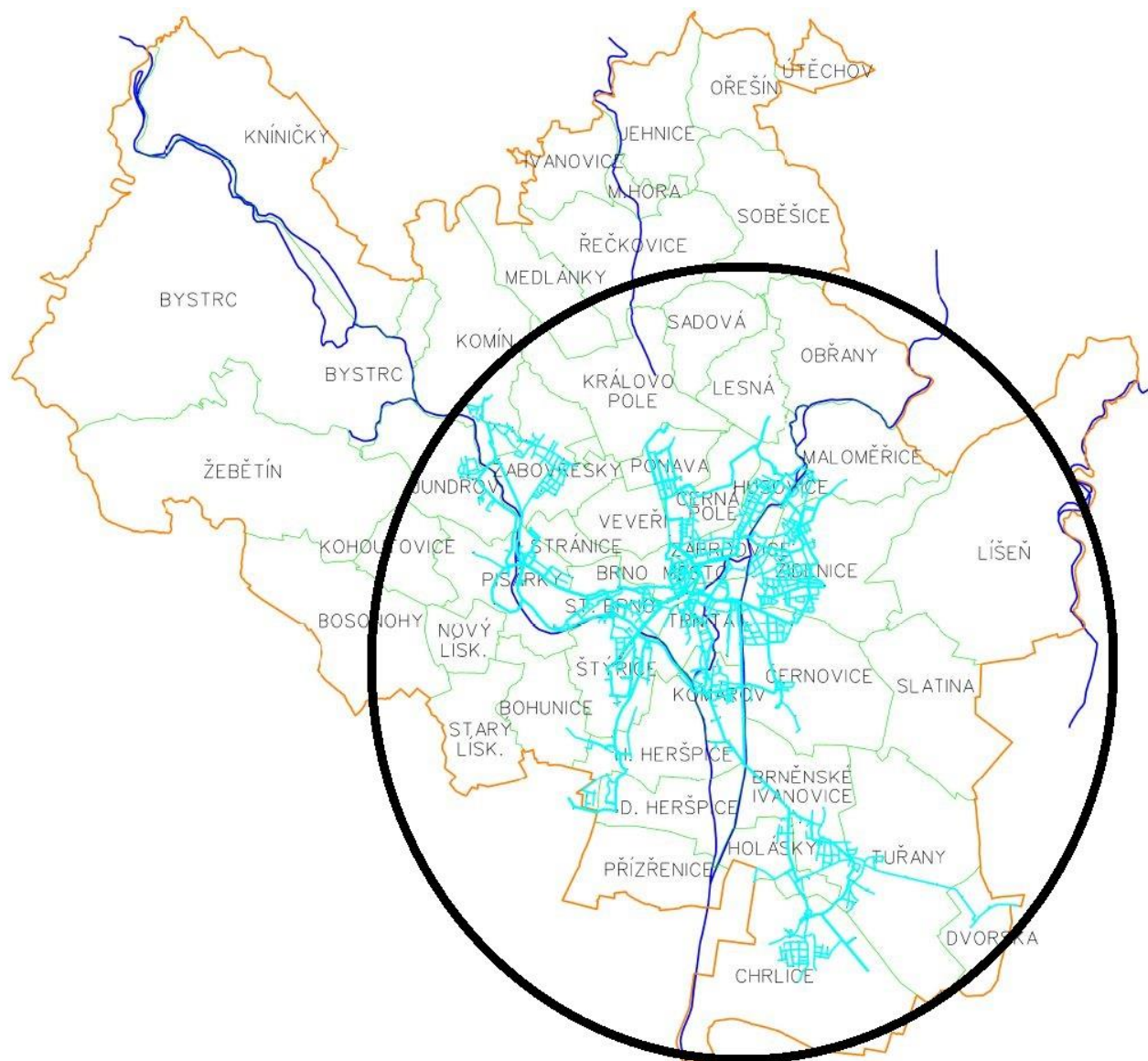
Obr. 8 Souhrnné informace [16]

6. VODOVODNÍ SÍŤ MĚSTA BRNA

6.1 CHARAKTERISTIKA VODOVODNÍ SÍTĚ MĚSTA BRNA

Vodovodní síť, kterou spravují Brněnské vodárny a kanalizace a.s., se svojí délkou 1349 km patří mezi nejdelší v České republice. Nejčastěji zastoupeným materiálem vodovodního potrubí je šedá litina (55%), tvárná litina (22%), ocel (10%) a zbytek tvoří potrubí z PVC, PE, PP, sklolaminátu, železobetonu a azbestocementu. Co se týče dimenzí, tak největší zastoupení mají profily DN 80, DN 100, DN 150 a DN 200. Celkový počet vodovodních přípojek je dle údajů BVK 49 tisíc.

Město Brno je v současné době rozděleno do devadesáti tlakových pásem, které tvoří tzv. „Brněnskou vodárenskou soustavu“ a pěti dalších samostatných vodovodů. Nejrozsáhlejší je 1. tlakové pásmo, které pokrývá 2/3 města Brna jmenovitě: Staré Brno, Brněnské Ivanovice, Slatina, Komárov, Zábrdovice, Židenice, Maloměřice, Husovice, Pisárky a Štýřice.



Obr. 9 Mapa města Brna s vyznačeným 1. tlakovým pásmem [17]

6.2 ZÁSOBOVÁNÍ VODOU MĚSTA BRNA

Město Brno má k dispozici dostatek zdrojů kvalitní pitné vody s kapacitními rezervami, které umožňují z pohledu zásobování vodou rozvoj města i celé brněnské aglomerace s mnohaletým výhledem do budoucna. Základními zdroji vody jsou prameniště podzemní vody v Březové nad Svitavou a úpravna povrchové vody ve Švařci. Z Březové nad Svitavou je voda do Brna přiváděna přivaděčem I. březovského vodovodu a přivaděčem II. březovského vodovodu. Z úpravní vody Švařec se voda do Brna přivádí přivaděčem Vířského oblastního vodovodu (VOV). Provoz úpravní vody v Brně-Pisárkách byl v květnu 2013 ukončen. Od roku 2001 plnila úpravna Pisárky již jen funkci zdroje rezervního s

využitím při případných havarijních stavech a při mimořádných provozních situacích a od roku 2008 vodu do vodovodní sítě již nedodávala.

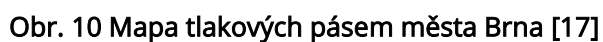
6.3 VYKAZOVÁNÍ ZTRÁT BVK

Dle informací z BVK, a.s. jsou ztráty evidovány především jako množství vody nefakturované za jednotlivé roky pro celou provozovanou vodovodní síť v $\text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$, což je rozdíl množství vody k realizaci a množství vody fakturované. Dále se vykazují ztráty vody jako množství vody nefakturované, což je objem vody nefakturované po odečtení tzv. vlastní spotřeby.

Trubní vedení 1. tlakového pásma je v průměru starší než 40 let a skládá se nejčastěji z šedé a tvárné litiny, dále pak v nízké míře z oceli.

Charakter zástavby v oblasti zájmové oblasti je velice rozmanitý, v podstatě můžeme tvrdit, že jsou v 1. tlakovém pásmu obsaženy veškeré kategorie městských budov a průmyslových objektů např.: přízemní průmyslové haly, patrové bytové domy, panelové domy, řadová zástavba, průmyslové areály atd...

Pro spolehlivý a ekonomický provoz vodovodní sítě je v dnešní době nepostradatelným prvkem kontinuální měření průtoků a tlaků, monitoring provozu a jeho řízení, což je právě problémem 1. tlakového pásma, které právě svým charakterem a stářím nesplňuje podmínky, pro kompletní monitoring průtoků na vodovodní síti.



Nejvýznamnějším zdrojem vody pro Brněnskou vodárenskou soustavu je prameniště v Březové nad Svitavou, druhým nejvýznamnějším zdrojem vody Brněnské vodárenské soustavy je úpravna vody Švařec (ÚV Švařec). Oba tyto zdroje provozuje společnost Brněnské vodárny a kanalizace, a.s. ÚV Švařec je součástí tzv. Vířského oblastního vodovodu (VOV), který je páteřním zásobovacím

řadem nejen pro Brno, ale i pro další obce a svazky obcí v okolí VOV. Všechny objekty VOV, to jsou zejména úpravná vody ve Švařci, přiváděcí řady, vodojemy a čerpací stanice, vlastní zájmové sdružení právnických osob nesoucí název Vířský oblastní vodovod – sdružení měst, obcí a svazků obcí (zkráceně VOV s.m.o.), které bylo založeno v roce 1993. Majoritní činností sdružení je správa majetku VOV, strategie a rozvoj VOV. Mezi členy sdružení patří Statutární město Brno, města Modřice, Rajhrad, svazek vodovodů a kanalizací Tišnovsko a další obce a svazky obcí. Jde o subjekty, které nějakým způsobem využívají VOV a jeho zdroje vody.

Do roku 1989 narůstala spotřeba vody až na hodnotu 65 mil. m³ za rok a to především díky rozvoji města Brna a nízké dotované ceny vody, oproti roku 1968 kdy byla spotřeba vody na hodnotě 43 mil. m³ za rok, je to výrazný nárůst. V té době byla voda do Brna odebírána především z Březové nad Svitavou přivaděči I. a II. březovského vodovodu a upravovanou vodou z řeky Svratky z úpravny vody Brno-Pisárky. Kapacita zdrojů vody již nepostačovala pro pokrytí špičkových spotřeb, docházelo k výpadkům v dodávce vody a bylo nutné zavést regulační opatření omezující odběr vody. Zdroje vody byly přetěžovány, zejména úpravná Brno-Pisárky, což se negativně projevovalo na kvalitě upravené pitné vody, která byla předmětem oprávněných stížností odběratelů. Zhoršovala se i kvalita surové vody v řece Svratce pro úpravnu vody a přetrvávalo vysoké riziko její zranitelnosti kontaminací ropnými i jinými látkami z dopravně exponovaných okolních komunikací apod.

Nedostatek vody nejen v Brně měl vyřešit nový oblastní vodovod. Příprava VOV byla zahájena již v sedmdesátých letech minulého století, stavět se začalo v roce 1988. Tehdy ještě pod názvem Brněnský oblastní vodovod. I. etapa VOV, která umožnila přivedení vody ze Švařce do Brna, byla dokončena v roce 2000, do trvalého provozu byla uvedena v roce 2002. Součástí I. etapy byla úpravná vody Švařec, přivaděč Švařec-Čebín průměru 1400 mm včetně dvou železobetonových tlakových štol průměru 2100 mm (štoly délky 16 km), vodojem Čebín, přivaděč Čebín-Bosonohy průměru 1400 a 1100 mm a vodojem Bosonohy. Úsek Švařec-Bosonohy má délku 47 km. Trubní úseky byly vybudovány z trub sklolaminátových. V roce 2001 byla uvedena do provozu i tzv. jižní větev VOV Moravany-Rajhrad-Těšany včetně vodojemů Rajhrad I, Rajhrad II a vodojemu Těšany. Jedná se o vodovodní řady z tvárné litiny vnitřního průměru nejdříve 400 mm, v koncovém úseku průměru 150 mm, o celkové délce asi 31 km. Tato stavba umožnila přivedení vody, dočasně z vodovodní sítě města Brna, do Rajhradu a do dalších obcí ležících jižně od Brna. O stavbách VOV po

vodojemy Rajhrad I a II se hovoří jako o I. etapě VOV, zbytek jižní větve VOV byl označen jako II. etapa. Úsek přivaděče VOV Bosonohy-Nebovidy-Moravany a vodojem Nebovidy se nepodařilo postavit v rámci I. ani II. etapy. Voda tak byla až do roku 2010 dopravována přes brněnské 1. Tlakové pásmo do vodojemu Moravany, odkud byla následně čerpána do vodojemu Rajhrad I a dále využívána v jižní větvi VOV.

6.5 OBLASTI NAPOJENÉ NA VOV

Voda z úpravny Švařec je po trase přivaděče VOV Švařec-Čebín dodávána do obcí Koroužné-obecní část Švařec, Štěpánov nad Svratkou, Skorotice-obecní část Chlébské, Černvír, do městyse Doubravník, do obcí Štěpánovice, Dolní Loučky, Újezd u Tišnova a Kaly. V omezené míře je voda přiváděna i do vodojemu Květnice pro Tišnov a do Malhostovic. Voda přitékající od Švařce k Brnu přivaděčem VOV je míchána ve vodojemu Čebín s větším dílem vody podzemní přivedené II. březovským vodovodem v poměru asi 1:9. Takto smíchaná voda je pak dodávána pokračujícím II. březovským vodovodem a přivaděčem VOV do hlavní části Brněnské vodárenské soustavy, tj. především do Brna, Kuřimi, Modřic, ale i do dalších měst a obcí napojených na jižní větev VOV v trase Moravany-Rajhrad-Těšany. Množství vody smíchané ve vodojemu Čebín představuje dnes asi 75% celkového množství vody potřebného pro tuto část soustavy. Další množství vody (asi 25%) přitéká odděleně I. Březovským vodovodem do vodojemu Holé hory II v Brně na Lesné. Z úseku přivaděče VOV Čebín-Bosonohy je voda též dodávána do Rozdrojovic. Seznam lokalit napojených na přivaděč VOV se postupně rozrůstá. Zdroj, přivaděče a vodojemy VOV jsou nedílnou součástí dobře fungující Brněnské vodárenské soustavy. Pro vyšší využití potenciálu VOV zbývá ještě vybudovat některé vodovodní řady a upravit čerpací stanice.

6.6 ÚPRAVNA VODY ŠVAŘEC

Umístění úpravny vody Švařec bylo navrženo v údolí řeky Svratky asi 5 km vzdušnou čarou od hráze nádrže Vír, odkud se voda do úpravny přivádí. Úprava byla projektována na maximální výkon 2300 l/s. V průběhu výstavby byl plánovaný výkon dočasně redukován sníženou kapacitou filtrace na 1150 l/s z důvodu klesající tendence spotřeb vody. Z 20 pískových filtrů úpravny byla vystrojena jen polovina. Šest filtrů ze zbývajících poloviny filtrů bylo dodatečně využito pro doplnění technologie úpravy vody vybudováním druhého stupně

filtrace, kde je vyrobená pitná voda sekundárně filtrována přes filtry s granulovaným aktivním uhlím. Zdrojem povrchové vody je údolní přehradní nádrž Vír I. Přehradní nádrž má vyhlášena pásma hygienické ochrany, je zde zakázáno koupání a rybolov. Na rozdíl od úpravny Brno-Pisárky, jejíž provoz tato nová úprava nahrazuje, je zde výrazně sníženo riziko kontaminace surové vody ropnými látkami a jinými průmyslovými haváriemi. Úprava vody Švařec dokáže vyrábět kvalitní pitnou vodu plně odpovídající všem kritériím stanoveným pro pitnou vodu.

6.7 VODOJEMY A ČERPACÍ STANICE

Brněnské vodárny a kanalizace, a.s. v současné době provozují na distribuční vodovodní síti 73 vodojemů a akumulčních nádrží o celkové využitelné kapacitě 250 tis.m³. Vodojemy slouží pro zajištění dostatečného přetlaku vody ve vodovodní síti a k vyrovnávání rozdílu mezi přítokem a odběrem vody. Zajišťují také poruchovou zásobu vody a vodu pro požární zabezpečení spotřebiště. Čerpací stanice dopravují vodu do výše položených vodojemů, kam ji není možné dopravit gravitačním způsobem. V některých menších lokalitách jsou použity pro posílení přetlaku vody ve vodovodní síti bez využití vodojemů speciální čerpací stanice, tzv. automatické tlakové stanice (ATS). Naše společnost provozuje na distribuční vodovodní síti 36 čerpacích stanic o celkové kapacitě 125 tis. m³/den.

6.8 MONITORING VODOVODNÍ SÍTĚ BRNĚNSKÉHO VODOVODNÍHO SYSTÉMU

Měření průtoků vody na brněnské vodovodní síti, za účelem zjišťování úniků vody má na již dlouhou historii. Ve 20. letech min. stol. v období hospodářské poválečné konjunktury docházelo k rozšiřování brněnské vodovodní sítě nevídaným tempem do nově připojených částí města a k nárůstu spotřeb. Jediný tehdejší kvalitní zdroj podzemní pitné vody pro Brno – I. březovský vodovod svojí kapacitou přestával postačovat. Městské vodárny se proto rozhodly situaci řešit snižováním ztrát vody, které byly po I. světové válce, kdy údržba a opravy sítě byly zanedbávány, nadměrně vysoké. V roce 1919 ztráty vody v síti z vody vyrobené dosáhly na vodovodním systému vody pitné 55,2 %. Pro lepší kontrolu odběrů vody a identifikaci nežádoucích úniků vody bylo tehdy jako novinka zavedeno tzv. „okrskové“ měření spotřeby vody. K tomu účelu byla vodovodní síť rozdělena na uzavřené okrsky a na vtoku vody do okrsků byly zřízeny vodoměrové šachty s vodoměry s mechanickými registračními přístroji. Použity

byly vodoměry Woltmanovy, dodané firmou Siemens Halske. Vodoměry byly osazovány obvykle na obtoku. V r. 1925, kdy brněnská vodovodní síť měřila přibližně 184 km, z toho I. tlakového pásma 123 km, II. tlak. pásma 50,6 km a III. tl. pásma 10,6 km, byla rozdělena na okrsky a to I. tl. pásmo na 5 okrsků, II. tlak p. také na 5 okrsků, pásmo III. vzhledem k malé délce již děleno nebylo. Pro okrsková měření bylo využíváno také osazených vodoměrů na zásobovacích řadech v některých vodojemech.

Vyhodnocovány byly průtoky zaznamenané v noční době mezi 0,00 hod a 04,00 hod, kdy byly nejnižší. Na základě nočních průtoků bylo usuzováno na možné úniky vody skrytými poruchami, které byly uzavíráním řadů v jednotlivých ulicích a dalšími metodami lokalizovány. S růstem vodovodní sítě byl systém měření doplňován. Že prováděná opatření na snížení ztrát vody byla účinná, svědčí zaznamenaný pokles ztrát z původních cca 55 % v r. 1919 na 22 % z vody vyrobené v r. 1926. Snížením ztrát vody se podařilo městu Brnu pokrýt rozvoj vodovodu a nárůst potřeby vody bez výstavby nového zdroje na téměř celé meziválečné období.

Systém okrskového měření bohužel zanikl po II. světové válce někdy v 50. letech min. století, kdy prioritou bylo rychlé rozšiřování vodovodu. Zřizování dalších míst měření se v tehdejší politické situaci zřejmě jevílo jako zvyšování nákladů a komplikace rychlé výstavby, nová místa měření již nebyla stavěna a stará postupně zanikla. Na brněnském vodovodním systému jsme přistoupili k opětnému zřízení systému měření na vodovodní síti v r. 1998. V principu se současný systém měření od původního v zásadě neliší, avšak je s ohledem na mnohem delší vodovodní síť podstatně rozsáhlejší a složitější a samozřejmě je budován na mnohem vyšší technické úrovni, odpovídající možnostem a dostupnosti moderní měřící, přenosové a výpočetní techniky.

Více než roční příprava realizace systému měření byla zahájena zpracováním projektu „Měření na vodovodní síti“. Vodovodní síť byla rozčleněna do samostatných uzavřených celků, tzv. okrsků tak, aby pokud možno délka sítě v koncovém samostatném okrsku nepřesahovala 20 km. Tato maximální velikost a délka sítě v každém koncovém okrsku byla stanovena na základě získaných zkušeností od jiných, ať českých, či zahraničních, provozovatelů vodovodů a nezapomnělo se přitom ani na již získané zkušenosti samotné společnosti BVK a.s. Cílem návrhu míst měření na síti bylo, aby monitoringem průtoků a tlaků

vody v místě měření bylo možné poměrně rychle identifikovat případné úniky vody, či jiné provozní anomálie na síti.

6.9 VYMEZENÍ MĚŘÍCÍCH MÍST V TLAKOVÉM PÁSMU

Brněnská vodovodní síť začala být detailněji měřena v roce 1998. Od této doby se princip měření nezměnil, pouze došlo k jeho modernizaci a potřebnému rozšíření z důvodu narůstající délky vodovodní sítě.

Z poznatků společnosti Brněnské vodárny a kanalizace a.s. byla měřící místa na síti členěna do následujících kategorií:

1. Měřící místa základní (MM Z)

Do této kategorie byly zařazeny taková místa, kterými jsou měřeny průtoky ze zdrojů do vodovodního systému města Brna.

2. Měřící místa I. kategorie (MM I)

Měřící místa, kterými je měřeno množství vody, které je dodáváno do 5 základních tlakových pásem, nadřazených celé řadě menších tlakových pásem, které na tyto navazují.

3. Měřící místa II. kategorie (MM II)

To jsou měřící místa, které měří množství vody dodávané do větších hydraulicky samostatných tlakových pásem brněnského vodovodního systému, řízených vodojemy nebo samostatných oblastí, které svojí rozlohou patří mezi rozsáhlé části základních tlakových pásem. Dále jsou tyto oblasti zpravidla nadřazené menším tlakovým pásmům, které na ně navazují.

4. Měřící místa III. kategorie (MM III)

Tyto místa měří množství vody dodávané do menších tlakových pásem, které jsou hydraulicky samostatné, řízené vodojemy, AT stanicemi, případně redukčními ventily. Dále do této kategorie patří uzavřené okrsky vodovodní sítě uvnitř velkých tlakových pásem.

5. Měřicí místa IV. kategorie (MM IV)

Do této kategorie patří měřicí místa pro měření množství vody dodávané do koncových, hydraulicky samostatných tlakových pásem brněnské vodovodní sítě skrze AT stanice, redukční ventily, případně vodojemy. Dále sem zařazujeme menší samostatné okrsky, nebo okrsky uvnitř tlakových pásem, které byly zřízeny za účelem oddělených měření od okolní sítě uzavřením uzávěrů.

6. Měřicí místa předávací (MM P)

Zde patří místa pro měření vody předávané z brněnské vodovodní sítě do sousedních vodovodních sítí jiných vlastníků a provozovatelů. Tyto místa jsou v současné době osazeny vodoměry, které zobrazují fakturované množství vody.

7. Kontrolní místa měření průtoků (KMMP)

Tyto místa byla zřízena z důvodu narušení hydraulických poměrů v síti po uzavření některých významných vodovodních řadů, což mělo za následek nedostatečnou kvalitu vody vytvořením „koncových“ větví, ve kterých voda stagnovala. Z těchto důvodů byly vytipovány místa na provozně a hydraulicky nejdůležitějších řadech, kde byla zřízena tzv. „kontrolní měřicí místa průtoků“ (KMMP). Tyto místa slouží k identifikaci anomálií na síti, data z měření získaná nelze použít pro bilanční účely.

Realizace projektu měření probíhala v několika etapách. Nejdříve byla realizována projektovaná místa měření ve vodojemech, čerpacích stanicích i jiných vodárenských objektech, kde nebylo potřeba složitých a nebylo též zapotřebí vyřizování žádných stavebních povolení apod. Tyto objekty většinou již byly vybaveny přenosovým zařízením dat centrální vodohospodářský dispečink (CVD), takže bylo možno ihned nepřetržitě sledovat získaná data z měření. V objektech jsou využívány různé typy měřidel, buď původních, nebo nově osazených. Snímaná data jsou přenášena na centrální vodohospodářský dispečink radiostanicemi RACOM a průmyslovým automatem SINAUT.

Obtížnější a nákladnější bylo budování nových šachet pro měření na síti, mnohdy ve stísněných městských podmínkách.

V šachtách měřicího místa, kde není přívod el. energie je osazen zpravidla vodoměr typu Meinecke WPD s impulzním výstupem. V šachtě nechybí ani

tlakové čidlo pro snímání a registraci průběhu tlaků. Data jsou ukládána v záznamových zařízeních-dataloggerech a pomocí GSM modemu 1 krát denně přenášena. Všechny takto přenesené hodnoty průtoku, tlaku a stavu počítadla vodoměru jsou ukládány a archivovány na vodárenském serveru v patnáctiminutových intervalech.

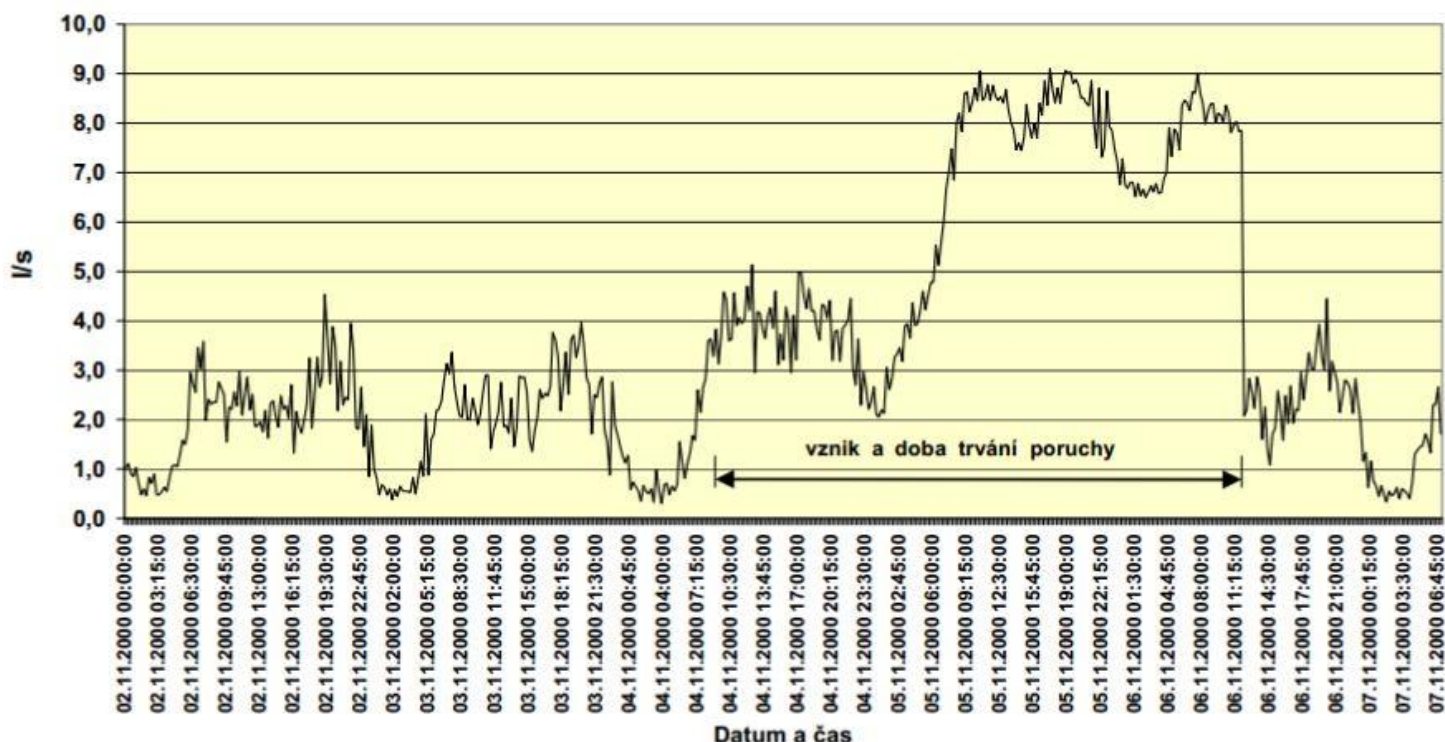
Pro vyhodnocování těchto hodnot z měřících míst nám slouží software vytvořený přesně pro potřeby analýz, který nám umožňuje tabulkové sledování hodnot, grafické znázornění křivky v reálném či historickém čase, minimální a maximální zaznamenané hodnoty průtoku a tlaku, sumární hodnoty průtoku za dané období či možnost exportu dat do MS Excel pro další zpracování. Těmito výsledky se v BVK zabývá diagnostické oddělení, které pravidelně vyhodnocuje průtoky a tlaky, ze kterých se určí, zda se jedná o skrytý únik nebo zvýšené odběry. Při vyhodnocování měřících míst je vytvořená pomyslná minimální hodnota průtoků, která je sledována v nočních hodinách mezi 2. – 4. hod. Tato výchozí hodnota je pro nás nejdůležitějším kritériem ke zjištění skrytého úniku. Stanovení této hodnoty je dlouhodobější záležitostí a vždy se vychází z konkrétní situace v daném okrsku, tzn. délka vodovodní sítě, typ zástavby v dané oblasti a pravidelné měření průtoků u velkoodběratelů. V těchto okrscích je zpravidla jednou ročně prováděno preventivní pátrání za pomoci akustických sběračů a pátrací skupiny, s cílem snížení této pomyslné minimální hodnoty nočních průtoků.

V současné době se již využívá 171 měřících míst a ze 135 jsou data přenášena na CVD on-line, zbývajících 36 míst je osazeno datalogger, takže je možno v poměrně krátké době lokalizovat poruchu v okrsku a její následné dohledání. Vlastní dohledání a určení místa úniku vody skryté poruchy provádíme za použití běžných metod a techniky pro zjišťování poruch. V některých případech lokalizaci poruchy zjednoduší postupné odstavování jednotlivých vodovodních řadů v okrsku a sledování změn průtoku místem měření, nejlépe v noční době.

Sběr dat z měřících míst a vyhodnocování, včetně dat z míst s dálkovým přenosem, provádí pracovníci specializovaného oddělení diagnostiky vodovodní sítě. Za období, kdy je tento projekt realizován, dochází každý měsíc k zachycení minimálně 8 poruch na vodovodní síti, jejichž nalezení by při neexistenci MM stálo spoustu času, práce a uniklo by navíc i daleko větší množství vody. Rychlé dohledání poruchy v měřícím okrsku by nešlo bez pracovníků zabývajících se pátráním po skrytých poruchách a jejich letitých zkušenostech.

Od roku 2001, kdy bylo poprvé spočteno, a pomocí měřících míst rychle identifikovány poruchy o celkovém okamžitém úniku vody v množství větším než 150 l/s, v r. 2002 cca 120 l/s, v r. 2003 cca 130 l/s, 2004 cca 100 l/s, 2005 cca 100 l/s.

Na obrázku je záznam průběhu průtoků z měřícího místa jednoho měřícího okrsku, ze kterého lze jasně identifikovat vznik poruchy na síti, čas jejího vzniku a přibližně stanovit i množství unikající vody.



Obr. 11 Záznam měření průtoku při výskytu poruchy [1]

V roce 2004 BVK a.s. zkušebně přistoupili k dalšímu využití dat z měřících míst. Vytvořili si podmínky pro porovnávání skutečných spotřeb vody dle odečtů vodoměrů u odběratelů s množstvím vody dodané do měřeného okrsku sítě. Za tím účelem si upravili odečtové trasy a oblasti s měřenými okrsky sítě. Těmto odečtovým okrsům byl také přizpůsoben ZIS (zákaznický informační systém) a GIS, který nám umožňuje získané hodnoty dané oblasti vyhodnotit či graficky zobrazit na digitální mapě.

V současné době máme takto upravených 60 oblastí a získané hodnoty nám dokáží prozradit informace v každé oblasti samostatně o:

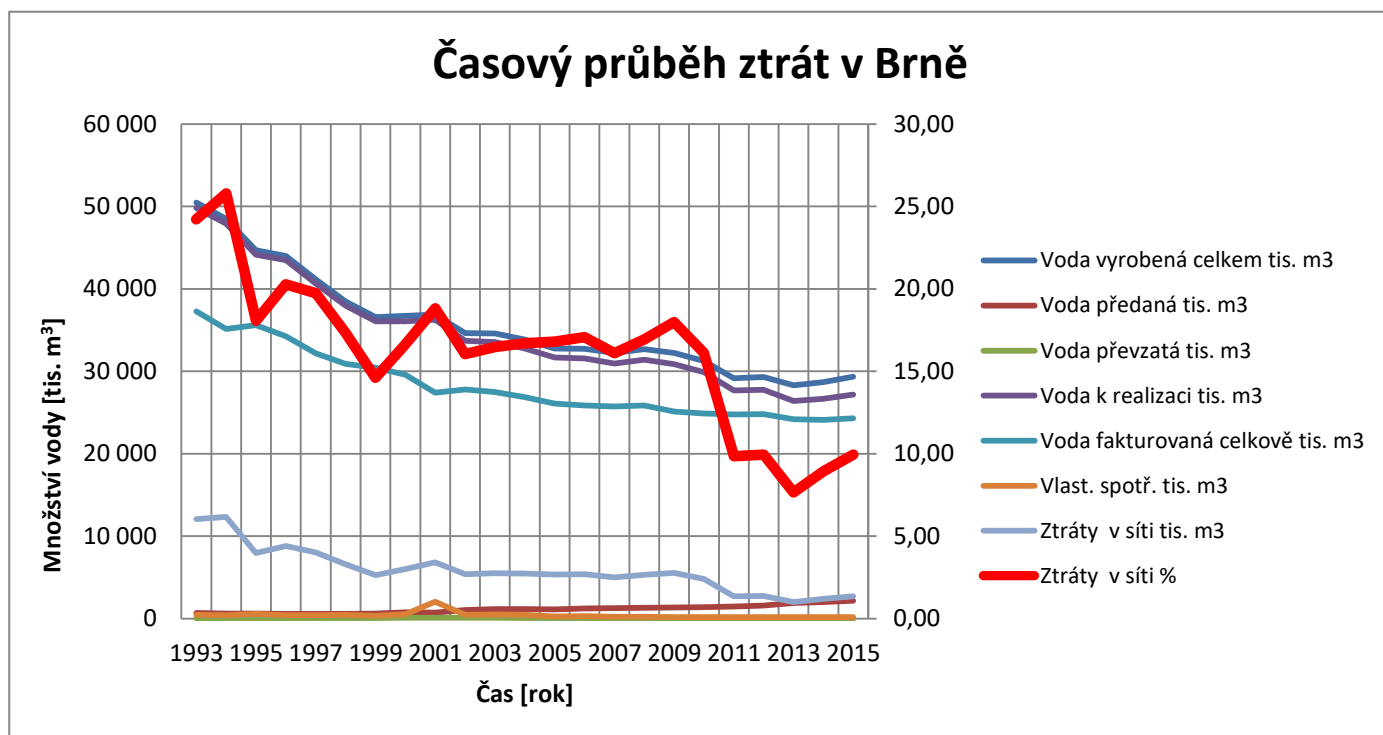
- vyjádření nefakturované vody v %
- nefakturovaná voda na 1 přípojku

- nefakturovaná voda vyjádřená v l/s

Dalším údajem je množství nefakturované vody na délku vodovodní sítě v daném okrsku. Cílem této úpravy je získání podrobnějších informací o velikosti ztrát vody a tím i o stavu sítě v daném okrsku. I když popsany systém měření, sledování a analýz průtoků a tlaků vody je jen jedním článkem z celé řady realizovaných účinných opatření na snižování ztrát vody v brněnském vodovodním systému a na dosahovaných výsledcích ve ztrátách vody se podílí jen v určité míře, stojí za ukázkou graf vývoje ztrát vody v posledních letech.

Tab. 5 Přehledná tabulka vývoje ztrát vody v Brně [17]

Rok	Voda vyrobená celkem	Voda předaná	Voda převzatá	Voda k realizaci	Voda fakturovaná celkově	Vlastní spotřeba	Ztráty v síti	Ztráty v síti
	tis. m3	tis. m3	tis. m3	tis. m3	tis. m3	tis. m3	tis. m3	%
1993	50 470	672	16	49 814	37 289	458	12 067	24,22
1994	48 492	601	24	47 915	35 149	412	12 354	25,78
1995	44 698	603	32	44 127	35 601	555	7 971	18,06
1996	43 995	566	42	43 471	34 252	409	8 810	20,27
1997	41 143	565	54	40 632	32 199	411	8 022	19,74
1998	38 477	587	65	37 955	30 914	467	6 574	17,32
1999	36 590	610	75	36 055	30 449	342	5 264	14,60
2000	36 743	752	90	36 081	29 568	516	5 997	16,62
2001	36 899	744	103	36 258	27 402	2 032	6 824	18,82
2002	34 610	1 052	126	33 684	27 814	467	5 403	16,04
2003	34 580	1 158	115	33 536	27 497	516	5 523	16,47
2004	33 844	1 161	84	32 766	26 847	456	5 464	16,70
2005	32 763	1 135	54	31 682	26 076	268	5 338	16,80
2006	32 731	1 225	59	31 565	25 865	312	5 388	17,07
2007	32 211	1 263	1	30 949	25 736	228	4 985	16,11
2008	32 693	1 297	0	31 396	25 868	210	5 318	16,94
2009	32 222	1 354	0	30 868	25 133	184	5 552	17,98
2010	31 270	1 391	0	29 879	24 871	189	4 819	16,13
2011	29 166	1 484	0	27 682	24 771	187	2 724	9,84
2012	29 319	1 574	0	27 745	24 802	184	2 759	9,94
2013	28 285	1 892	0	26 393	24 197	174	2 022	7,66
2014	28 670	2 011	0	26 659	24 098	179	2 383	8,94
2015	29 352	2 167	0	27 185	24 310	172	2 703	9,94



Obr. 12 Graficky znázorněný časový průběh ztrát v Brně [17]

Ve výše uvedené tabulce i grafickém znázornění průběhu ztrát ve městě Brně je patrný výrazný pokles ztrát mezi roky 2010 a 2011. Dle informací poskytnutých pracovníky společnosti BVK a.s. došlo k výraznému snížení ztrát díky několika provozním opatřením. První impuls přišel v roce 2009, kdy došlo u BVK a.s. k internímu ověření hlavních vstupních průtokoměrů Brněnské vodárenské soustavy. Vyhodnocením tohoto měření bylo stanoveno, že stávající průtokoměry již nesplňují požadované přesnosti při záznamu průtoků a bylo tedy rozhodnuto, že tyto průtokoměry budou nahrazeny za nové přesnější přístroje. V roce 2010 pak došlo ke změně systému měření jímané podzemní vody v prameništích I. a II. Březovského vodovodu v Březové nad Svitavou. Dva stávající nepřesné ultrazvukové průtokoměry, které měřily část jímané podzemní vody, byly nahrazeny jedním moderním a přesnějším indukčním průtokoměrem. Dle souhrnné zprávy společnosti BVK a.s. právě soubor těchto opatření vedlo ke snížení ztrát v roce 2011 o 6,21% oproti roku 2010.

6.10 MĚŘÍCÍ OKRSKY V TLAKOVÉM PÁSMU

Základním principem měřících okrsků je sledování průtoků ve vodovodní síti napříč celým dnem, přičemž obvykle nejrelevantnější jsou noční průtoky v síti od 2 do 4 hodin, které jsou zatíženy pouze minimálními odběry. Cílem měření je tedy získání přehledu o tzv. normálním stavu průtoků, které slouží jako reprezentativní hodnoty pro zjišťování anomálií (poruch či ilegálních odběrů) na vodovodní síti.

6.11 ZÁSADY NAVRHOVÁNÍ MĚŘÍCÍCH OKRSKŮ

V současné době neexistuje jednoznačně definovaná metodika pro určení měřících okrsků na vodovodní síti, nicméně pozorováním a výzkumem vodárenských společností byly stanoveny základní zásady, které se ve vodohospodářské praxi používají.

- Každý měřící okresek je napájen ideálně jedním napájením (vstupním) uzlem, na kterém jsou měřeny průtoky (přítoky vody do okrsku),
- charakter zástavby by měl být v každém jednotlivém okrsku stejnorodý,
- měřící okresek by měl mít jednotný materiál vodovodní sítě o přibližně stejném stáří,
- co se týče počtu bytových jednotek, tak zde se různé literatury liší, nicméně obecně můžeme tvrdit, že počet bytových jednotek je v rozmezí 1000 – 3000,
- délka vodovodní sítě v rozmezí 5 – 20 kilometrů, ta je především ve větších městech problém dodržet v kombinaci s počtem bytových jednotek,
- posledním důležitou zásadou je možnost hydraulického propojení jednotlivých měřících okrsků.

Všechny výše zmíněné zásady je ideální kombinovat mezi sebou, přičemž díky jisté benevolenci v nastavených zásadách si je může každý provozovatel vodovodní sítě upravit přesně podle charakteru své vodovodní sítě.

7. PŘÍPADOVÁ STUDIE 1. TLAKOVÉHO PÁSMO MĚSTA BRNA

Dodávku pitné vody do 1. tlakového pásma obstarávají především dva vodojemy. Vodojem Preslova s kótou hrany bezpečnostního přelivu 287 m n. m., který zásobuje východní část tlakového pásma. Tento vodojem je redukován redukčním ventilem na kótu 281 m n. m. Druhým vodojemem zásobující 1. tlakové pásmo je vodojem Holé Hory s kótou hrany přepadu 272,5 m n. m. zásobující západní část tlakového pásma. Z důvodu rozdílných kót nadmořských výšek hran přelivu, resp. hodnoty redukčního ventilu na obou vodojemech, je celé tlakové pásmo rozděleno na východní a západní část. Obě tyto části 1. tlakového pásma jsou odděleny uzavřením uzavíracích armatur v následujících místech: Šilingrovo náměstí, Kopečná, Vodní, Nové sady a Kšírova. Tyto uzávěry jsou většinu roku uzavřeny, avšak z provozních důvodů a z důvodu prevence je s nimi několikrát do roka manipulováno. Interval této manipulace není pravidelný. Bohužel, při otevření těchto uzávěr není monitorováno množství vody, které těmito uzly proteče, a tak zde vzniká jistá míra nejistot hodnot průtoků vstupujících do případných dalších výpočtů. Podrobný popis systému 1. tlakového pásma bude vysvětlen dále.

Díky tomuto předělení 1. tlakového pásma docílila společnosti BVK a.s. lepší kontroly nad většími poruchami (řádově desítky litrů za vteřinu), neboť takto velké poruchy se projeví na průtokoměrech měřících odběr vody z napájecích vodojemů, ovšem menší poruchy (řádově litry za vteřinu a méně) však stále zůstávají skryty za zdánlivě průměrný denní průtok.

Charakter zástavby pro celé 1. tlakové pásmo je velice rozmanitý, neboť zde můžeme najít sídliště s panelovými bytovými domy (například v Líšni, Vinohradech, Slatině, Komárově, apod.), administrativní komplexy v centru města, řadové domy a do jisté míry i rozptýlenou zástavbu. Dále se v 1. tlakovém pásmu nachází rozlehlé průmyslové areály v Zábrdovicích, Juliánově, Husovicích, Maloměřicích, Černošicích, Horních Heršpicích, Komárově, v okolí Brněnských Ivanovic a Tuřan. Dalšími významnými objekty či komplexy, které stojí za pozornost, jsou sportovní areály a letiště Tuřany. Nemůžeme tedy tvrdit, že 1. tlakové pásmo má jednotnou zástavbu, která nevykazuje výkyvy při odběrech vody z vodovodní sítě.

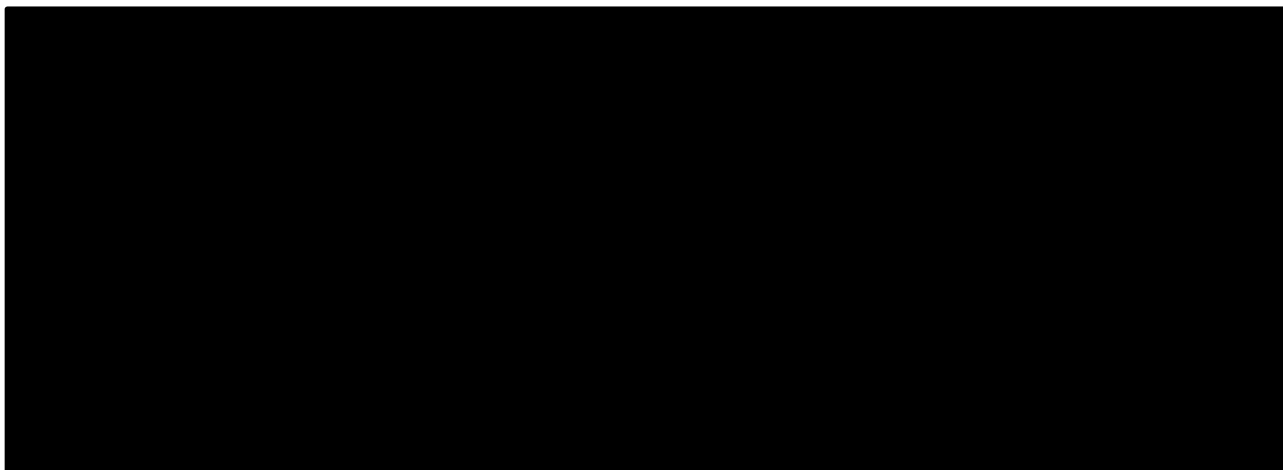
Ideálním stavem pro vytvoření měřicího okrsku je okružová síť, neboť zde nedochází ke stání vody v síti a nejednoznačnému měření množství vody vtečené nebo vytečené ze zájmového systému a zároveň je dodržena dodávka pitné vody

všem odběratelům. V takovém případě se zřídí na vtoku a odtoku z vybraného okrsku vodoměrná šachta, která se osadí měřicími zařízeními odečítajícími množství vody vtečené do měřicího okrsku a na druhém konci vytečené množství vody z měřicího okrsku. Finanční náročnost vybudování jedné vodoměrné šachty na síti je minimálně, dle informací zaměstnanců BVK a.s., 750 000 Kč. V některých případech však není možné dodržet veškeré podmínky pro vytvoření měřicího okrsku, pak je možné použít tzv. „měřicí kampaně“ ve kterých se využívají přenosná měřicí zařízení zvané Dataloggery v kombinaci s akustickými sběrači šumu.

Tyto přístroje se osadí na armaturu hydrantu nebo na vřeteno uzávěru a měření probíhá nepřetržitě v nastavených intervalech po zadaný časový úsek, přičemž nejkratší běžně využívané časové období je pátek až neděle, kdy v pátek odpoledne se zařízení osadí a v pondělí ráno se vyzvednou. Data jsou nepřetržitě zaznamenávána a posílána na centrální dispečink, kde je možné je v reálném čase kontrolovat.

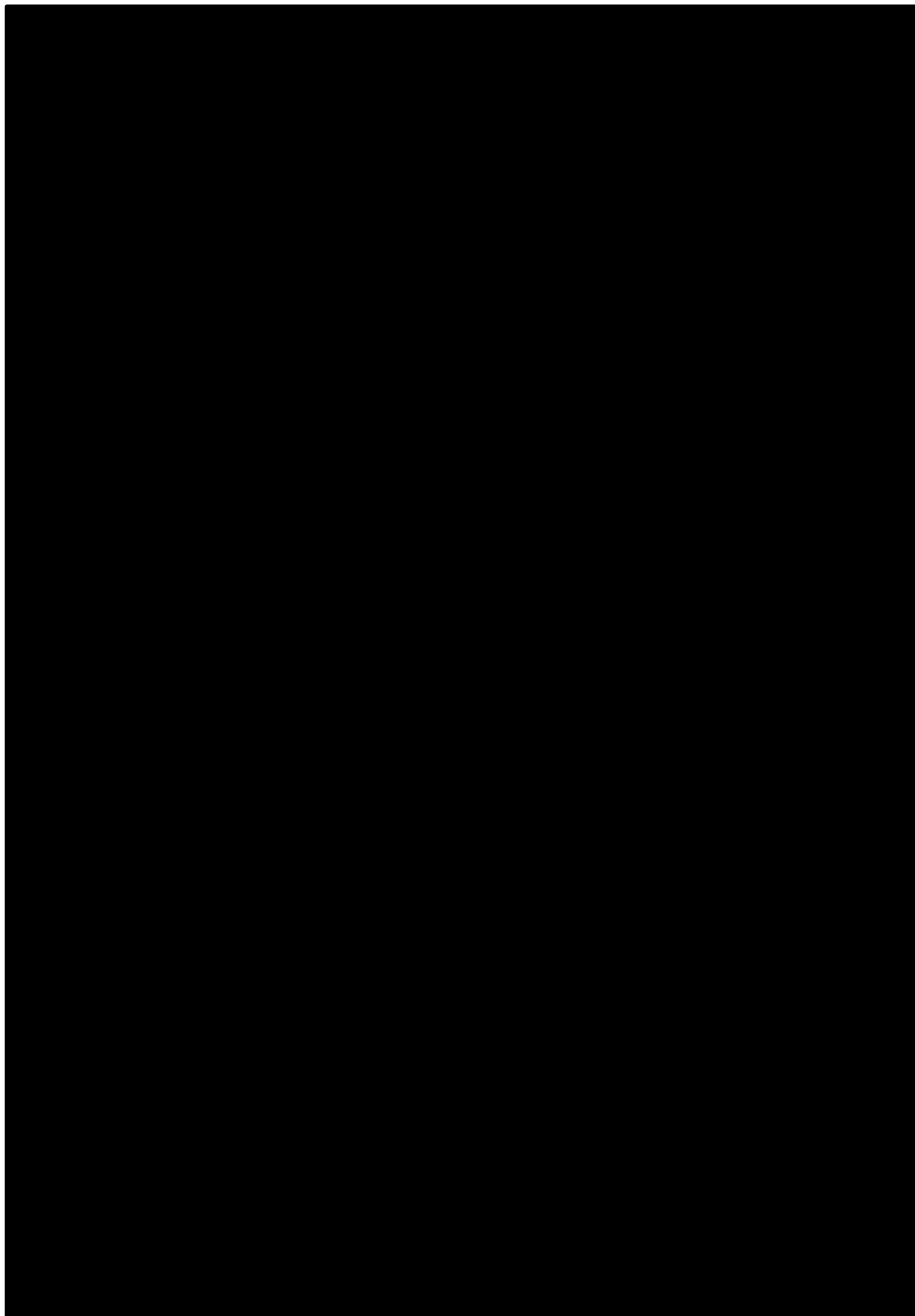
Druhým typem jsou zařízení se záznamem, kde se případná porucha na síti objeví až při vyhodnocení dat. Nevýhodou je však potřeba lidské pracovní síly, která zařízení osadí a následně vybere. Cena takového přenosného měřicího zařízení se pohybuje v rozmezí 35 000 – 100 000 Kč.

Oba tyto druhy záznamových a přenosových zařízení jsou schopné vyloučit nežádoucí hodnoty šumu a vyselektovat pouze rozmezí akustického šumu, které odpovídá průtoku vody v daném profilu a materiálu potrubí.



7.1 PRŮTOKOVÉ SCHÉMA 1. TLAKOVÉHO PÁSMÁ

Průtokové schéma 1. tlakového pásma v současné době není, podle informací pracovníků společnosti BVK a.s. zpracováno, nicméně, po několika konzultacích s pracovníky provozu vodovodní sítě, jsem vypracoval alespoň přibližné průtokové schéma 1. tlakového pásma pro přehlednější orientaci ve vodovodní síti této oblasti.



7.2 AKTIVNÍ VYHLEDÁVÁNÍ PORUCH

Dle slov pracovníků úseku diagnostiky vodovodní sítě je aktivní vyhledávání poruch realizováno tzv. preventivní kontrolou, kterou provádí pracovníci BVK a.s. pomocí akustických sběračů šumu. Tato kontrola ovšem neprobíhá pravidelně a po celé oblasti 1. tlakového pásma, ale pouze na vytipovaných místech a pouze při časové proluce zaměstnanců, kteří se starají o monitoring vodovodní sítě.

7.3 VÝPOČET PROVOZNÍCH UKAZATELŮ

7.3.1 Vstupní data a informace

Tab. 6 Hodnoty denních vtoků do 1. tl. Pásma [17]

VDJ Holé hory		VDJ Preslova	
Čas	Měřený odtok	Čas	Měřený odtok
	[m ³]		[m ³]
01.01.2015	7 505	01.01.2015	2 289,54
02.01.2015 6:00	9 321	02.01.2015	2 949,54
03.01.2015 6:00	8 965	03.01.2015	2 771,04
04.01.2015 6:00	9 663	04.01.2015	3 246,93
05.01.2015 6:00	10 310	05.01.2015	4 700,79
06.01.2015 6:00	10 200	06.01.2015	4 931,10
07.01.2015 6:00	10 190	07.01.2015	4 655,55
08.01.2015 6:00	10 245	08.01.2015	4 283,91
09.01.2015 6:00	10 009	09.01.2015	3 723,48
10.01.2015 6:00	9 282	10.01.2015	2 968,02
11.01.2015 6:00	9 541	11.01.2015	3 214,41
12.01.2015 6:00	10 542	12.01.2015	4 851,93
13.01.2015 6:00	10 576	13.01.2015	4 947,60
14.01.2015 6:00	10 596	14.01.2015	4 924,11
15.01.2015 6:00	10 657	15.01.2015	4 767,66
16.01.2015 6:00	10 225	16.01.2015	4 208,13
17.01.2015 6:00	9 206	17.01.2015	2 966,49
18.01.2015 6:00	9 502	18.01.2015	3 132,36
19.01.2015 6:00	6 252	19.01.2015	7 975,05
20.01.2015 6:00	10 252	20.01.2015	6 315,33
21.01.2015 6:00	10 727	21.01.2015	4 364,40
22.01.2015 6:00	10 647	22.01.2015	4 310,22
23.01.2015 6:00	10 360	23.01.2015	3 808,53
24.01.2015 6:00	9 447	24.01.2015	2 758,68
25.01.2015 6:00	9 558	25.01.2015	2 768,88
26.01.2015 6:00	10 686	26.01.2015	4 353,63
27.01.2015 6:00	10 516	27.01.2015	4 471,35

28.01.2015 6:00	10 567
29.01.2015 6:00	10 491
30.01.2015 6:00	8 879
31.01.2015 6:00	7 841
01.02.2015 6:00	8 247
02.02.2015 6:00	9 964
03.02.2015 6:00	9 668
04.02.2015 6:00	9 432
05.02.2015 6:00	9 291

28.01.2015	4 331,04
29.01.2015	4 115,88
30.01.2015	4 561,47
31.01.2015	4 247,55
01.02.2015	4 140,42
02.02.2015	5 577,75
03.02.2015	6 027,03
04.02.2015	6 195,96
05.02.2015	5 780,79

Společností BVK a.s. mi byla poskytnuta data o odebraném množství z vodojemu Holé hory a vodojemu Preslova. Jak je vidět patrné z tabulky číslo 6, tak mi byla poskytnuta data ve formě denního odběru měřeného vždy v 6:00 ráno a to od 1. 1. 2015 do 31. 12. 2015. Jediné, na co si bylo nutné dát pozor, byly právě první a poslední den v roce, kdy bylo nutné dopočítat hodnotu čistě za ten daný den. 1. 1. 2015 bylo tedy nutné odečíst hodnoty z předchozího dne tak, aby se jednalo o množství čistě v rozmezí od 00:00 do 06:00. U 31. 12. 2015 bylo naopak nutné dopočítat hodnotu a přičíst ji k měření v časovém horizontu od 06:00 do 24:00. Těmito úpravami a následným součtem všech 365 hodnot (ukázka viz. tab.7) jsem získal hodnotu ročního množství vody, které vteklo do 1. tlakového pásma z vodojemu Holé hory v m³.

Tab. 7 Ukázka sumarizace hodnot množství vody

VDJ Holé hory	
Čas	Měřený odtok
	[m ³]
17.12.2015 6:00	9 810
18.12.2015 6:00	9 475
19.12.2015 6:00	8 443
20.12.2015 6:00	8 604
21.12.2015 6:00	9 387
22.12.2015 6:00	9 366
23.12.2015 6:00	8 870
24.12.2015 6:00	7 399
25.12.2015 6:00	6 696
26.12.2015 6:00	7 113
27.12.2015 6:00	7 675
28.12.2015 6:00	8 282
29.12.2015 6:00	8 292
30.12.2015 6:00	8 227
31.12.2015	8 172
Σ=	3 346 969

VDJ Preslova	
Čas	Měřený odtok
	[m ³]
17.12.2015 6:00	8 222
18.12.2015 6:00	7 675
19.12.2015 6:00	6 094
20.12.2015 6:00	5 521
21.12.2015 6:00	6 642
22.12.2015 6:00	6 304
23.12.2015 6:00	5 517
24.12.2015 6:00	4 693
25.12.2015 6:00	4 422
26.12.2015 6:00	4 587
27.12.2015 6:00	5 131
28.12.2015 6:00	6 505
29.12.2015 6:00	5 994
30.12.2015 6:00	5 275
31.12.2015	5 015
Σ=	2 349 645

Tab. 8 Hodnoty okamžitého vtoku do sítě

VDJ Preslova	
Čas	Měřený odtok
	[l·s ⁻¹]
01.01.2015 0:00	21,5
01.01.2015 0:05	21,5
01.01.2015 0:10	19,2
01.01.2015 0:15	19,2
01.01.2015 0:20	19,2
01.01.2015 0:25	18,6
01.01.2015 0:30	18,6
01.01.2015 0:35	18,6
01.01.2015 0:40	19,6
01.01.2015 0:45	19,6
01.01.2015 0:50	20,3
01.01.2015 0:55	20,3
01.01.2015 1:00	20,3
01.01.2015 1:05	20,3
01.01.2015 1:10	20
01.01.2015 1:15	20
01.01.2015 1:20	20
01.01.2015 1:25	20
01.01.2015 1:30	20
01.01.2015 1:35	20
01.01.2015 1:40	21,5
01.01.2015 1:45	21,5
01.01.2015 1:50	21,5
01.01.2015 1:55	20,3
01.01.2015 2:00	20,3
01.01.2015 2:05	20,3
01.01.2015 2:10	16,7
01.01.2015 2:15	16,7
01.01.2015 2:20	16,7
01.01.2015 2:25	16
01.01.2015 2:30	16
01.01.2015 2:35	16
01.01.2015 2:40	19,3
01.01.2015 2:45	19,3
01.01.2015 2:50	19,3
01.01.2015 2:55	19,3
01.01.2015 3:00	19,3

U vodojemu Preslova nastal v období od 1. 1. 2015 do 18. 7. 2015 výpadek při měření denních hodnot množství hodnot vtečených do 1. tlakového pásma. Bylo tedy nutné tyto hodnoty dopočítat z okamžitých neměřených průtoků v $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$ (viz. tab.8). Tyto průtoky byly pravidelně zaznamenávány po pěti minutách v průběhu celého dne. Zde je nutné si uvědomit, že prostým součtem všech naměřených hodnot v průběhu jednoho dne, nezískám denní hodnotu nýbrž hodnotu za určitý počet časových jednotek. Je tedy nutné tuto hodnotu přepočítat na průměrný denní průtok v $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$ a následně provést přepočet na m^3 . Tento přepočet uvádím v tabulce číslo 9. Následně bylo nutné ještě upravit naměřenou hodnotu ve dni 31. 12. 2015 stejně jako jsem tak provedl u hodnot z vodojemu Holé hory. Až po těchto operacích jsem mohl hodnoty denních vtoků do 1. tlakového pásma z vodojemu Preslova sečíst a získat tak celkové roční množství vody v m^3 pro další výpočet.

Tab. 9 Ukázka výpočtu denního vtoku do 1. tlakového pásma z VDJ Preslova

VDJ Preslova	
Čas	Měřený odtok
	$[\text{l}\cdot\text{s}^{-1}]$
01.01.2015 23:00	31,70
01.01.2015 23:05	31,70
01.01.2015 23:10	27,00
01.01.2015 23:15	27,00
01.01.2015 23:20	27,00
01.01.2015 23:25	19,30
01.01.2015 23:30	19,30
01.01.2015 23:35	22,10
01.01.2015 23:40	23,60
01.01.2015 23:45	23,60
01.01.2015 23:50	23,60
01.01.2015 23:55	23,60

Výpočet denního množství		
průměr	$[\text{l}\cdot\text{s}^{-1}]$	$[\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}]$
7631,80	26,50	2289,54

Další data, která mi byla poskytnuta, jsou hodnoty vypsané v tabulce číslo 10. Jedná se o další roční množství vody vtečené do 1. tlakového pásma přes Nový Lískovec. V roce 2015 byl z technických důvodů otevřen propoj s pracovním názvem Nový Lískovec DN 600 z důvodu dřívějšího stání vody v této větvi. Zde byla nastavena pevná hodnota průtoků $4 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$, aby se zamezilo stání vody a tedy její znehodnocení a případné kontaminaci. Kontaminaci pitné vody ve vodovodní

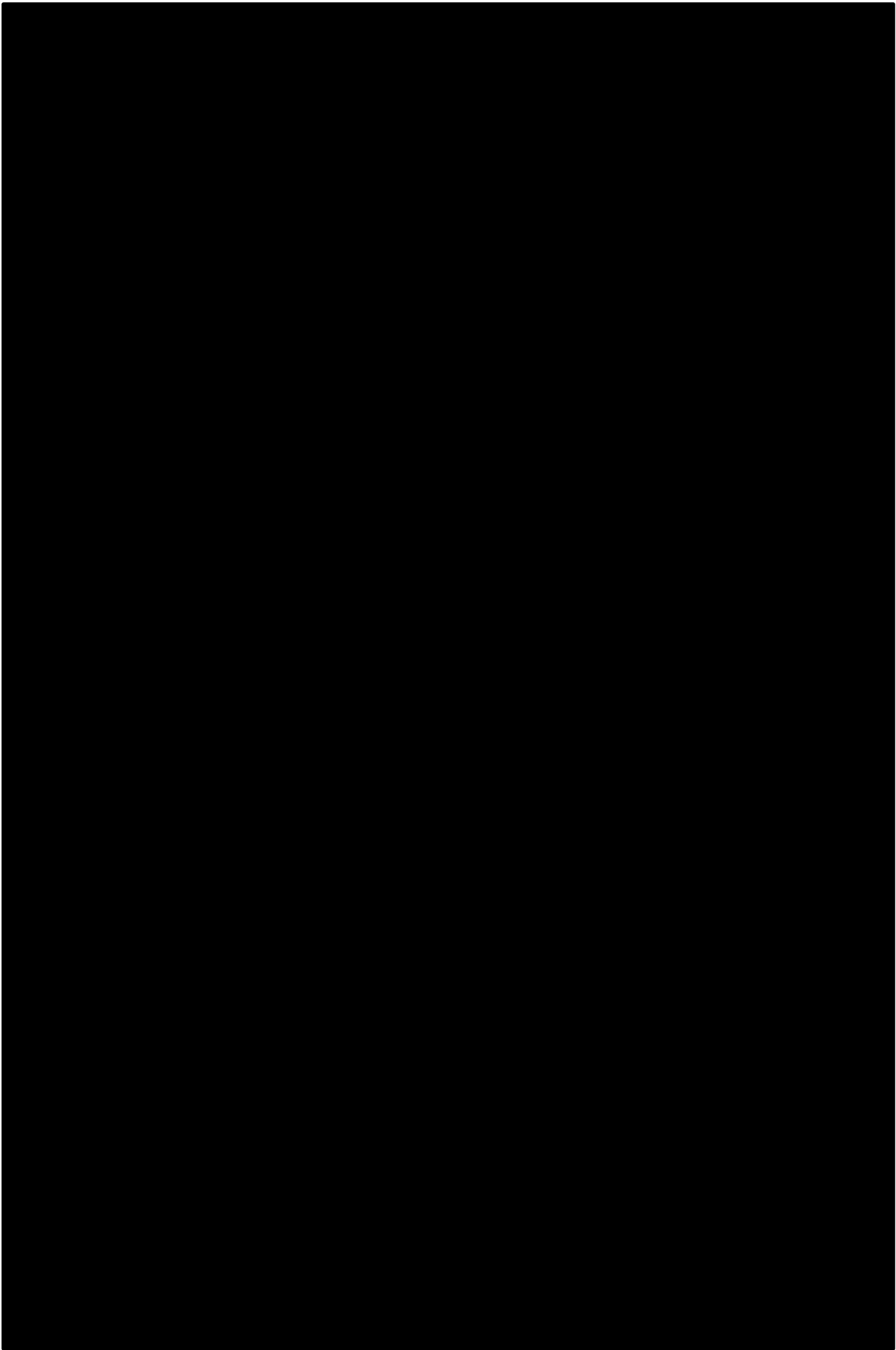
síti způsobí především znečištění, které se dostalo do vzosu při změně proudění ve slepém rameni vodovodní sítě.

V tabulce číslo 10 jsou rovněž vypsané roční hodnoty odtoků z 1. tlakového pásma, které jsou společností BVK a.s. měřeny a evidovány. Jedná se o odtoky přes měřicí uzly Kaštanová, Žabovřeská, Pionýrská a dalším odtokem je trvalý průtok do automatické tlakové stanice Libušina třída.

Tab. 10 Měřené hodnoty vtoků a odtoků z 1. tlakového pásma

Přítoky do 1. tlakového pásma		
Přítok Nový Lískovec (Q_3)	465 828	m ³
Přítok Nový Lískovec DN 600(Q_4)	131 188	m ³
Odtoky z 1. tlakového pásma		
Odtok Kaštanová (O_1)	467 385	m ³
Odtok Žabovřeská (O_2)	417 252	m ³
Odtok Pionýrská (O_3)	244 810	m ³
Odtok ATS Libušina třída (O_4)	7 108	m ³

Jako poslední hodnotu mi bylo panem Kalivodou poskytnuto množství vody fakturované celkem (VFC) pro rok 2015. Zde jsem se tázal, zda je fakturované období shodné se začátkem, respektive koncem roku, tedy od 1. 1. 2015 do 31. 12. 2015. Podle slov pracovníků společnosti BVK a.s. je fakturované období shodné s kalendářním rokem. Zároveň jsem se ptal, zda je v této hodnotě zahrnuta jak hodnota vody fakturované domácnostem (VFD) a hodnota vody fakturované ostatním odběratelům (VFOO). V hodnotě vody fakturované ostatním odběratelům jsou zahrnuty odběry od významných velkoodběratelů. Zde mi bylo řečeno pověřeným pracovníkem provozu diagnostiky vodovodní sítě, že je to celková hodnota fakturace včetně velkoodběratelů. Vyčíslení hodnoty fakturace čistě pro významné velkoodběratele, by byl časově velmi náročný problém, do kterého by se muselo zapojit i zákaznické oddělení, proto tuto hodnotu nemám k dispozici.



7.5 DOPORUČENÍ

Po pečlivém uvážení jsem dospěl k závěru, že 1. tlakové pásmo dělit na měřicí okrsy není ekonomicky výhodné a prakticky téměř neproveditelné, neboť případná finanční úspora by byla spektakulární vzhledem k výši vynaložených nákladů na výstavbu a provozování vodoměrných šachet. Dále je to skutečnost, že v některých místech by došlo k vytvoření slepých konců a bylo by tedy potřeba složitě provozně přepojovat vodovodní systém a ve spoustě míst tak měnit smysl proudění vody, což by mohlo mít za následek dlouhodobé problémy s kvalitou pitné vody. Při manipulaci s uzavíracími armaturami by bylo nutné sít proplachovat při každé případné poruše, u které by bylo třeba provést změnu trasy dodávky pitné vody ve smyslu uzavření uzavíracích armatur. Takovými opatřeními by výrazně stouplо množství vody používané pro vlastní potřebu, které není nikomu fakturováno, což by mělo za následek zvýšení finanční ztráty.

Nemalé potíže by rovněž působilo případné otevření uzavíracích armatur, které dělí tlakové pásmo na dvě části (východní a západní část), neboť díky rozdílným kótám nátoků z obou hlavních vodojemů by docházelo ke kolizi tlaků v síti, a v nejhorším případě by došlo k vytlačení vody do vodojemu Holé Hory. Přítok do tohoto vodojemu zajišťuje I. březovský přivaděč (viz kapitola 8.1), který nelze uzavřít, protože z Březovských prameništů voda proudí kontinuálně, a je tedy třeba zajistit její kontinuální odběr.

V případě dalšího plánovaného urbanistického rozvoje města by mohlo docházet ke kolizím s vybudovanými vodoměrnými šachtami a následné řešení vzniklých problémů by znamenalo další finanční výdaje.

Rozdělení 1. tlakového pásma na východní a západní část, můžeme do jisté míry brát i jako rozdělení na další dva potencionální měřící okrsky v 1. tlakovém pásmu, kdy každý z nich má svůj napájecí bod (Východní část VDJ Preslova a západní část VDJ Holé Hory). Problém pak ale vzniká v místech, kde je z těchto lokalit voda předávána do dalších lokalit bez měření předaného množství. Tento problém by vyřešilo vytvoření dálkově přenášených průtokoměrů a uzavření některých armatur, které tvoří hranici mezi jednotlivými tlakovými pásmy. Zde však vyvstává další problém, kterým je funkčnost těchto uzávěr, neboť dle slov pracovníků provozu vodovodní sítě většina uzávěr v 1. tlakovém pásmu jsou roku výroby okolo roku 1900 a jejich funkčnost není pravidelně kontrolována.

Po diskuzích a celkovém zhodnocení situace navrhuji vytvoření měřícího okrsku v městské části Husovice, kde navrhuji dvě vodoměrné šachty pro osazení průtokoměrů s dálkovým přenosem. Tento měřící okrsek podrobněji rozeberu v další kapitole. Rovněž dále nastíním cenovou náročnost vybudování jedné vodoměrné šachty z dostupných podkladů.

Druhým mým doporučením je výměna zastaralých průtokoměrů měřících odběry vody z vodojemů Holé Hory a Preslova. Tímto provozním opatřením získáme přesnější hodnoty množství vody dodané do 1. tlakového pásma.

Čtvrtým možným zlepšením provozu je pokračovat v aktivním vyhledávání poruch a zintenzivnit měřící kampaně, kterými získáme lepší přehled o poměrech ve vodovodní síti 1. tlakového pásma. Toto provozní řešení je časově i ekonomicky nejvýhodnější, jelikož nevyžaduje vybudování vodoměrných šachet a společnost BVK a.s. již disponuje zařízeními, kterými se tyto činnosti provádí. Nevýhodou představuje potřeba pracovní jednotky, která by pravidelně objížděla 1. tlakové pásmo a osazovala/sbírala záznamová zařízení.

Posledním doporučením je záznam a pravidelné zpracování naměřených dat, které do budoucna poslouží k lepší orientaci a lepšímu provozu vodovodní sítě. Z takto zpracovaných dat bychom byli schopni dále výpočtem získat relevantní hodnoty provozních ukazatelů a na jejich základě navrhopat provozní opatření vedoucí k ekonomičtějšímu provozu 1. tlakového pásma.

7.6 NÁVRH VODOMĚRNÉ ŠACHTY

Pro přesnější kalkulaci případných investičních nákladů při tvorbě měřicího okrsku jsem nechal zpracovat stavební společností Stavitelství Krepčík – Guhl hrubý rozpočet na vybudování monolitické železobetonové vodoměrné šachty o rozměrech 2x2.5x3 metry (výška/šířka/délka). Jako hlavní parametr jsem zadal, že se vodoměrná šachta nachází v komunikaci a v poměrně hustě zasíťovaném území. Rozpočet je sestavený čistě pro stavební práce, samotné vystrojení šachty závisí na dimenzi potrubí, na kterém by měla být šachta osazena. Já zde pouze orientačně uvedu ceny průtokoměrů a dataloggerů používaných společností BVK a.s. pro řady DN 100. Další náklady tvoří tvorba projektové dokumentace a s ní spjaté náležitosti.



Obr. 15 Průtokoměr SENSUS MeiStream DX [17]

Společnost BVK a.s. v současné době používá průtokoměry SENSUS MeiStream s impulzním výstupem pro dálkový přenos od společnosti Kapka spol s.r.o., jejichž cena je dle slov pana Kalivody přibližně 35 000 Kč a to včetně

veškerého potřebného příslušenství a DPH. Pro dálkový přenos a ukládání naměřených hodnot používá společnost BVK a.s. datalogger Sebalog DX, což je GSM Data logger s rádiovým přenosem, jehož cena je opět přibližně 35 000 Kč včetně příslušenství a DPH. Tyto datalogger dodává do České republiky společnost Megger CZ s.r.o.



Obr. 16 Datalogger Sebalog DX [17]

Při sečtení všech uvedených cen a započtení zbylých odhadovaných nákladů se při své modelové kalkulaci dostávám na finální částku přibližně 650 000 Kč za jednu vodoměrnou šachtu. Dostal jsem se tedy téměř k částce, kterou mi poskytnuli pracovníci BVK a.s. z interního systému společnosti. Samozřejmě, že při oslovení několika společností nedostanu dva stejné rozpočty, nicméně pro lepší představu o finanční náročnosti vybudování jedné vodoměrné šachty je moje kalkulace postačující. Rozpočet je uveden na následující stránce.

Rozpočet - ŽB vodoměrná šachta

Odkopávky a prokopávky	42 502,00 Kč
Vodorovné přemístění do 500 m	2 895,91 Kč
Nakládání výkopku	1 332,24 Kč
Drcené kamenivo 16/32	4 536,02 Kč
Celkem zemní práce	51 266,17 Kč
Stěny z ŽB C30/37	75 680,00 Kč
Bednění opěrných stěn – zřízení a odstranění	49 529,23 Kč
Výztuž stěn - ocel betonářská	125 297,00 Kč
Kónus 1000/625x600 + poklop silniční	4 365,56 Kč
Asfaltový povrch vozovky	3 689,00 Kč
Zednické práce	36 400,00 Kč
Přesun hmot	27 550,00 Kč
Celkem konstrukce šachty	322 510,79 Kč
Celkem bez DPH	373 776,96 Kč
DPH 21%	78 493,17 Kč
Celkem s DPH	452 270,00 Kč

Stavatelství Krepčík – Guhl
Lučice 226, 582 35 Lučice
IČ: 60131462, DIČ: CZ6706220092
Vyřizuje: Jiří Krepčík

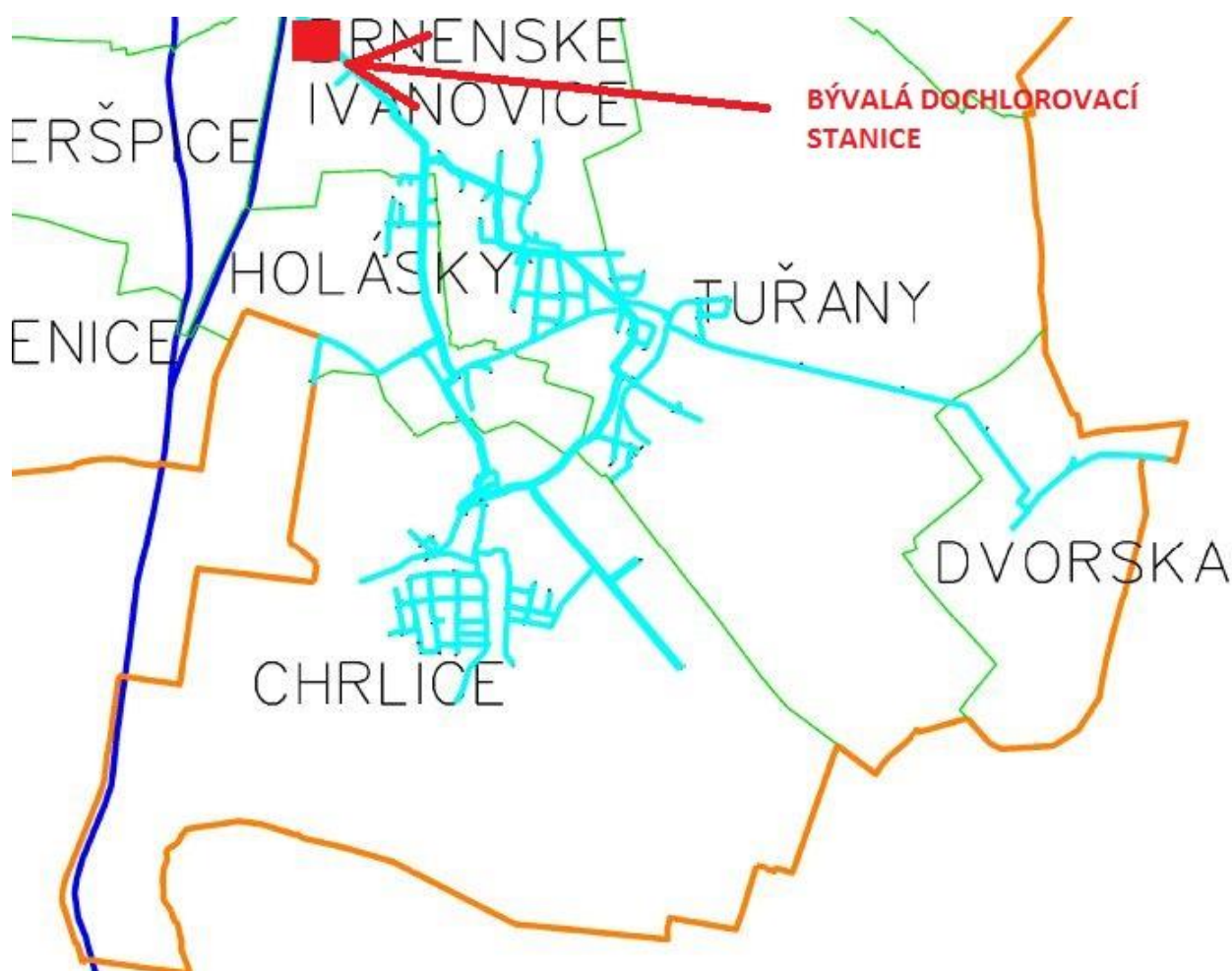
Stavatelství Krepčík - Guhl
Lučice 226, 582 35 Lučice
IČ: 60131462
DIČ: CZ6706220092 ③



Obr. 17 Hrubý rozpočet stavebních prací [18]

7.7 MĚŘÍCÍ OKRSEK BRNĚNSKÉ IVANOVICE

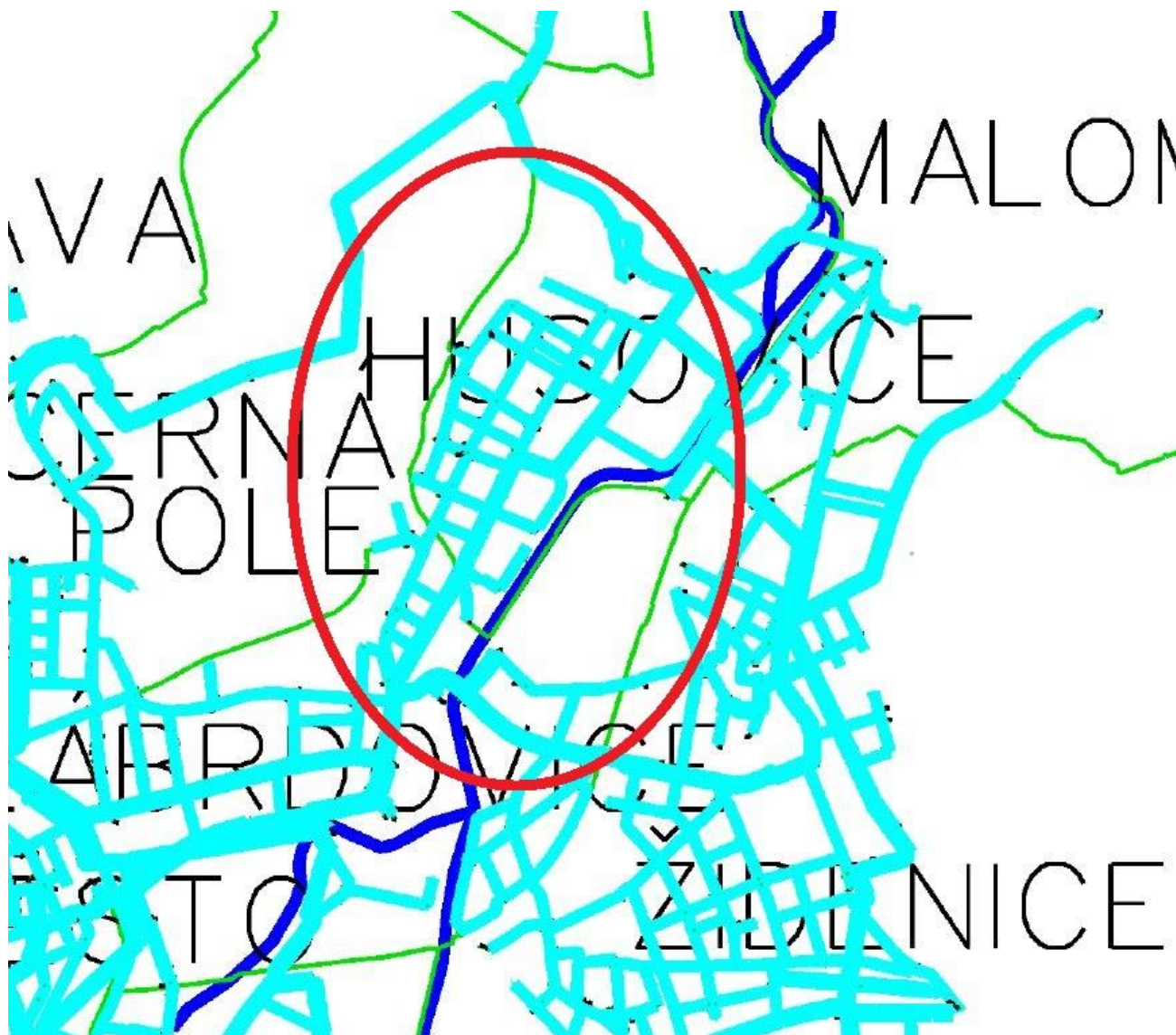
V 1. tlakovém pásmu již měřící okrsek existuje, konkrétně se jedná o část Brněnské Ivanovice, kde byla bývalá dochlorovací stanice přebudována na vodoměrný objekt. Díky vytvoření tohoto měřícího okrsku na 1. tlakovém pásmu došlo ke zlepšení hodnot ztrát na celém pásmu a také ke zlepšení provozu pásma. Brněnské Ivanovice patří svým charakterem zástavby k typické okrajové části Brna. Zástavbu tvoří z největší části řadové rodinné domy. Větší průmyslové objekty a celé průmyslové zóny jsou z měření odběrů vody ze sítě vyloučeny a jsou zahrnuty do skupiny významných velkoodběratelů, mají tedy vlastní měření.



Obr. 18 Měřící okrsek Brněnské Ivanovice [17]

7.8 MĚŘÍCÍ OKRSEK HUSOVICE

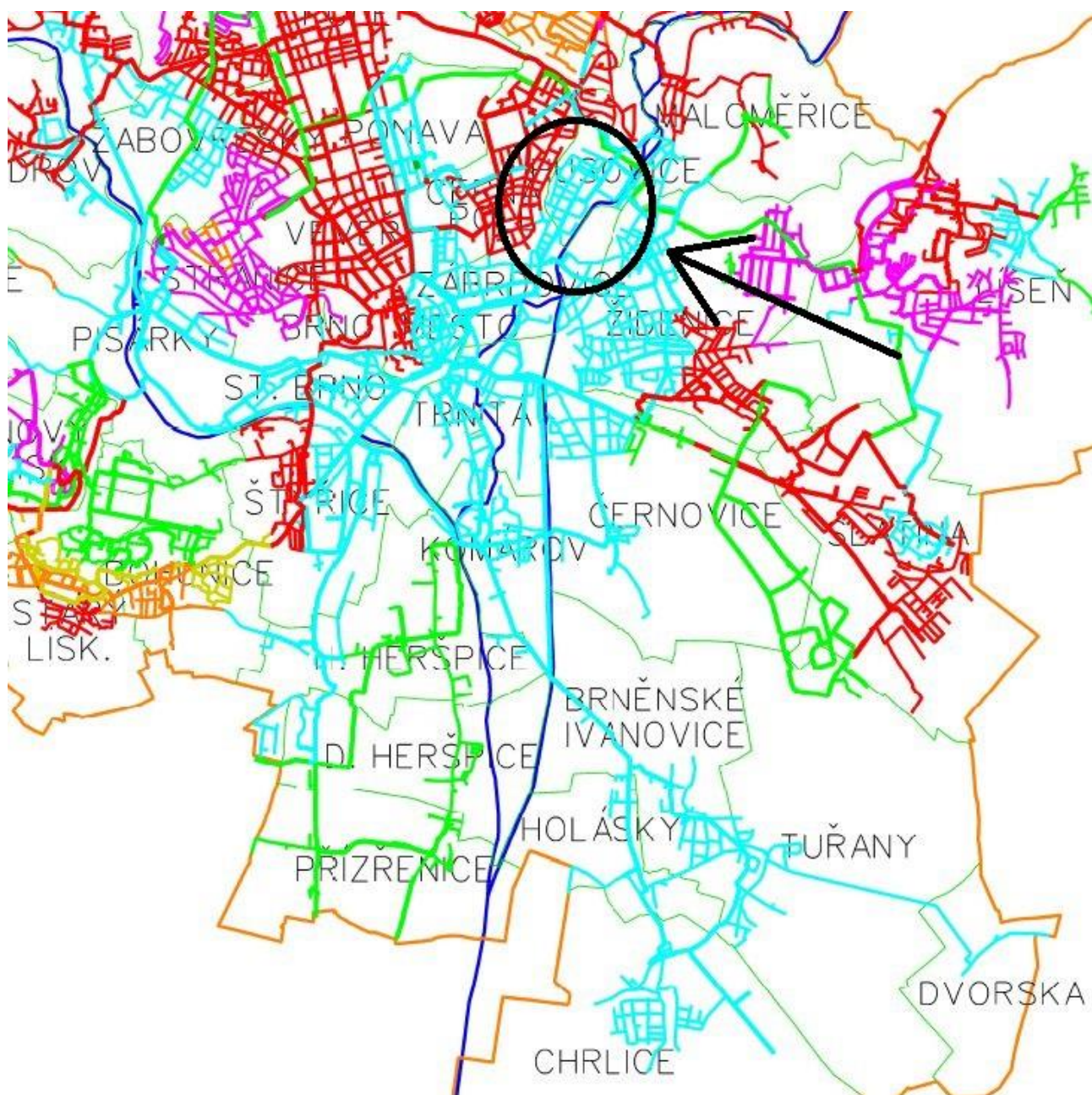
V úvahu připadá vytvoření měřicího okrsku brněnské části Husovice. Tato městská část se nachází severozápadně od centra města. Zde by došlo k vybudování vodoměrné šachty a případnému uzavření několika uzavíracích armatur, které oddělují Husovice od dalších částí vodovodní sítě. Vznikl by tak měřící okrssek o velikosti přibližně 0,8 km², který by splňoval veškerá doporučená kritéria pro vytvoření měřicího okrsku (viz kapitola 7.11).



Obr. 19 Měřící okrssek Husovice [17]

Zástavbu uvažovaného měřicího okrsku Husovice můžeme prohlásit za tvořenou převážně řadovými domy. Průmyslové objekty nacházející se v Husovicích mají vlastní přívaděcí řad, který je oddělený od přívaděcího řadu,

zásobujícího obytnou část této brněnské části. Navíc průmyslové objekty jsou v systému BVK a.s. vedeny jako významní velkoodběratelé, a tedy množství vody odebrané takovými odběrateli ze sítě je poměrně přesně a pravidelně měřeno. Husovice jsou vhodné pro vytvoření měřicího okrsku z toho důvodu, že mají jeden hlavní vtokový uzel a jeden hlavní výtokový uzel. Při hranici 1. tlakového pásma, která prochází i Husovicemi se dříve nacházelo několik větví vodovodní sítě, které byly spojeny s přilehlými tlakovými pásmy, nicméně, dle slov pověřených osob ze společnosti BVK a.s., jsou tyto větve v současné době trvale uzavřeny, nebo úplně odstraněny.



Obr. 20 Umístění Husovic ve vodovodní síti města Brna [17]

Ve dvou samostatných přílohách, které jsou součástí této diplomové práce, navrhuji umístění vodoměrných šachet na vtoku do měřicího okrsku a na výtoku z něho. Jedná se pouze o studii, případné konkrétní technické a ekonomické řešení by bylo předmětem projektové dokumentace.

8. ZÁVĚR

Problém ekonomického provozu 1. tlakového pásma města Brna je v současné době jedním z hlavních problémů provozovatele vodovodní sítě ve městě Brně, společnosti BVK a.s. Ve své diplomové práci jsem popsal systém zásobování města Brna pitnou vodou, zhodnotil aktuální stav celé vodovodní sítě i 1. tlakového pásma a navrhl možná řešení pro snížení ztrát vody na tomto tlakovém pásmu, a tedy s tím spjatým ekonomičtějším provozem. Nicméně z výsledků, které jsem získal, je jasné, že tento problém je nad rámec zpracování diplomové práce a vyžaduje mnohem podrobnější a hlavně časově náročnější výzkum.

Z dat poskytnutých pověřenými pracovníky společnosti BVK a.s. jsem provedl základní výpočet vody nefakturované celkem (VNF), která byla ovšem zatížena vysokou mírou nejistoty v podobě nekompletních vstupních informací. Tímto výpočtem jsem dokázal, že je třeba, aby se tomuto problému společnost BVK a.s. intenzivně věnovala.

V posledním kroku jsem navrhl možný měřicí okrsek v brněnské části Husovice. Tato zásobovaná oblast splňuje zásady pro vytvoření měřicího okrsku a je tedy možné tento měřicí okrsek vybudovat. Rovněž jsem přiložil i studii případné cenové náročnosti pro vybudování jedné vodoměrné šachty.

9. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] KONEČNÝ, PAVEL. *Vyhodnocení ztrát vody pro vybraná tlaková pásma města Brna*. Brno, 2014. 63 s., 63 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
- [2] VESELÁ, RENATA. Vývoj ztrát vody a jejich hodnocení v ČR. *Sborník referátů JUNIORSTAV 2008*. 2008. Dostupné z:
http://www.fce.vutbr.cz/veda/juniorstav2008_sekce/pdf/3/Vesela_Renata_CL.pdf
- [3] KLEMENT, JAN. *Potřeba a spotřeba vody v malých spotřebištích*. Brno, 2015. 41 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.
- [4] TUHOVČÁK, L a kol.: *Vodárenství. Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia*, Brno 2006.
- [5] VODOVOD. *INFO: Vodárenský informační portál* [online]. 2013. [cit.2015-05-14]. ISSN 1804-7157. Dostupné z:
<http://prihlaska.vodovod.info/index.php/tabulky/217-potreba-vody-koeficienty-nerovnomernosti#.VVTqA5M2UwF>
- [6] VODOVOD. *INFO: Vodárenský informační portál* [online]. 2013. [cit. 2015-05-14]. ISSN 1804-7157. Dostupné z:
<http://www.vodovod.info/index.php/zakony-a-vyhlasky/218-historicky-dokument-smernice-c-9-1973-vypocet-potreby-vody#.VVTpY5M2UwH>
- [7] MIKEŠ, Jan. *Potřeba a spotřeba pitné vody: bakalářská práce*. Brno, 2008. 75 s. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí bakalářské práce Ing. Tomáš Kučera, Ph.D.
- [8] *Ročenka 2015: Sdružení oborů vodovodů a kanalizací ČR*. 2015. Čs. armády 488, 254 01 Jílové u Prahy: nakladatelství a vydavatelství Silva s.r.o.
- [9] *Technické prostředky pro lokalizaci skrytých úniků* [online]. Ústav vodního hospodářství obcí Fakulta stavební, VUT v Brně, 2015 [cit. 2016-02-02]. Dostupné z:
http://water.fce.vutbr.cz/images/attachments/article/76/Prednaska_2.pdf. Přednáška. VUT v Brně, Fakulta stavební. Vedoucí práce Doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.

- [10] HAŠKA, Ing. Ladislav. *Monitoring provozu vodovodní sítě na brněnském vodovodním systému* [online]., 6 [cit. 2016-02-02]. Dostupné z: <http://www.smv.cz/res/data/014/001713.pdf?seek=1>
- [11] TUHOVČÁK, Ladislav a Jaroslav RACLAVSKÝ. *Rekonstrukce vodohospodářských sítí*. Brno, 2006.
- [12] FANTOZZI, Marco a Allan LAMBERT. Legitimate Night Use component of Minimum Night Flows Initiative. In: *Water Loss 2010, Brazil* [online]. [cit. 2016-11-24]. Dostupné z: <http://www.acquacon.com.br/waterloss2010/presentations/day9/08h30fantozzidia09sala2.pdf>
- [13] Vodarenstvi.cz. [online]. [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://www.vodarenstvi.cz/clanky/vodarenstvi-v-reci-paragrafu>
- [14] ČIHÁKOVÁ, Iva. Vykazování ztrát vody-srovnávání provozatelů, organizací, společenství. Časopis SOVAK. roč. 2004, č. 4.
- [15] HAVLÍK, Vladimír. Možnosti využití technicko-provozních ukazatelů k posuzování ztrát vody ve vodovodních sítích. Časopis SOVAK. roč. 2004, č. 4.
- [16] PYTL, Vladimír. Statistické údaje vodovodů a kanalizací v ČR za roky 1990 – 2014. Časopis SOVAK. roč. 2015, č. 9.
- [17] Brněnské vodárny a kanalizace a.s., Pisárecká 555/1a, Pisárky, 603 00 Brno
- [18] KREPČÍK, GUHL. *Stavitelství Krepčík-Guhl*. Hrubý rozpočet stavebních prací. Brno 2016
- [19] TUHOVČÁK, Ladislav. Vybrané statě z vodárenství. *Přednáška č.1 Ztráty vody*. Brno 2016

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Koeficienty dle směrnice č.9/1973 [5]	12
Tab. 2 Koeficienty empiricky stanovené [5]	13
Tab. 3 Teoreticky nevyhnutelné ztráty [$l/přípojka \cdot den^{-1}$] [20]	23
Tab. 4 Varianta hodnocení vodovodních sítí na základě ILI indexu [20]	23
Tab. 5 Přehledná tabulka vývoje ztrát vody v Brně [17]	45
Tab. 6 Hodnoty denních vtoků do 1. tl. Pásma [17]	54
Tab. 7 Ukázka sumarizace hodnot množství vody	55
Tab. 8 Hodnoty okamžitého vtoku do sítě	56
Tab. 9 Ukázka výpočtu denního vtoku do 1. tlakového pásma z VDJ Preslova	57
Tab. 10 Měřené hodnoty vtoků a odtoků z 1. tlakového pásma	58
Tab. 11 Hodnota VFC	58
Tab. 12 Výpočet VVR	59
Tab. 13 Výpočet VNF	59

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Schéma složek bilanční metody hodnocení ztrát vody [20]	17
Obr. 2 Závislost K_i na DN potrubí [20]	20
Obr. 3 Graf ekonomické náročnosti snižování ztrát [19]	28
Obr. 4 Vodné stočné 2000 – 2012 [1]	30
Obr. 5 Obyvatelé zásobovaní vodou 2000 – 2014 [16]	31
Obr. 6 Přehled VFC v období 2000 – 2014 [16]	31
Obr. 7 Přehled VNF v období 2000 – 2012 [1]	32
Obr. 8 Souhrnné informace [16]	32
Obr. 9 Mapa města Brna s vyznačeným 1. tlakovým pásmem [17]	34
Obr. 10 Mapa tlakových pásem města Brna [17]	36
Obr. 11 Záznam měření průtoku při výskytu poruchy [1]	44
Obr. 12 Graficky znázorněný časový průběh ztrát v Brně [17]	46
Obr. 13 Průtokové schéma	51
Obr. 14 Pásmová šoupata 1. tlakového pásma [17]	53
Obr. 15 Průtokoměr SENSUS MeiStream DX [17]	62
Obr. 16 Datalogger Sebalog DX [17]	63
Obr. 17 Hrubý rozpočet stavebních prací [18]	64
Obr. 18 Měřicí okrsek Brněnské Ivanovice [17]	65
Obr. 19 Měřicí okrsek Husovice [17]	66
Obr. 20 Umístění Husovic ve vodovodní síti města Brna [17]	67

SEZNAM ROVNIC

Rovnice 1	9
Rovnice 2	9
Rovnice 3	9
Rovnice 4	9
Rovnice 5	10
Rovnice 6	14
Rovnice 7	15
Rovnice 8	15
Rovnice 9	16
Rovnice 10	18
Rovnice 11	19
Rovnice 12	19
Rovnice 13	19
Rovnice 14	21
Rovnice 15	21
Rovnice 16	21
Rovnice 17	22
Rovnice 18	24
Rovnice 19	25
Rovnice 20	26
Rovnice 21	26

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

q_{sp} – specifická potřeba vody

$Q_{pož}$ – potřeba požární vody

Q_p – průměrná denní potřeba vody

Q_m – maximální denní potřeba vody

Q_h – maximální hodinová potřeba vody

PRVKÚK – plán rozvoje vodovodů a kanalizací na území kraje

VVO – potřeba vody pro významné ostatní odběratele

JUVNF – jednotkový únik vody nefakturované

ZO – počet obyvatel zásobovaných z veřejného vodovodu

VVR – voda vyrobená k realizaci (voda dodaná do vodovodní sítě)

VFC – voda fakturovaná celkem

VFD – voda fakturovaná obyvatelstvu

VFOO – voda fakturovaná ostatním odběratelům (průmysl, zemědělství)

VNF – voda nefakturovaná

ZV – ztráty vody

VS – voda použitá pro vlastní spotřebu

SPVVR – specifická spotřeba vody vyrobené k realizaci

SPVFC – specifická spotřeba vody fakturované celkem

SPVFD – specifická spotřeba vody fakturované obyvatelům

SPVFOO – specifická spotřeba vody fakturované ostatním odběratelům

SPVNF – specifická spotřeba vody nefakturované

Součinitel denní nerovnoměrnosti - k_d

Součinitel hodinové nerovnoměrnosti - k_h

Specifická spotřeba vody – **SPV**

Průměrná denní potřeba/spotřeba pitné vody - Q_p

Maximální denní potřeba/spotřeba pitné vody - Q_m

Maximální denní potřeba/spotřeba pitné vody - Q_h

ZS – skutečné ztráty

ZZ – zdánlivé ztráty

SMVNF – specifické množství vody nefakturované

%VNF – procento vody nefakturované

L_{přep} – přepočtená délka sítě

Li – skutečná délka sítě jednotného DN

Ki – koeficient pro přepočet délky řadů

K_{příp} – koeficient pro přepočet délky přípojek

VNFP – voda nefakturovaná na přípojku

PP – počet přípojek

OVNF – ostatní voda nefakturovaná

H – celkový počet poruch na síti

L_{skut} – skutečná délka sítě

ILI – infrastructure leakage index (index ztráty infrastruktury)

TNZ – teoreticky nevyhnutelné ztráty vody

EIZ – ekonomický index ztrát

EI – ekonomický index

IZ – index ztrát

VOV – Vírský oblastní vodovod

VDJ – vodojem

ATS – automatická tlaková stanice

BVK a.s. – Brněnské vodovody a kanalizace a.s.

SUMMARY

The problem of economic operation of the first pressure zone of Brno is currently one of the main problems of water supply network operator in Brno, the company BVK Inc. In my thesis, I described the supply system of Brno drinking water, evaluate the current status of the water network and the first pressure zone and suggested possible solutions to reduce the loss of water pressure in this zone, and thus affiliated with economical operation. However, from the results that I got, it is clear that this problem is beyond the diploma work and requires much more detailed and most time-consuming research.

From the data provided by authorized personnel of the company BVK Inc. I performed the basic calculation of total water invoiced (VNF), which was, however, burdened by high levels of uncertainty in the form of incomplete input information. This calculation I proved that it is necessary to address this problem by BVK Inc. intensively.

In the last step, I suggested a possible measurement of the district in Brno Husovice. The area supplied meets the principles for developing measurement precinct and it is possible that measuring precinct build. I have also enclosed a study of possible price performance for the construction of a water meter pit.