

VYŠŠÍ ODBORNÁ ŠKOLA, STŘEDNÍ ŠKOLA,
CENTRUM ODBORNÉ PŘÍPRAVY



ABSOLVENTSKÁ PRÁCE

Návrh a realizace systému stanic pro měření
průtoků a ztrát na vodovodní síti v Bechyni

Sezimovo Ústí, 2022

Autor: Jan Dvořák



ZADÁNÍ ABSOLVENTSKÉ PRÁCE

Student: **Jan Dvořák**
Obor studia: 26-41-N/01 Elektrotechnika – mechatronické systémy
Název práce: **Návrh a realizace systému stanic pro měření průtoků a ztrát na vodovodní síti v Bechyni**
Anglický název práce: **Design and implementation of a system of stations for measuring flows and losses on the water supply network in Bechyně**

Zásady pro vypracování:

1. Popište problematiku ztrát na vodovodním potrubí v části města Bechyně, kde je velký rozdíl mezi množstvím vody dodané a množstvím vody fakturované odběratelům.
2. Pro tuto část města navrhnete soustavu telemetrických stanic pro měření průtoků, tlaku a ztrát od firmy Fiedler. Osadíte stanice do vodoměrných šachet a nastavíte parametry stanic pomocí programu MOST.
3. Nastavíte vizualizaci naměřených dat z telemetrických stanic na serveru datahosting firmy Fiedler.
4. Popište funkci soustavy telemetrických stanic jako celku.
5. Absolventskou práci vypracujete problémově ve struktuře odpovídající vědecké práci.


Doporučená literatura:

- [1] NOVÁKOVÁ, J.: Vyhodnocení minimálních nočních průtoků ve vodovodní síti. 102 s. (Diplomová práce). Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí, Brno, 2017.
- [2] ČIHÁKOVÁ, I., RADKOVSKÁ, E.: Nové technologie vers. Vyhledávání úniků, SOVAK, České Budějovice, 2009.

Vedoucí práce: Ing. Jiří Roubal, Ph.D., VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí
Odborný konzultant práce: Ing. Miroslav Kuchař, VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí
Oponent práce: Ing. Jiří Bílý, VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí

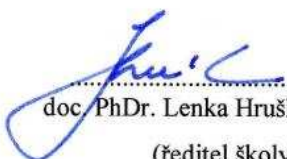
Datum zadání absolventské práce: **3. 9. 2021**

Datum odevzdání absolventské práce: **13. 5. 2022**


.....
Ing. Jiří Roubal, Ph.D.
(vedoucí práce)



V Sezimově Ústí dne 3. 9. 2021


.....
doc. PhDr. Lenka Hrušková, Ph.D.
(ředitel školy)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou absolventskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

V Sezimově Ústí dne 13.4.2022


_____ podpis

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu absolventské práce panu Ing. Jiřímu Roubalovi, který mi trpělivě radil při psaní mé absolventské práce. Dále bych chtěl poděkovat svému konzultantovi panu Ing. Miroslavu Kuchařovi za cenné rady při konzultacích. Především však musím poděkovat své paní ředitelce Vodárenského sdružení Bechyňska Ing. Zdeně Sosnové za celkovou podporu při studiu a tvorbě absolventské práce. A největší dík patří mé rodině za její podporu a hlavně trpělivost.

Anotace

Tato absolventská práce se zabývá návrhem a realizací systému stanic pro měření průtoků a ztrát na vodovodní síti v Bechyni. Popisuje budování vodoměrných šachet, jejich vystrojení armaturami a měřicími stanicemi H1 od firmy Fiedler z Českých Budějovic. Dále je popsáno, jaké byly použity snímače pro měření průtoků a tlaku a vysvětlen postup nastavení parametrů měřicích stanic v programu MOST nutných pro jejich chod. Je zde objasněn termín minimální noční průtok (MNP) a jeho využití při vyhodnocování průtoků. Dále jsou zde uvedena naměřená data z měrných stanic H1 a popis jejich vyhodnocení při vyhledávání ztrát na vodovodním potrubí. V poslední části práce je posouzen přínos soustavy stanic jako celku.

Klíčová slova: minimální noční průtok, měrná stanice H1, snímač VLP10, snímač OPTO OD, ztráty na vodovodním potrubí, tlakový snímač Danfos.

Annotation

This graduate thesis deals with the design and implementation of a system of stations for measuring flows and losses on the water supply network in Bechyně. It describes the construction of water meter shafts, their equipping with fittings and measuring stations H1 from the company Fiedler from České Budějovice. Next, it is described what sensors were used to measure flow and pressure. It also describes the procedure for setting the parameters of measuring stations in the MOST program necessary for their operation. The term minimum night flow (MNP) and its use in the evaluation of flow rates is described here. It also describes the measured data from the H1 measuring stations and a description of their evaluation when searching for losses on water pipes. In the last part of the thesis, the contribution of the system of stations as a whole is evaluated.

Key words: minimum night flow, H1 measuring station, VLP10 sensor, OPTO OD sensor, water pipe losses, Danfos pressure sensor.

Obsah

Seznam obrázků	vi
1 Úvod	1
2 Telemetrie, telemetrická stanice H1	3
2.1 Telemetrie	3
2.1.1 Telemetrická stanice H1	4
2.1.2 Programovací funkce a komunikace H1	5
2.1.3 Vstupy, ovládání a nastavení parametrů přístroje H1	6
2.1.4 Vizualizace naměřených dat na serveru	10
3 Návrh systému stanic H1 pro měření	14
3.1 Vytvoření soustavy stanic	14
3.1.1 Realizace plánu	18
3.1.2 Popis vyhodnocení poruchy	21
4 Popis stanic a jejich testování	25
4.1 Testování	26
5 Závěr	29
Literatura	31
A Obsah příloženého DVD	I
B Použitý software	II
C Časový plán absolventské práce	III
D Fotodokumentace	IV

Seznam obrázků

2.1	Stanice H1	4
2.2	Jednoduché zapojení snímačů do stanice H1	5
2.3	Nastavení měřicích kanálů v programu MOST	7
2.4	Nastavení varovných SMS zpráv v programu MOST	9
2.5	Informační a řídicí SMS zpráva	10
2.6	Vizualizace naměřených dat stanice U Zuzany	11
2.7	Bilanční tabulka	12
3.1	Tlakový snímač Danfos	15
3.2	Nová stanice H1	16
3.3	Zobrazení vodoměrných šachet na mapě	17
3.4	Schéma zapojení vodoměrné šachty bez redukce tlaku	18
3.5	Schéma zapojení vodoměrné šachty s redukcí tlaku	19
3.6	Snímač Danfos, navrtávka	20
3.7	Snímače VLP a OD	20
3.8	Ukázka velké poruchy stanice H1 U DPS	22
3.9	Ukázka malé poruchy stanice H1 U Zuzany	24
4.1	Ukázka poruchy viditelné na stanici U Draka a U DPS	26
4.2	Školní u Nové školy	27
4.3	Vodoměrná šachta Písecká	28
D.1	Ukázka vodoměrné šachty U DPS	IV
D.2	Ukázka vodoměrné šachty Písecká	V
D.3	Ukázka vodoměrné šachty U Nové školy	V
D.4	Ukázka vodoměrné šachty U Zuzany	VI
D.5	Ukázka stanice H1 U Zuzany	VII
D.6	Ukázka vodoměrné šachty U klenot	VII

D.7 Ukázka snímače OPTO OD U Zuzany	VIII
---	------

Kapitola 1

Úvod

Snižování ztrát pitné vody na vodovodní síti je dnes nutnou samozřejmostí. Zajištění jejich trvale nízké úrovně je dlouhodobě hlavním cílem snad všech provozovatelů a vodárenských společností, které spravují vodovodní sítě a řady. Dnešní online doba vyžaduje přesné měření všech známých veličin. Měření průtoků a ztrát pitné vody na vodovodních sítích není výjimkou. V souvislosti se suchem, které postihuje území České republiky, i když například rok 2021 byl vodohospodářům více nakloněn, je problematika ztrát vody ve vodovodních distribučních sítích stále aktuálním tématem. Je ale i faktem, že průměrná úroveň ztrát v ČR je na relativně nízké úrovni. A to i v porovnání s vyspělejšími a bohatšími státy. Ztráty na vodovodních sítích Francie a Anglie se pohybují v rozmezí 20–25 procent. Jak lze zjistit na Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR na <https://www.sovak.cz/cs/>, průměrné ztráty vody ČR se pohybují kolem 16 procent. Ztráty na vodovodních sítích jsou také nejvíce sledovaným ukazatelem hospodaření vodárenských společností. Obecně se dá říci, že během minulých 20 let došlo ke snížení ztrát pitné vody u většiny provozovatelů. Stále je však nutnost průtoky a ztráty na vodovodních sítích měřit a snižovat.



Stav měření na vodovodní soustavě Vodárenského sdružení Bechyňska je dobrý, avšak v určitých částech města je těžké měřit průtoky, vyhodnocovat minimální noční průtok (JANA NOVÁKOVÁ, 2017) a odhalovat ztráty na vodovodní síti. Odhalení poruchy se tak velice časově prodlužuje a tím jsou způsobeny větší finanční ztráty a snížení kvality služeb pro koncové uživatele. To je zapříčiněno malým počtem měřicích míst na vodovodní síti.

V tuto chvíli je na vodovodní síti osazeno několik starších telemetrických stanic. Tyto stanice nejsou již pro rozšíření měřicích míst dostačující a budou nahrazeny novými typy. Neméně důležitý je monitoring sítě. Znat tlaky v síti a minimální denní a noční

průtoky je velikou výhodou pro provozovatele, jak při odhalování poruch, tak při kontrole odběrů pitné vody ze strany velkých provozů. Všechny tyto údaje se ukládají na vodohospodářském dispečinku, kde se dají zpětně dohledat. Spolu s varovnými SMS zprávami, které jsou zasílány na pohotovostní mobilní telefon, se značně zkrátí doba odhalování poruch na potrubí v terénu.

Cílem této práce je navrhnout a vytvořit systém měrných míst na vodovodním potrubí v části města Bechyně. Zde budou telemetrické stanice měřit průtoky a tlak. Systém umožní mít vodovodní síť stále pod kontrolou a zjednoduší odhalování poruch na potrubí ve městě. Pomůže snížit ztráty vody pod 12 procent a tam je minimálně udržet.

Struktura této práce je napsána v programu $\text{\LaTeX} 2_{\epsilon}$ ¹ a je takováto. V kapitole 2 je objasněn termín telemetrie, dále pak vše důležité o použité stanici H1. V kapitole 3 je popsáno, jak vznikal plán na vytvoření soustavy stanic a jeho realizace. V kapitole 4 jsou prezentovány výsledky měření a popis měřicích stanic jako celku. V příloze práce jsou technické listy od snímačů průtoků OPTO OD, VLP 10 a snímače tlaku Danfos. Dále příloha D obsahuje fotografické snímky vybudovaných vodoměrných šachet.

¹ $\text{\LaTeX} 2_{\epsilon}$ is an extension of \LaTeX which is a collection of macros for \TeX . \TeX is a trademark of the American Mathematical Society. LaTeX čti [l^ate^xh].

Kapitola 2

Telemetrie, telemetrická stanice H1

V této kapitole bude vysvětlen pojem slova telemetrie a něco z její historie. Dále bude popsána použitá telemetrická stanice H1 od firmy Fiedler z Českých Budějovic. Další část se pak věnuje programování stanice, popisu vstupů, výstupů a jejích dalších možností. Na závěr kapitoly bude zobrazena vizualizace dat naměřených stanicemi a odeslaných na server.

2.1 Telemetrie

Telemetrie je technologie umožňující měření a dálkový přenos naměřených fyzikálních veličin ze vzdáleného místa měření do centrálního řízení daného systému. Telemetrie dovoluje sledovat veličiny, například teplotu, tlak, průtok, napětí a srážky. Tyto naměřené hodnoty je pak možné pohodlně sledovat na PC nebo na mobilním telefonu. První historické použití telemetrie se odehrálo ve 30. letech 20. století. Molchanovův systém měřil hodnotu tlaku a teploty a naměřené hodnoty převedl bezdrátově pomocí morseovy abecedy. V tomto systému stanic dochází k přenosu dat pomocí GSM/GPRS sítě. GPRS slouží k rychlému paketovému přenášení dat prostřednictvím GSM sítě. Tento způsob je uplatněn i v této aplikaci. Telemetrie se využívá v nesčetném počtu odvětví, například v automobilismu, meteorologii, ve vesmírné vědě, v armádním využití, v energetice, medicíně a vodárenství. Pro tuto aplikaci ve vodárenském odvětví je použitý Hydro logger H1 nebo také měřicí stanice H1 viz. obr. 2.1 od firmy Fiedler z Českých Budějovic, který bude popsán v další kapitole.

2.1.1 Telemetrická stanice H1

Telemetrická stanice H1 je malý odolný Hydro logger, jak je popsáno v návodu (FIEDLER A KOLEKTIV, 2009). Jedná se o měřicí stanici pro sběr dat ze snímačů s proudovým či pulsním výstupem. Je napájena baterií 3,6 voltů. Baterie je umístěna přímo ve stanici nebo je zde možnost externího napájení z 12voltové baterie, která umožňuje dlouhodobé používání přístroje i v místech bez napájení ze sítě. Jak je vidět na obr. 2.2, do jednotky H1 lze připojit dva snímače s proudovým vstupem 0–20 mA a čtyřmi pulsními vstupy pro OPTO nebo REED snímače.

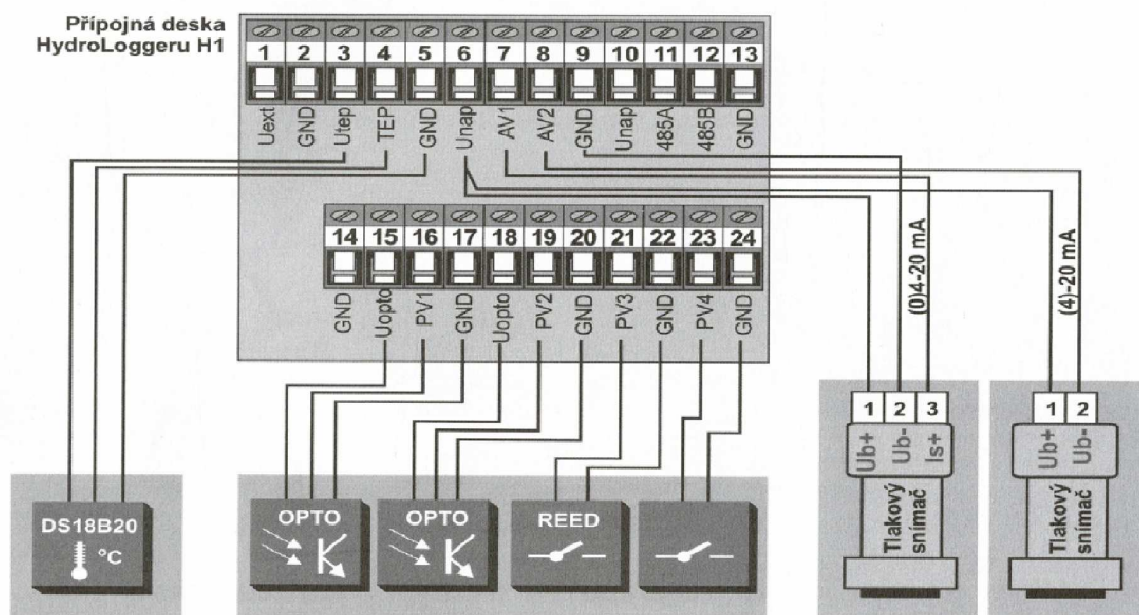


Obrázek 2.1: Stanice H1

Sériové rozhraní RS-485 lze použít pro snímače s protokolem FINET a modbus RTU. Stanice jsou využívány jako součást monitorovací sítě pro sledování tlaků, průtoků a ztrát. Měřicí stanice je konstruována z hliníkové slitiny a má celkově vysoké krytí IP 67. Je tudíž vhodná do měrných šachet, kde je vysoká vlhkost a celkově nevhodné prostředí. Stanice má svůj displej, který postupně zobrazuje měřené hodnoty. Měřicí stanice může zaznamenávat až osm kanálů pro měřené veličiny, jako je například průtok, tlak a teplota. Každá stanice je vybavena vlastní SIM kartou. SIM karta může být od různých operátorů a je jedno, jestli se kredit dobíjí nebo se jedná o paušalovou SIM kartu. Stanice předává naměřené hodnoty pomocí GSM/GPRS na server. Díky této technologii lze Hydro logger také přenastavit. Dále má možnost odeslání výstražných, informativních a ovládacích SMS zpráv.

Nastavení parametrů měřicí stanice se provádí pomocí programu MOST přes notebook nebo dálkově pomocí webového prohlížeče a datového serveru. Komunikační modul měřicí stanice H1 využívá GSM/GPRS technologii. Je to univerzálně použitelná technologie s dobrým pokrytím a s nízkými provozními náklady. Změřená data jsou uložena ve stanici a v určený čas se přenesou přes GPRS síť do databáze na serveru. Opačně ze serveru do stanice se přenáší parametrický soubor, když je potřeba provést nějaké změny v nastavení. Jestliže stanice není napájena ze sítě přes 12voltový zdroj, modem

GPRS se z důvodu úspory energie zapíná jen na dobu nutnou pro přenos dat. Server přijímá data z více stanic najednou. To je možné, protože každá měřicí stanice H1 má přiřazené své nezaměnitelné identifikační číslo. Z dat uložených na serveru jdou generovat grafy, vytvářet tabulky, a to i zpětně v čase, od doby, kdy byla stanice aktivována. Další možností je vytváření virtuálních stanic, ty mohou obsahovat více naměřených dat, která se mohou sčítat, odečítat a průměrovat.



Obrázek 2.2: Jednoduché zapojení snímačů do stanice H1 – převzato z Malá telemetrická stanice pro vodárenské aplikace

2.1.2 Programovací funkce a komunikace H1

Programovacích funkcí ve firmwaru H1 je mnoho. Je možné nastavit výpočty průtoků z pulsů Opto a Reed snímačů. Díky těmto funkcím lze vypočítat průtoky pro Parshalovy žlaby využívané v oblasti čištění odpadních vod nebo součtové a rozdílové funkce nad dvěma kanály, tj. výpočet průměru měřeného kanálu.

- **Statické výpočty** – je zde možnost výpočtů denního, měsíčního průtoku, počítání motohodin pro každý binární kanál zvlášť.
- **Alarmy** – pro každý kanál je možné nastavit vlastní limitní alarm. Alarm se spouští

po překročení nastavení limitní meze hodnoty kanálu. Po dobu trvání alarmu lze nastavit jinou četnost záznamů dat do paměti přístroje než za normálního stavu nebo nastavit jinou četnost odesílání dat na server.

- **Komunikace** – probíhá pomocí pravidelného odesílání hodnot přes GPRS síť na nastavenou IP adresu (na server s nainstalovaným programem MOSTNET-SERVER). Výhodami jsou nastavení telefonního seznamu deseti adresátů, které je možné rozlišit na tři skupiny, nastavitelná hystereze a zpožděné odeslání limitních SMS. Po dosažení limitní hodnoty měřeného kanálu nebo při závadě na snímači, nízkém napětí baterie, po sepnutí binárního vstupu nebo na vyžádání se aktivuje odeslání SMS zprávy. Měřicí stanice má možnost zaslání dotazovacího kódu. Stanice má i možnost vložení okamžité hodnoty měřené veličiny do textu informativní SMS zprávy. Další možnost komunikace s přístrojem je komunikace lokální. Provede se tak, že se stanice fyzicky spojí pomocí komunikačního kabelu s notebookem. Po tomto připojení se nastavení požadovaných parametrů provede prostřednictvím programu MOST.
- **Provozní deník** – automaticky se do deníku událostí zaznamenávají mimořádné události, například výpadek napájení, sepnutí vybraných vstupů, příchozí i odchozí SMS zprávy a čas předání dat na server.

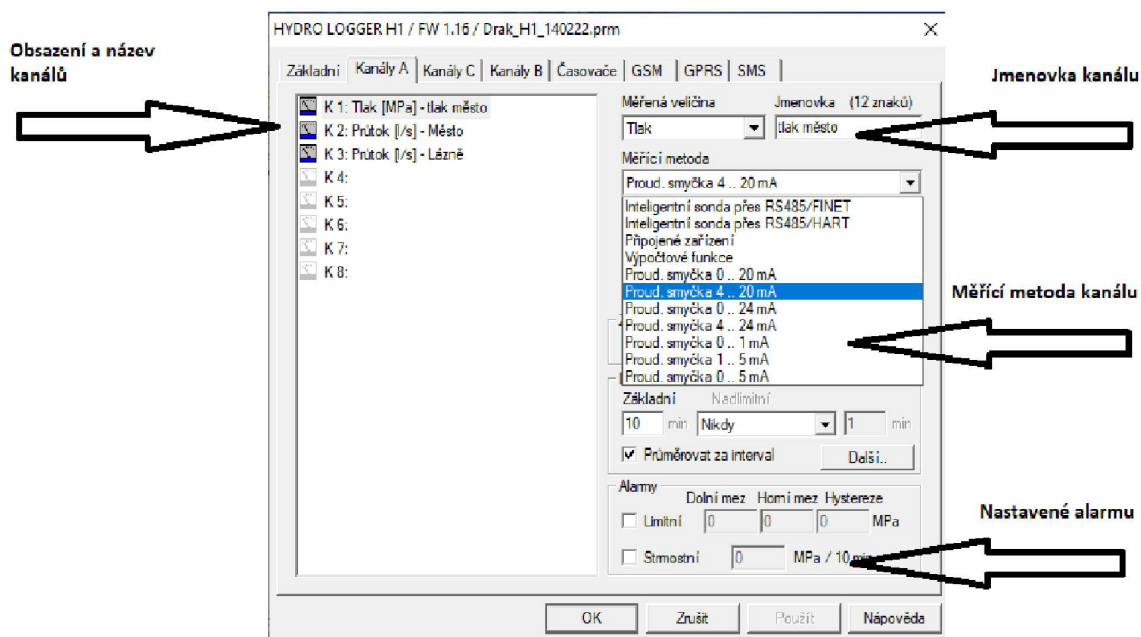
2.1.3 Vstupy, ovládání a nastavení parametrů přístroje H1

Nastavení parametrů přístroje a jeho ovládání se provádí pomocí programu MOST. V programu MOST se nachází hlavní tabulka, která je rozdělena na záložky. Možnosti nastavení záložek budou popsány níže.

- **Vstupy stanice H1** – měřicí stanice obsahuje dva rychlé pulsně binární vstupy PV1 a PV2 připojené na svorky 16 a 19 a dva pomalé vstupy PV3 a PV4, které jsou připojené na svorky 21 a 22 viz. obr. 2.2. Pulsní vstup se aktivuje spojením se svorkou GND. Výstup snímače musí mít otevřený kolektor, pro seznámení s tranzistory lze využít knihu elektroniky (KOLEKTIV, 2006). Počet pulsů za čas archivace se ukládá s váhou pulsu do paměti přístroje. Tak lze na displeji vidět okamžitý průtok, nabízí se možnost na serveru pracovat s proteklými objemy nebo je tisknout v přehledových zprávách. Měřicí stanice má dva analogové vstupy AV1, AV2. Jsou to vstupy připojené na svorky 7, 8 viz. obr. 2.2 pro připojení proudových snímačů

s výstupem 0–20 mA, 4–20 mA, 0–1 mA, 0–5 mA, 1–5 mA. Analogové signály jsou měřeny převodníkem s číslicovým filtrem. Ten potlačuje napětí, které se indukuje do přívodního kabelu ke vstupu a provádí autokalibraci měřicích rozsahů.

- **Nastavení parametrů** – se provádí pomocí programu MOST. Je to komunikační, nastavovací a vyhodnocovací program od firmy Fiedler. Parametry pro měřicí stanici jsou v parametrickém souboru PRM. Nastavení je možné přes PC pomocí kabelu s rozhraním RS-232 a programu MOST. Druhá možnost jak parametry nastavit je přes server a při přenosu dat je nahrát ze serveru do stanice pomocí GPRS. Jako komunikační protokol pro připojení stanice H1 k PC se používá sériové připojení přes RS-232 a využívá protokol FINET. Komunikační přenosová rychlost je 19200 baudů. FINET je binární protokol určený pro přenos po komunikačních kanálech.
- **Postup nastavení parametrů** – v záložce **Základní** se nastaví základní parametry stanice, jako je komunikace se snímači, nastavení napájení, archivace dat, identifikace stanice. Každá měřená veličina zaujímá ve stanici jeden kanál, jsou označeny písmenem K1 až K8 v záložce **Kanály A**. Vybere se pořadové číslo kanálu a pojmenuje se. Název kanálu může mít maximálně 12 znaků. Celkem lze nastavit osm kanálů. Ze seznamu je třeba vybrat veličinu, kterou chceme měřit a nastavit její měřicí metodu.



Obrázek 2.3: Nastavení měřicích kanálů v programu MOST

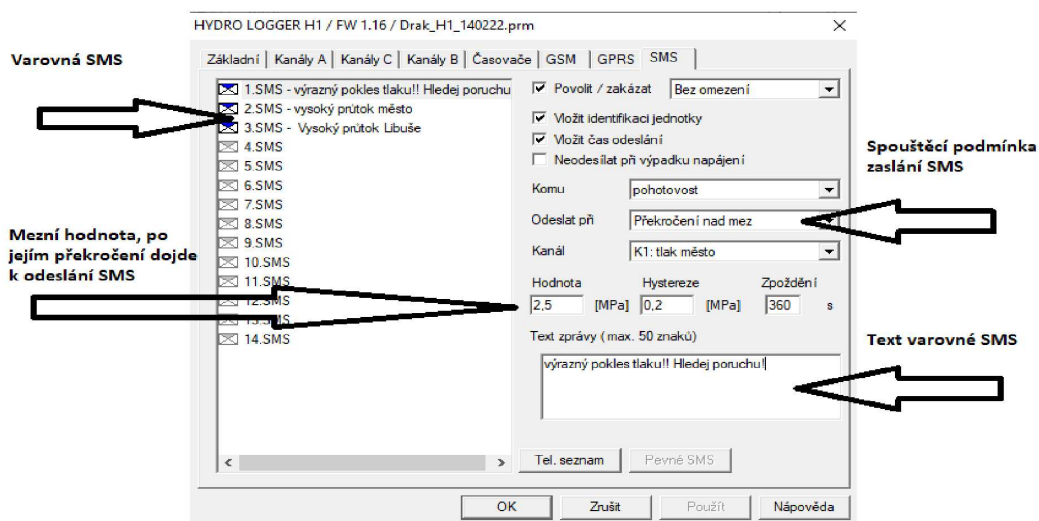
Při měření průtoku pomocí opto snímače vybereme metodu "PULSY". U měření pulsů nastavíme váhu pulsu. Nastavení váhy pulsu určuje hodnotu jednoho pulsu v litrech, hl, dcl. Jednotky při měření průtoku jsou nastaveny v l/s. Při měření tlaku musíme vybrat měřicí metodu proudovou v mA. Vybereme jednotky, ve kterých budeme tlak měřit – bar, kPa, MPa. Zvolíme počet desetinných míst a nastavíme jmenovku měřené veličiny, maximálně však lze nastavit 12 znaků. A vybereme měřicí metodu kanálu. Název se přenese vždy s daty na server. Nastavíme číslo vstupu. Tento parametr určí svorky, na které je připojen snímač. U měření pulsů jsou to vstupy PV a pro měření tlaku jsou to vstupy analogové AV. Osm binárních kanálů zaznamenává stav PV1 až PV4. Měřicí stanice H1 rozeznává stav sepnuto, rozepnuto.

Záložka **Kanály C** umožňuje nastavení zobrazení a měření kontrolních kanálů. Jedná se o veličiny, které jsou důležité pro kvalitní chod stanice H1, jako je nabití vnitřní 3,6voltové baterie, její kapacita, teplota nebo napětí externího zdroje.

Záložka **Kanály B** slouží pro záznam stavu na binárních vstupech. Binární vstup je v normálním stavu ve stavu logické „0”, při sepnutí vstupu se stav změní na logickou „1”. Spolu s každým sepnutím se do paměti zapíše čas a datum sepnutí. V případě nutnosti je zde možnost nastavit negace binárních kanálů.

Pomocí záložky **GSM** se vytvoří telefonní seznam osob s telefonními čísly, kam jsou zasílány varovné SMS zprávy a je zde možnost celkového nastavení SMS komunikace. SMS se rozdělují na:

- **Informativní (dotazové) SMS** – zasílají se po odeslání SMS zprávy s textem **INFO** na číslo stanice viz. obr. 2.5. Stanice obratem zasílá SMS zprávu s odpovědí, která obsahuje aktuální hodnoty všech nastavených měřených kanálů.
- **Varovné SMS** – jsou aktivovány např. při překročení nastavené meze kanálu. Při vysokém průtoku je SMS zpráva aktivována nastavenou limitní hodnotou průtoku v l/s. Při měření tlaku je to zase pokles hodnoty pod danou limitní mez v barech. Může se využít sepnutí nebo rozepnutí bináru vstupu. Umístěním spínače na vstup do šachty je možné tuto funkci využít při zabezpečení měrné šachty proti nedovolenému vstupu. Při využití měřících stanic H1, například v tlakově posilujících stanicích, se při chodu čerpadel funkcí sepnutí bináru vyborně kontroluje chod čerpadel a jejich střídání. Nastavení všech parametrů nutných k odeslání varovných SMS je vidět níže na obrázku 2.4.

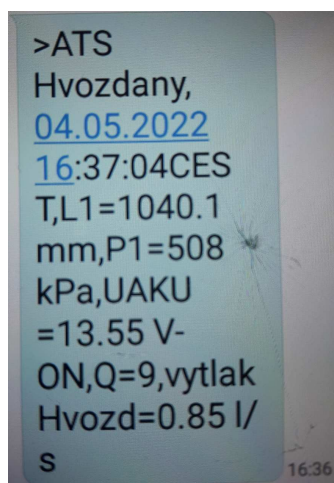


Obrázek 2.4: Nastavení varovných SMS zpráv v programu MOST

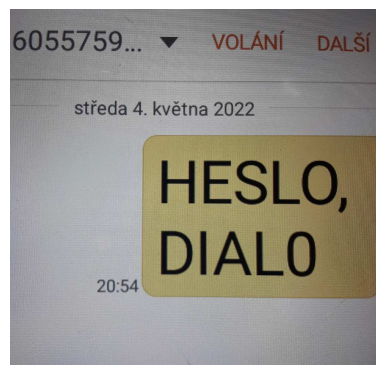
Varovné SMS jsou obvykle odeslány se zpožděním. Parametr zpoždění se nastavuje v sekundách a před odesláním SMS musí aktivační podmínka bez přerušení trvat tolik sekund, kolik je nastaveno v parametru.

- **Řídící SMS** – stanice H1 nemá žádné relátko a není tedy potřeba stanici řídit na dálku. Tato SMS je jedna, znázorněna je na obr. 2.5. Povel pro řízení je SMS zpráva ve tvaru HESLO, DIAL0. Tato řídicí SMS zpráva ze stanice okamžitě odešle data na server, případně do sebe přijme nové nastavení parametrů.

Pomocí záložky **SMS** nastavíme vše potřebné pro zaslání varovné nebo řídicí SMS zprávy. Možnosti nastavení SMS jsou vidět na obr. 2.4. Nastavení je možné u každého kanálu zvlášť. V seznamu vybereme telefonní číslo, kam bude v případě potřeby varovná SMS zpráva zaslána. Dále je nutné nastavit podmínku, za jaké je SMS zpráva odeslána. Například zde, na obr. 2.4, je nastavena varovná SMS zpráva pro případ výrazného poklesu tlaku na kanálu 1. Kanál 1 měří tlak pro oblast celého města a je proto důležitý. Je zde také možnost nastavit text zasílané varovné SMS zprávy. Na obrázku 2.4 je to text: výrazný pokles tlaku!! hledej poruchu!!. SMS zpráva obsahuje informaci, z jaké měrné oblasti zpráva přichází a text pro pracovníka, který má pohotovostní službu, v němž se dozví, jak postupovat.



(a) Informační SMS zpráva



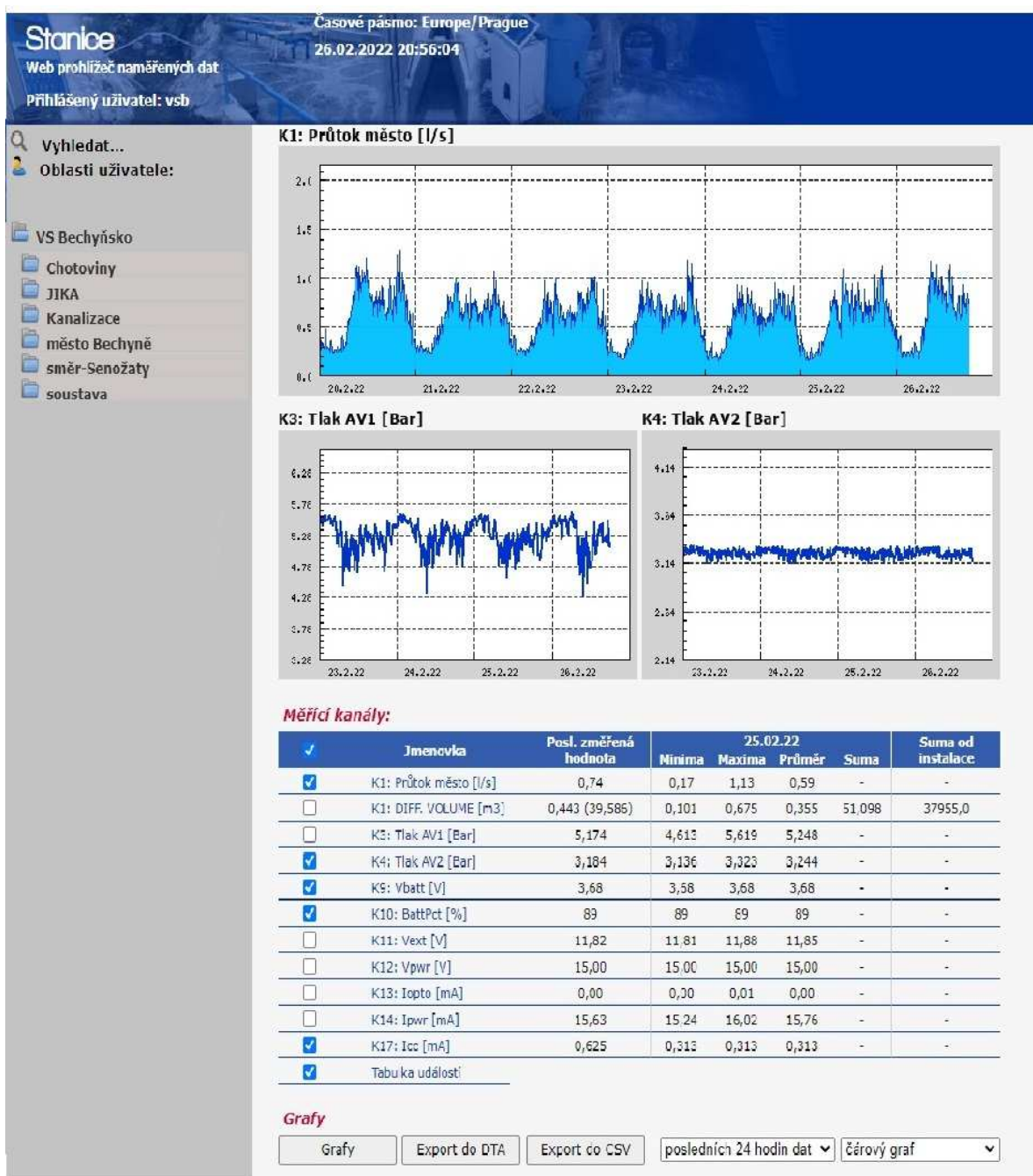
(b) Řídící SMS zpráva

Obrázek 2.5: Informační a řídicí SMS zpráva

2.1.4 Vizualizace naměřených dat na serveru

Naměřená data jsou přístupná z jakéhokoli PC, mobilu či tabletu. Stačí se přihlásit na webových stránkách firmy Fiedler na sekci datahosting, zadat heslo a již je možné si prohlížet samostatně každou stanicí nebo si zobrazit celkovou tabulku všech měrných stanic najednou. V tabulce jsou obsažena naměřená data měřicích kanálů u vybraných měřicích stanic. V tabulce je vždy pro srovnání vidět hodnota minimálního nočního průtoku aktuálního dne a pro srovnání dne předešlého. Tabulka obsahuje sumy spotřeby na měřených kanálech průtoků v metrech krychlových za den a minimální noční průtoky ze všech požadovaných stanic. Tato funkce je důležitá pro kontrolu právě minimálních nočních průtoků a jejich porovnávání.

Na serveru firmy Fiedler jsou data uchovávána po dobu životnosti telemetrické stanice. Data se nechají zobrazovat z jakéhokoli období. To je výhoda při vyplňování různých statistik o spotřebách pro ministerstva nebo jiné úřady. Ideální je zpětná kontrola průtoků a tlaků v měrných oblastech při plánování rekonstrukcí vodovodního potrubí. Z uložených dat průtoků a tlaků se nechají projektovat dimenze nového potrubí. Dále jsou každý rok v měřených oblastech porovnávány proteklé objemy vody a dopočítávají se ztráty na vodovodním potrubí daných měrných oblastí. To je pro provozovatele vždy důležitá informace.



Obrázek 2.6: Vizualizace naměřených dat stanice U Zuzany

V tabulce se všemi stanicemi jsou zobrazeny minimální průtoky z každé stanice za 24 hodin. To je skvělé pro rychlou kontrolu stavu vodovodní sítě. Na každé stanici je možné si prohlédnout data naměřená od počátku jejího zapojení a jejího prvního přenosu.

Nastavení tisku: ?



vytvořit HTML stránku



Nadpis: Měsíční přehled statistických hodnot

 Lokality: Šachta_u_ZuzanyVypracoval: Měrné místo: K1: Průtok město [l/s] Dne: 26.02.2022 Sledované období: 26.01.2022 00:00:00 - 17.02.2022 00:00:00 Minimum za sledované období: 0.01 l/s (26.01.2022) Maximum za sledované období: 1.35 l/s (26.01.2022) Průměr za sledované období: 0,48 l/s Suma za sledované období: 905,320 m3Poznámka:

Datum	Statistika [l/s]			Proteklé množství [m3]				
	Minima: <input type="checkbox"/>	Maxima: <input type="checkbox"/>	Průměr: <input type="checkbox"/>	Denní: <input type="checkbox"/>	0	Grafy <input type="checkbox"/>	60	Nasčítané <input type="checkbox"/>
26.01.22	02:30 0,01	19:30 1,35	0,42	36,405				36,405
27.01.22	02:10 0,01	19:40 1,11	0,46	40,044				76,449
28.01.22	03:10 0,01	20:00 1,05	0,47	40,888				117,337
29.01.22	05:10 0,03	11:50 1,12	0,48	41,407				158,744
30.01.22	05:00 0,01	09:50 1,14	0,49	42,305				201,049
31.01.22	02:20 0,01	17:50 0,92	0,44	37,988				239,037
01.02.22	01:00 0,02	19:30 1,25	0,46	39,307				278,344
02.02.22	02:30 0,01	23:10 1,11	0,48	40,969				319,313
03.02.22	04:10 0,05	07:50 1,13	0,60	51,890				371,203
04.02.22	00:00 0,08	20:30 0,97	0,48	41,794				412,997
05.02.22	05:00 0,01	18:30 1,24	0,49	42,234				455,231
06.02.22	02:00 0,02	14:10 1,15	0,49	42,549				497,780
07.02.22	01:50 0,01	12:20 1,01	0,44	38,127				535,907
08.02.22	02:40 0,03	19:30 1,01	0,46	39,260				575,167
09.02.22	02:10 0,03	19:40 1,08	0,45	38,873				614,040
10.02.22	00:40 0,02	20:20 1,12	0,46	39,322				653,362
11.02.22	01:20 0,04	19:40 0,95	0,49	42,181				695,543
12.02.22	03:10 0,04	13:10 1,21	0,52	45,173				740,716
13.02.22	01:50 0,03	19:30 1,15	0,53	45,452				786,168
14.02.22	02:50 0,03	09:10 1,12	0,49	41,897				828,065
15.02.22	01:10 0,03	19:40 0,97	0,44	38,155				866,220
16.02.22	03:10 0,02	20:50 1,22	0,45	39,100				905,320

Obrázek 2.7: Bilanční tabulka

Na obr. 2.6 jsou vidět data naměřená na stanici U Zuzany, která je osazena redukčním ventilem, tudíž má měřeny dvě hodnoty tlaku. Ty jsou zobrazeny na kanálu 3 a 4 (K3 a K4). Na vstupu AV1 je tlak měřený před redukčním ventilem a vstup AV2 zobrazuje tlak za redukčním ventilem. Kanál 1 (K1) zobrazuje průtok měřenou oblastí. Ze stanice se mohou zobrazit data o tlaku a průtoku, za které období je potřeba. Z každého měřeného kanálu je možné vytvořit excelovou tabulku s výslednými hodnotami. Možnost tvorby excelových tabulek je velice účinná při porovnávání například měsíčních průtoků nebo kontroly stavu vodoměrů při měsíčních odečtech. U každého kanálu je možné vytvářet bilanční tabulky za požadované období viz. obr. 2.7. U bilanční tabulky se automaticky zobrazuje maximální, minimální a průměrná hodnota veličiny, která je měřena na daném kanálu, jak po dnech, tak i suma za požadované období.

Kapitola 3

Návrh systému stanic H1 pro měření

V této kapitole bude popsáno, jak vznikl návrh na vytvoření soustav vodoměrných šachet. Co bylo třeba upravit a co bylo potřeba vybudovat nové. Jaké jsou v systému stanic použity snímače pro měření průtoku, tlaku a jejich napájení. Dále možnosti zapojení vodoměrných šachet s a bez redukce tlaku. A dále bude vysvětlen pojem minimální noční průtok (MNP), typy poruch a na konci kapitoly bude popsána ukázka poruchy na přenesených datech na server.

3.1 Vytvoření soustavy stanic

K vytvoření soustavy stanic pro měření průtoků a ztrát na vodovodním potrubí bylo více důvodů. Hlavním důvodem bylo snížení ztrát pitné vody v části města Bechyně. Byl zde rozdíl mezi hodnotou vody odebranou odběrateli a množstvím vody dodané do části města.

Dosavadní měření bylo nedostatečné a měřilo vždy velkou oblast s vysokým počtem odběrných míst. Dohledávání poruch bylo na dlouhou dobu. Staré stanice byly tyto: měřicí stanice U DRAKA **VŠ6** (vodoměrná šachta 6), KERAS **VŠ7** a stanice ZÁŘEČÍ. Preventivní hledání poruch bylo prakticky zbytečné a zdlouhavé. Původní stanice byly staršího provedení a neměly takové možnosti nastavení jako mají stanice nové.

Dalším důležitým důvodem byla nutnost provozovatele mít informace o měření základních veličin, jako je průtok a tlak v daných částech města. A v neposlední řadě je

to důvod snížení času pro dohledání poruch na potrubí a tím i zvýšení komfortu pro koncového odběratele, získání přehledu o průtocích a tlaku ve vodovodním potrubí v určitých oblastech města v daný čas.

Data ze stanice jsou přístupná odkudkoliv na PC nebo na mobilu. Výstupem jsou data, která jsou přenášena na server. Ta jsou přístupná na datahostingu firmy Fiedler na stránkách <http://stanice.fiedler-magr.cz>.

Na počátku práce bylo také uvažováno o osazení vodoměrných šachet stanicemi H1 a M4016. Po zvážení faktorů pro a proti bylo ustoupeno od osazení stanice M4016. Stanice M4016 je stanice s více vstupy, relátky a na tuto soustavu postačí využití jednodušších a levnějších stanic H1. Další důležitou otázkou bylo, jaké použít snímače pro měření tlaku a průtoku. Díky dobrým zkušenostem a skvělým referencím jsou pro měření tlaku použity analogové snímače tlaku od firmy Danfos,



Obrázek 3.1: Tlakový snímač Danfos

typ MBT 1700 0–16 bar v rozmezí 4–20 mA, kde hodnota 4 mA odpovídá tlakové hodnotě 0 bar a 20 mA odpovídá hodnotě 16 bar. Životnost těchto snímačů tlaku by měla být několikaletá. Pro měření průtoků jsou použity dva druhy snímačů. První je OPTO snímač VC VLP 10 na obr. 3.7(a) od firmy ECA Šternberg, kde váha pulsu je jeden litr. Výhodou snímače VLP 10 je nenáročnost na napájení. Jeho proudový odběr je menší než 0,1 mA. A druhý je snímač OPTO OD na obr. 3.7(b), který funguje na principu infračerveného odrazového fotoelektrického relé. Je vysoce přesný a má dlouhou životnost. Jeho nevýhodou je jeho vyšší napájení 5–30 V ss. Musí se tak napájet vyšším napětím, což je náročnější na

provoz měřicí stanice ve smyslu častější výměny baterií.

Bylo třeba rozdělit vodovodní síť na určité oblasti, tzv. **měrné oblasti**. Určit důležité vodovodní uzly a upravit je. Na obr. 3.3 je vidět mapa **VŠ** měrných oblastí. Budování **VŠ** v městské zástavbě je obtížnější z důvodu stísněných městských podmínek. K řešení tohoto problému byl využit systém GIS. GIS je aplikace, kde je geodeticky zaměřena vodovodní soustava VS Bechyňska. Dále byly využity zkušenosti místních pracovníků.

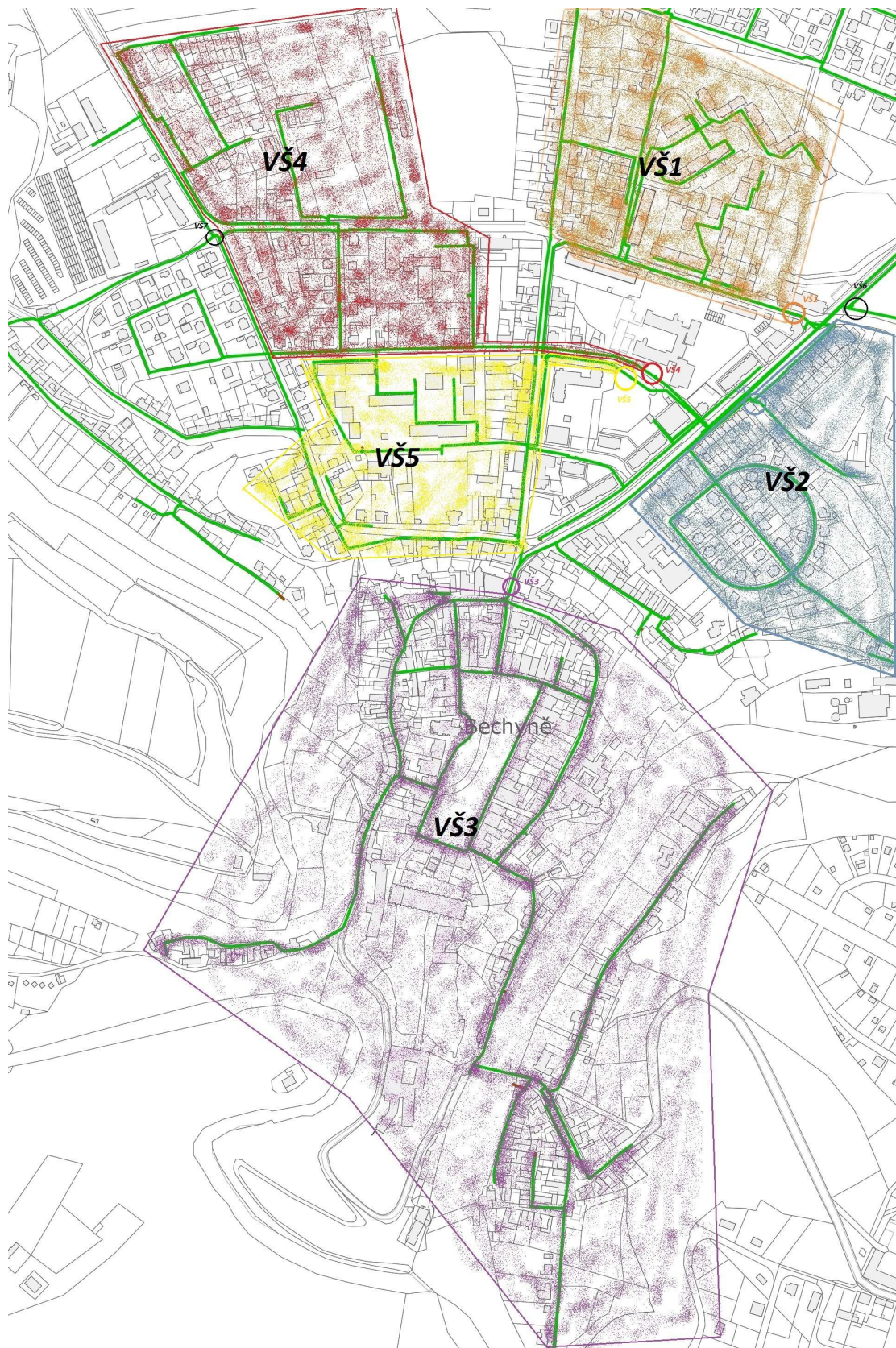
Na vybraných místech bylo nutné vybudovat měrné šachty, ty osadit vodoměry, armaturami, snímači a měřicími stanicemi H1. Kde jen je to možné, zajistit zokruhování

vodovodu u vybraných oblastí (zajistit možnost dodávky vody i z jiné části vodovodu do oblasti postižené výpadkem dodávky vody). To vše znamená stavební úpravy v podobě napojování nových úseků potrubí, osazování nových armatur, nových frontových (oblastních) šoupat. Určit směr toku vody v potrubí vždy tak, aby voda protékala jen ve směru měřeném v oblastní vodoměrné šachtě, aby nebyl možný protitok z jiného směru. Tím by měření sice probíhalo, ale bylo by nepřesné se špatnými daty. V případě, že jsou dvě měrné stanice za sebou, je vhodné vytvořit virtuální stanici, která bude pracovat s daty z obou stanic a odečte jejich spotřeby.

Po zvážení všech možností se rozhodlo o vybudování pěti šachet, a to šachta Písecká **VŠ1**, U klenot, U Zuzany, Školní u nové školy, Školní u DPS. Měřicí stanice jsou pojmenovány podle výrazného místa, poblíž kterého se nachází vodoměrná šachta. Například šachta U Zuzany je měřicí stanice umístěna blízko prodejny Zuzana, Školní u DPS znamená umístění ve Školní ulici poblíž Domu s pečovatelskou službou atd. Měřicí stanice Písecká monitoruje průtoky a tlaky na sídlišti Písecká. Měřicí stanice U Klenot **VŠ2** sleduje oblast Parkány a Křížíkovu vilovou čtvrť. Stanice u Zuzany **VŠ3** monitoruje oblast náměstí a přilehlé ulice. Stanice Školní u Nové školy **VŠ4** monitoruje část Čechovy ulice, Zahradní ulici a přilehlé ulice. Měřicí stanice Školní u DPS **VŠ5** monitoruje oblast sídliště Obránců Míru, Čechovy ulice a okolí. Dále se staré stávající stanice v měrných šachtách U Draka, Kerasu a Zářečí vyměnily za nové stanice H1, zde na obr. 3.2 je ukázka. S novými stanicemi se zlepšil bezchybný přenos dat na server.



Obrázek 3.2: Nová stanice H1 – převzato z Malá telemetrická stanice pro vodárenské aplikace

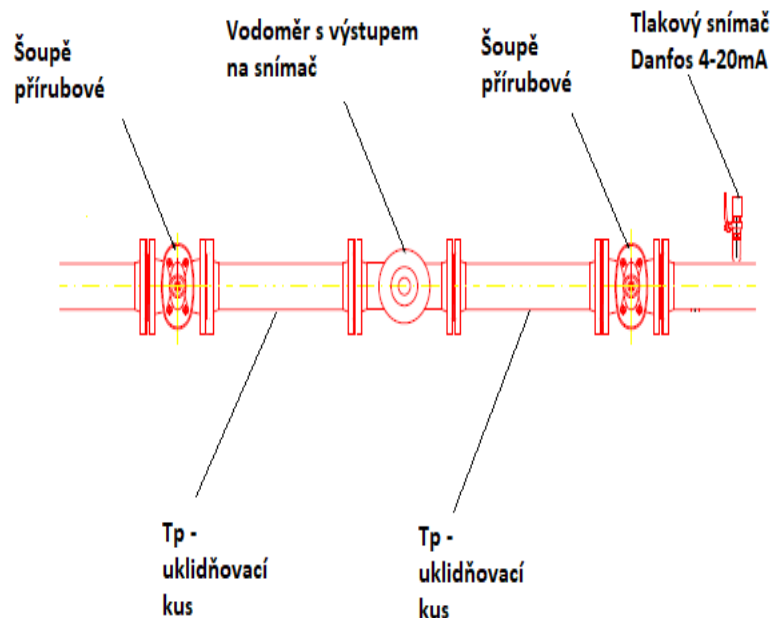


Obrázek 3.3: Zobrazení vodoměrných šachet na mapě

3.1.1 Realizace plánu

Před započítím všech prací se vždy zažádá o vyjádření správců ostatních sítí. Určené místo správci ostatních sítí prověří, zda se v zájmové oblasti nenacházejí jejich sítě, jako např. elektrické vedení, plyn, kabelové televize, telekomunikace, veřejné osvětlení a jiné. Po určení míst se vybagrovala místa na vodoměrné šachty. Vodoměrné šachty jsou vyzděné ze ztraceného bednění, monolitické z betonu (odlité na míru) nebo jen ze skruží tam, kde nebyl dostatek místa pro větší šachtu. Například šachta U Zuzany se osadila v rámci investice města při rekonstrukci vodovodu.

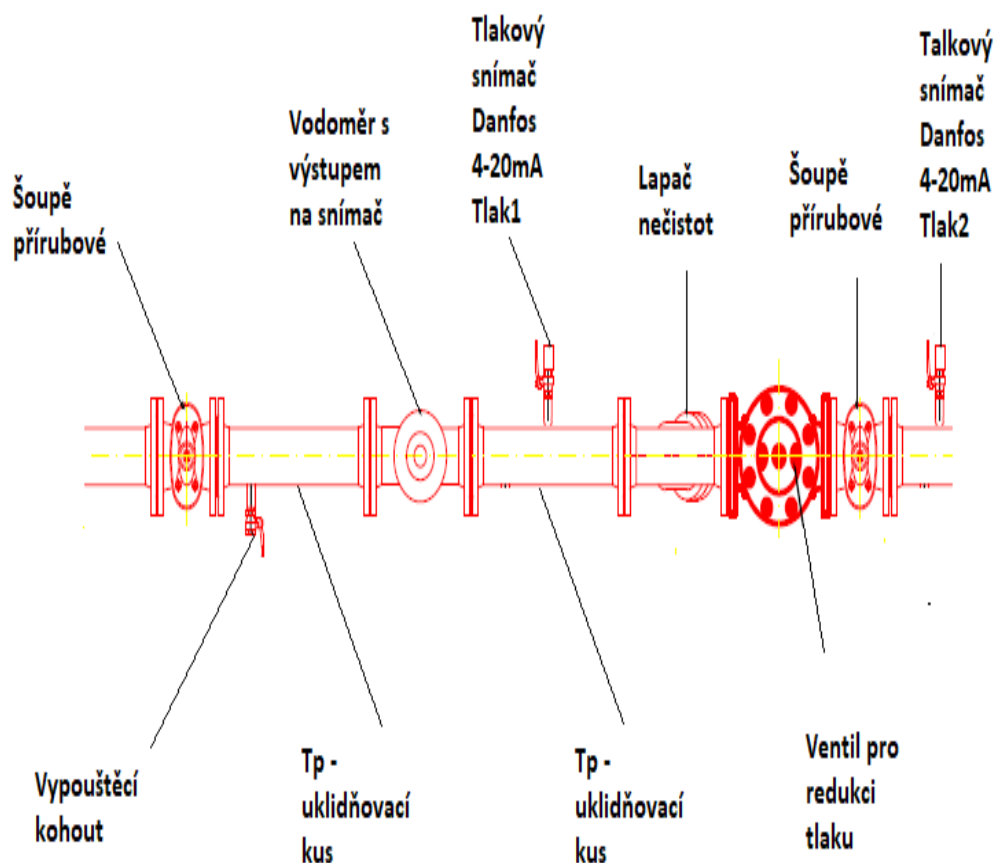
Samozřejmě, že vybudování šachet probíhalo postupně. Vybudování měrných šachet je náročné jak finančně, tak je nutné vše zkoordinovat tak, aby byly odběratelé co nejméně omezeni při odběru pitné vody. Při stavbě a při přepojování potrubí je vždy nutná odstávka vody. Ta je naplánována a ohlášena několik dnů předem. Domluvit odstávku vody bývá kolikrát obtížné, hlavně pokud se v odstaveném úseku nacházejí školy, kuchyně, restaurace apod. Proto se pro některé provozy zařizuje náhradní zásobování pomocí ne-rezových nádrží s pitnou vodou. Vodoměrné šachty je možné vystrojit více způsoby. Je možné je zapojit bez redukce tlaku viz. obr. 3.4 níže a nebo s redukcí tlaku viz. obr. 3.5.



Obrázek 3.4: Schéma zapojení vodoměrné šachty bez redukce tlaku

O umístění tlakového redukčního ventilu se vždy rozhoduje podle tlakových poměrů měřené oblasti. Provozovatel může dodávat odběrateli pitnou vodu při tlakové hodnotě 6,7 bar. V praxi by ale každý odběratel musel mít vlastní tlakový redukční ventil na své vodovodní přípojce, což je dost nepraktické. Ve většině případů se tak provozovatel snaží jít cestou umístění velkého redukčního ventilu v měrné šachtě pro danou oblast.

Nebo bývají armatury ve vodoměrné šachtě rozšířeny právě o tlakový regulační ventil, který slouží k regulaci tlaku v oblasti. Tento případ osazení regulačního ventilu je ve vodoměrné šachtě U Zuzany a ve vodoměrné šachtě U klenot. Při osazení regulačního ventilu se zapojují dva tlakové snímače před a za ventil pro měření vstupního a výstupního tlaku. Vodoměrná šachta s redukcí tlaku je zapojena takto:



Obrázek 3.5: Schéma zapojení vodoměrné šachty s redukcí tlaku

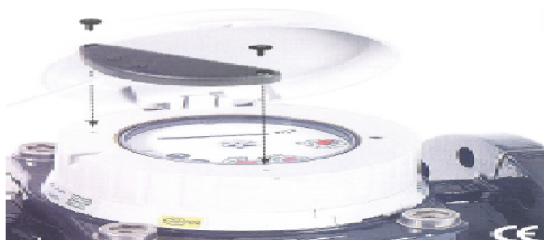


Obrázek 3.6: Snímač Danfos, navrtávka

Před a za vodoměrem je vždy instalované šoupě kvůli nutnosti odstavit danou oblast například z důvodu poruchy, její opravy, údržby nebo cejchovní výměny vodoměru. U vodoměru je vždy dodržena stavební délka uklidňovacích kusů před a za vodoměrem, aby nedocházelo k turbulencím v potrubí a tím ke zkreslení měření vodoměru.

Jak můžeme vidět na obr. 3.6, pro měření tlaku se musí vodovodní potrubí navrtat a osadit navrtávacím pasem, aby bylo možné osadit na mosazné fitinky tlakový snímač Danfos, který musí být fyzicky spojený s měřenou kapalinou. Snímač Danfos má napájení v rozmezí 5–30 V ss, viz. obr. 3.1. Je tudíž nutné zajistit napájení o takovém napětí. Stanice H1 má možnost připojení externího zdroje napětí v podobě malého akumulátoru 12 V 9 Ah, který se nechá umístit přímo do plastové skříně Arie, jež je zde využívána. Ke stanici lze také připojit autobaterii zajišťující dlouhodobější napájení měřicí stanice po dobu až několika měsíců.

Výdrž měřicí stanice je samozřejmě závislá na počtu připojených snímačů a požadavku uživatele na počet zaslání dat ze stanice na server. Pokud stačí data zaslat jednou za den, výdrž stanice se prodlouží. Pro optimální kontrolu systému stanic je ideální mít nastavené zaslání dat ze stanice H1 po 360 minutách. Připojení snímače průtoku na vodoměr je jednoduché. Každý vodoměr je dnes již vybaven místem, kam se může připojit snímač Reed nebo Opto snímač. Většinou jsou vodoměry přizpůsobené na oba typy snímačů zároveň.



(a) snímač OPTO OD



(b) snímač průtoku VLP 10

Obrázek 3.7: Ukázka snímačů průtoku

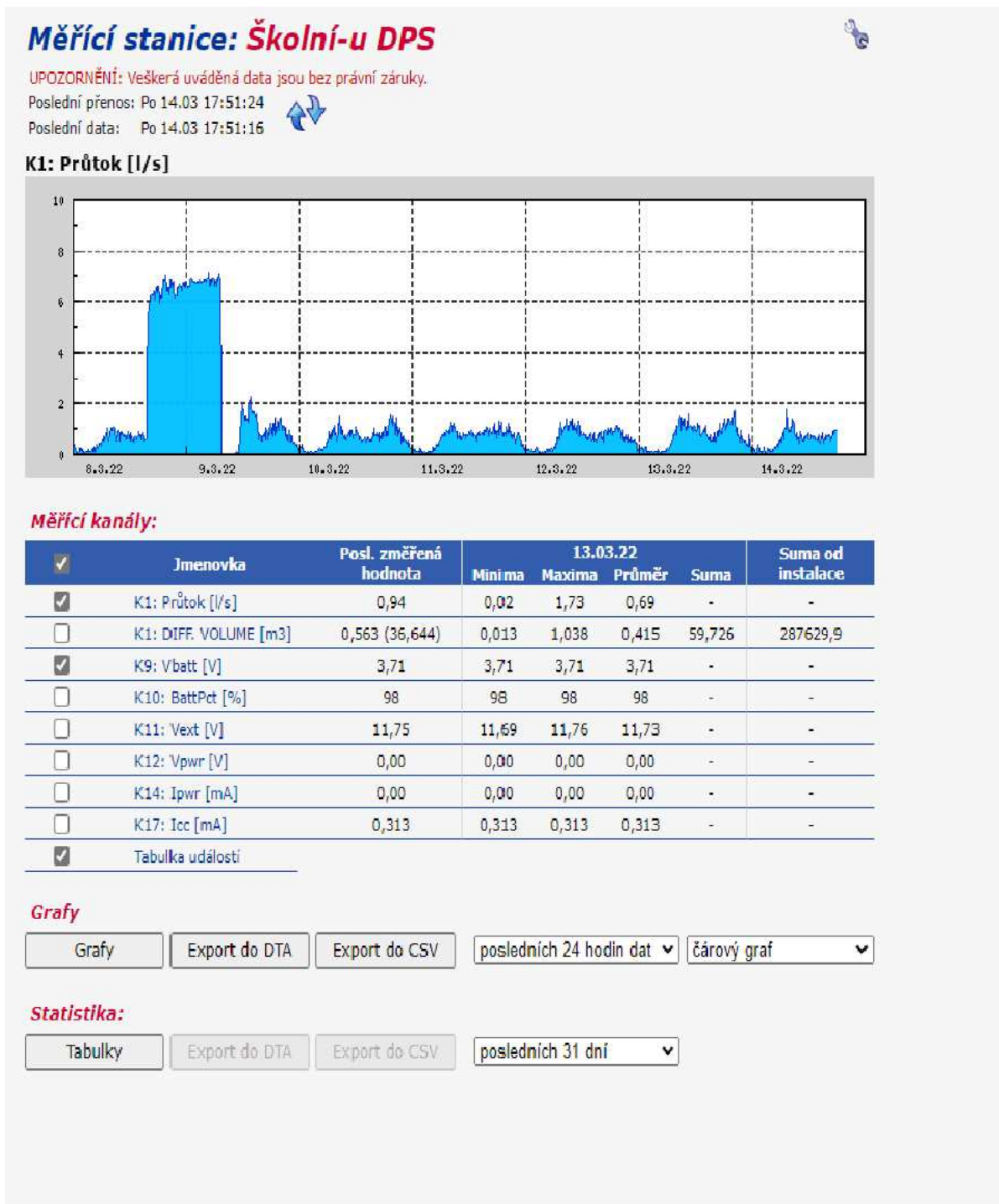
3.1.2 Popis vyhodnocení poruchy

Pro popis poruchy si musíme ujasnit některé termíny, o nichž se více dozvíme v odborné práci (JANA NOVÁKOVÁ, 2017).

- **Minimální noční průtok MNP** – je pravidelně se opakující hodnota průtoku, který měřicí oblastí protéká v určitém časovém úseku. Měřená hodnota průtoku je nejnižší v nočních hodinách, a to především mezi 01:00 a 04:00.
- **Ztráty vody** – rozdíl mezi průtokem naměřeným při vtoku do měřené oblasti a skutečným odběrem.
- **Ztráty na veřejném vodovodu** – ztráty, které vznikají před vodoměrným zařízením, tj. ztráty provozovatele (vlastníka) vodovodu.
- **Ztráty na vnitřním vodovodu** – množství vody, které je odběratelem skutečně odebráno z vodovodní sítě.

Vyhodnocení poruchy můžeme rozdělit na poruchy malého a velkého rázu. Malé poruchy stanice sice zaznamená, jsou to ale ztráty malého rázu v řádu decilitrů a stanice tudíž nezasílá poruchovou SMS zprávu. Děje se tak z důvodu, že by každé menší zvýšení průtoku měřenou oblastí bylo měrnou stanicí H1 ihned ohlášeno na pohotovostní služební mobil SMS zprávou jako havárie. Šlo by tak o poruchy, na jejichž odhalení je nutné použít akustické přístroje. Tato zbytečná poruchová situace by nastávala poměrně často, a to z důvodu ztrát na vnitřním vodovodu odběratelů, kteří například napouští bazén, protéká jim WC, zapomenou zavřít kohoutek na zahradě nebo jim v nemovitosti praskne vnitřní rozvod vody. Tyto situace, kdy odběratel něco zapomene puštěné, jsou poměrně časté a většinou netrvají déle než 24 hodin. Tyto ztráty na vnitřním vodovodu často odběratel odhalí sám. Je však samozřejmé, že při ranní kontrole průtoků a při každém zjištění nočního navýšení průtoku v měřené oblasti nad hodnotu minimálního nočního průtoku viz. (JOSEF FOJTŮ, ROMAN BOUDA, 2007) vyjíždí pracovník hledat poruchu. V případě nalezení malé poruchy je samozřejmě odběratel upozorněn na tuto skutečnost.

Dále jsou to poruchy velkého rázu, které nám stanice ohlásí do několika minut po jejich vzniku. Pro odhalení této havárie pracovník okamžitě po přijetí havarijní SMS zprávy vyjíždí hledat místo poruchy na vodovodním potrubí. K odhalení těchto poruch jsou také používány akustické přístroje Protec 6000 a korelátor Eureka 3, ale ve většině případů jsou nalezeny obchůzkou zasažené oblasti.



Obrázek 3.8: Ukázka velké poruchy stanice H1 U DPS

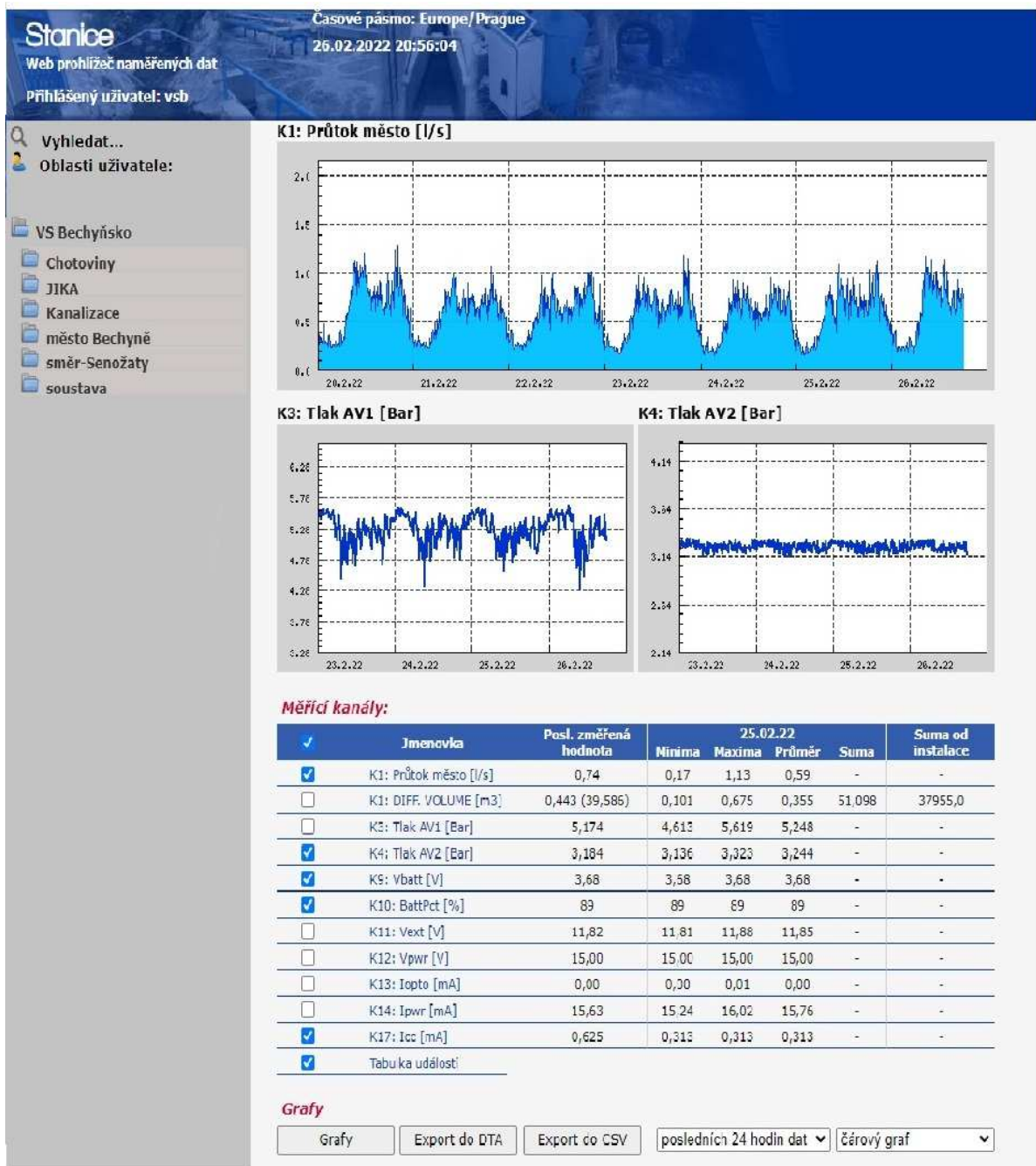
Na obr. 3.8 lze vidět průběh měření průtoku v oblasti měrné stanice Školní u DPS. V tomto případě nastala porucha velká. MNP touto oblastí je 0,04 l/s. Je zde zobrazen průtok z období 8. 3. – 14. 3. 2022. Je patrné, že 8. 3. v 15:30 začíná stoupat průtok oblastí

a dochází k poruše na potrubí. Běžný průtok zde měřenou oblastí během dne nepřekračuje 1,5 l/s. Výjimka, kdy průtok je vyšší, nastává v případě napouštění městského bazénu, o tom je však provozovatel informován, tudíž není zvýšený průtok vyhodnocen jako porucha. V případě popisované poruchy se průtok zvedl až na 7,15 l/s. Stanice má nastavenou poruchovou SMS zprávu, která se aktivuje při překročení hodnoty průtoku nad danou mez. V tomto případě je mez nastavena tak, že při překročení průtoku nad 3,5 l/s na dobu delší než 10 minut je odeslána SMS zpráva na pohotovostní telefon služby. Po přijetí SMS zprávy pracovník s akustickými přístroji vyráží hledat poruchu do oblasti sídliště Obránců Míru a do přilehlých ulic.

V případě této havárie se jednalo o poruchu velkého rázu, nalezena ale byla během krátké chvíle i bez použití akustických přístrojů na vyhledávání poruch. Po nalezení je porucha co nejdříve opravena a místo je uvedeno do původní podoby.

Vždy je důležité posuzovat nutnost okamžitého odstavení pitné vody dle toho, jaké instituce by byly nečekaně omezeny. Složitější je to například u Domova pro seniory apod. U poruch malého rázu se jedná o malé ztráty vody. Tyto poruchy, jak bylo již výše zmíněno, se vyhodnocují na základě minimálního nočního průtoku, kdy je odběr v měřené oblasti nejmenší. Pro zjištění MNP je nutné dlouhodobě sledovat měřenou oblast a určit hodnotu minimálního nočního průtoku oblastí. Na ten má vliv velikost měřené oblasti, délka potrubí, počet odběratelů, typ zástavby atd. V měřené oblasti se pravidelně provádí preventivní hledání poruch pomocí akustických přístrojů s cílem snížit pomyslný minimální noční průtok na co nejnižší hodnotu.

Pro představu je zde popsán vznik malé poruchy v místě měřeném stanicí U Zuzany. Stanice měří městskou část Větrov, náměstí a přilehlé ulice. Hodnota MNP této oblasti je 0,02 l/s. Při preventivním vyhledávání poruch a snižování MNP je hodnota této ztráty téměř nedohledatelná. Na obr. 3.9 je vidět, že 17. 2. 2022 kolem 22:00 hodiny začíná lehce stoupat průtok. Druhý den při kontrole průtoků bylo toto navýšení v oblasti U Zuzany zjištěno pracovníky. Porucha se začíná hledat. Zde byla nalezena v místním hotelu, kde protékal záchod, což dělalo rozdíl oproti MNP této oblasti 0,2 l/s. Pro představu, pokud protéká WC 0,2 l/s denně tak přes něj proteče 17,28 metrů kubických vody. Odběratel za pouhý den zaplatí cca 1700 Kč. Správce hotelu je samozřejmě okamžitě upozorněn na tento stav. Z grafu je však vidět, že protékající WC majitel šest dnů neřešil. Jeho nečinností se mu závada zbytečně prodražila o 10200 Kč. Na druhou stranu bez systému měřicích stanic H1 by odhalení poruchy trvalo déle a majitele by tato situace přišla na mnohem více peněz.



Obrázek 3.9: Ukázka malé poruchy ze stanice H1 U Zuzany

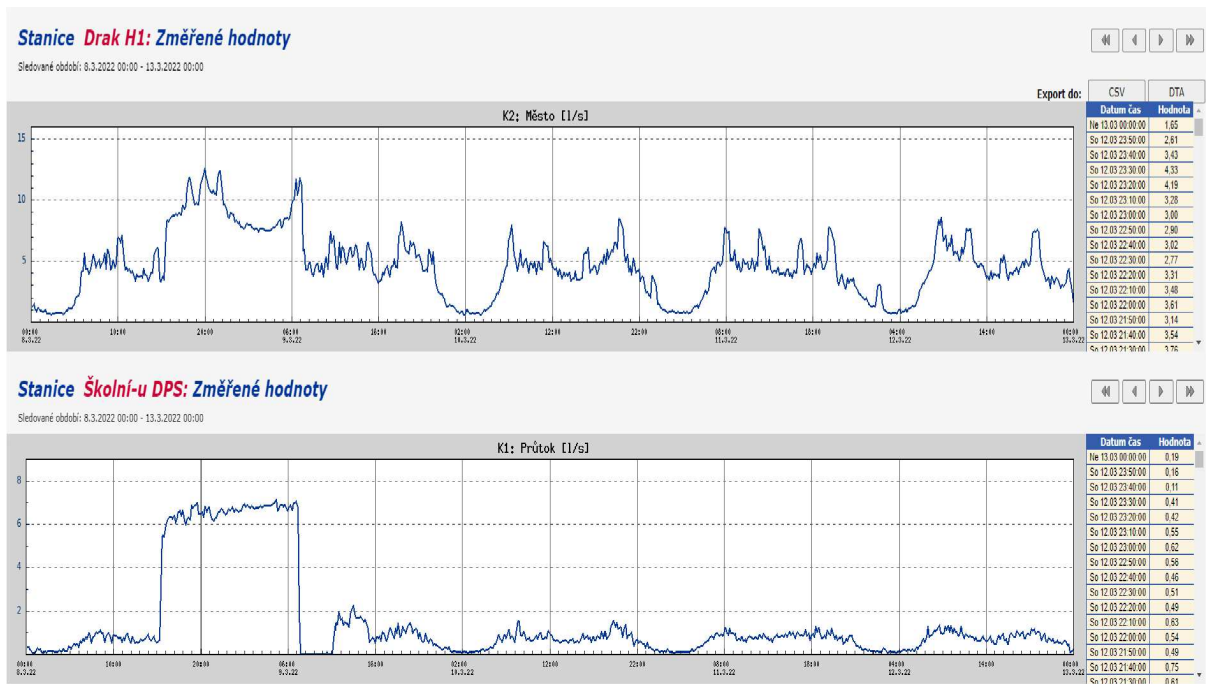
Kapitola 4

Popis vodoměrných stanic jako celku a jejich testování

Pro správnou kontrolu měřených oblastí je třeba postupovat systematicky. Hlavní měrnou stanicí je stanice U Draka. Do té vede hlavní přívod pitné vody, která dále teče do ostatních měřených oblastí. V případě malé či velké poruchy se průtok stanicí U Draka zvýší. Součet průtoků ostatních stanic by se měl v ideální podobě rovnat průtoku stanicí u Draka. Ta má také své havarijní a varovné SMS zprávy, ale kvůli velikosti celé oblasti jimi nelze sledovat části města, pouze město jako celek. Proto jsou havarijní SMS zprávy u této stanice nastaveny na havarijní průtok nad 14,5 l/s po dobu 10 minut. To už by byla porucha opravdu veliká. Pro kontrolu měřených oblastí to znamená, že pokud je malý únik vody například na náměstí T. G. Masaryka, zvýšený průtok bude vidět na průběhu měřeného průtoku na stanici U Draka i na stanici U Zuzany.

Na grafech znázorněných na obr. 4.1 ze dne 8. 3. je zaznamenán případ, kdy odpoledne nastala porucha v měřicí oblasti Školní u DPS na sídlišti Obránců Míru. Jelikož se zvýšil průtok na stanici Školní u DPS, zvedl se tak i průtok zaznamenaný na stanici U Draka. Právě toto rozdělení města na různé oblasti je velice efektivní při vyhledávání poruch a snižování ztrát na pitné vodě.

U každé oblasti se několik týdnů vyhodnocoval MNP. V průběhu vyhodnocování byly měřené oblasti několikrát kontrolovány akustickými přístroji na vyhledávání poruch. Byly použity přístroje Protec 6000 a korelátor Eureka 3. Cílem bylo vyhledat poruchy na potrubí a tím snížit hodnotu MNP oblastí. Tato kontrola se běžně provádí během normálního provozu. Ideální MNP oblasti je samozřejmě hodnota průtoku 0 l/s, toho ale lze docílit jen u nově vybudovaných vodovodních řadů a jen s velkými obtížemi.



Obrázek 4.1: Ukázka poruchy viditelné na stanici U Draka a U DPS

4.1 Testování

První větší testování proběhlo v měrné oblasti Školní u Nové školy při měření průtoku v l/s. Zde se vybudovala vodoměrná šachta a osadila nová měrná stanice H1. U počátečního nastavení bylo nutné vyzkoušet přesnost měření této stanice H1. Přesnost měření ovlivníme nastavením dvou parametrů archivace. Počáteční hodnota intervalu archivace byla nastavena na 15 minut a základní interval archivace na 30 minut. K nastavení archivace jsou důležité právě tyto dva parametry: **interval archivace** a **základní interval archivace**.

Základní interval archivace určuje čas, po kolika minutách proběhne měření veličiny ve stanici. Interval archivace určuje čas, za který bude uložena do paměti přístroje průměrná hodnota z naměřených hodnot načtených ze základního intervalu archivace. V případě, že máme nastavený základní interval archivace na 15 minut, stanice měří hodnotu průtoku po 15 minutách. Pokud je interval archivace nastaven na 30 minut, po 30 minutách se tak uloží průměrná hodnota ze dvou vzorků naměřených po 15 minutách do paměti přístroje. Bylo zkoušeno nastavení parametrů archivace jak prodlužovat

tak i zkracovat. Při pokusech byla zohledněna přesnost měření a energetická náročnost. Nejvýhodnější variantou se ukázalo nastavení obou parametrů archivace na 10 minut.



Obrázek 4.2: Školní u Nové školy

V průběhu testování se došlo k závěru, že je výhodné přidat ke stanici další zdroj energie v podobě automobilové baterie 12V/64 Ah. Je s ní sice těžší manipulace a je třeba vytvořit železnou konstrukci pro umístění baterie, nespornou výhodou je však prodloužení energetické výdrže stanice a finanční úspora při provozu. Z počátku bylo také nutné vypnout nastavení varovných SMS zpráv, a to z jednoduchého důvodu. Nebyla známa maximální hodnota průtoku oblastí, nejprve se tedy určila hodnota maximálního průtoku oblastí a poté se nastavila horní mez pro zaslání varovných SMS zpráv.

Po zkušenostech s nastavením parametrů měřicí stanice Školní u Nové školy se parametry ostatních stanic H1 nastavovaly vždy podobně. Velice se také osvědčily tlakové snímače Danfos, viz. obr. 3.6. Ze stávajícího provozu je nám známo, že životnost snímače se pohybuje v řádu let a jeho spolehlivost je velice vysoká. Při používání snímačů průtoku Opto OD na obr. 3.7(a) a VLP na obr. 3.7(b) se více osvědčil snímač Opto OD. Je přesnější a má delší životnost. Je však náročnější na spotřebu elektrické energie, a proto jsou nadále využívány oba druhy snímačů.

Některé vodoměrné šachty jsou občas zatopené nebo v nich není místo na dodatečný 12voltový zdroj. Proto se snímač Opto OD používá jen v místech, kde je možnost rozšířeného napájení pomocí autobaterie. Jak je vidět na obr. 4.3, zde místo na dodatečný zdroj napětí není, a proto je použit snímač průtoku VLP10. Také je zde vidět, v jakých špatných podmínkách je schopna stanice bezproblémově fungovat.



Obrázek 4.3: Vodoměrná šachta Písecká

Kapitola 5

Závěr

Cílem této absolventské práce bylo vytvořit soustavu vodoměrných šachet, ve kterých jsou zapojeny telemetrické stanice H1 využívající se pro měření průtoků, tlaků a ztrát v částech města Bechyně. V kapitole 2 je popsána problematika telemetrie a v této aplikaci použitý Hydro Logger H1. V kapitole 3 je vysvětleno nastavení parametrů stanice H1 pomocí programu MOST a vytvoření soustavy stanic. V kapitole 4 najdeme vyhodnocení soustavy a testování stanice H1 v měrné oblasti Školní u Nové školy.

Naměřená data z těchto stanic H1 jsou přes GPRS přenášena na vodohospodářský dispečink. Nejpodstatnějším cílem bylo snížit ztráty pitné vody na vodovodním potrubí. Záměrem bylo vyrovnat hodnotu množství vody dodané do oblastí města s hodnotou vody odebrané koncovými zákazníky a tedy vody vyfakturované.

Po zapojení měrných stanic se při pravidelných kontrolách akustickými přístroji a při určování minimálních nočních průtoků (MNP) postupně odhalilo několik poruch na potrubí. Tím se snížily rozdíly vody dodané a odebrané koncovými zákazníky. Cíl byl tedy úspěšně splněn.

Byla tak vybudována soustava stanic s měřicími stanicemi H1 zajišťující kontrolu průtoků, měření ztrát a tlaků na vodovodním potrubí části města Bechyně.

Vybudování a vystrojení měrných šachet bylo časově náročné. Jednalo se o dlouhodobější projekt, ve kterém bylo nutno spojit náročné stavební části budování vodoměrných šachet s co nejmenším omezením koncových zákazníků. Jedinou výraznější komplikací byla delší doba získání vyjádření provozovatelů ostatních sítí, na které mají 30denní lhůtu. Tím se několikrát zkomplikovalo plánování prací a odstávek vody pro koncové zákazníky.

Z počátku bylo uvažováno o využití stanic M4016, bylo od ní ale upuštěno z důvodů její vyšší ceny a nevhodnosti pro tuto aplikaci. Postupně se však ukázalo, že stanice H1 plně vyhovuje požadavkům provozu. Rovněž v rovině monitoringu i spolehlivosti oznámení

havárie do pohotovostního systému. V počátečním užívání bylo nutné několikrát upravovat nastavené parametry měřicích kanálů, například upřesnění měření pomocí archivace nebo nastavení varovných a havarijních SMS zpráv. Po zkušebním provozu, který proběhl ve vodoměrné šachtě Školní u Nové školy, byly již tyto počáteční problémy s nastavením parametrů vyřešeny. Připojení a zprovoznění dalších měřicích stanic H1 bylo tudíž o dost jednodušší.

Vybudování soustavy stanic přineslo úsporu pitné vody v jednotkách procent. Snížením ztrát pitné vody došlo samozřejmě i k úspoře elektrické energie, nutné při čerpání vody ke koncovým zákazníkům.

Kromě ekonomického hlediska bylo další přidanou hodnotou tohoto projektu i hledisko ekologické. Voda, která by unikla netěsnostmi v potrubí se zbytečně nevsákne do země a elektrická energie potřebná k distribuci pitné vody není zbytečně spotřebována.

Rozšiřování soustavy měřicích stanic H1 se zdá být rozumným a efektivním krokem vedoucím k lepším výsledkům v oblasti snižování ztrát na vodovodních řadech.

Literatura

FIEDLER A KOLEKTIV (2009), *Malá telemetrická stanice pro vodárenské aplikace*, Fiedler AMS s.r.o.

JANA NOVÁKOVÁ (2017), Vyhodnocení minimálních nočních průtoků ve vodovodní síti, (Absolvenstská práce), Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodaření obcí, Brno.

JOSEF FOJTŮ, ROMAN BOUDA (2007), *Monitoring sítě pomocí telemetrie GSM – součást procesu řízení ztrát*, Vak Ostrava a.s.

KOLEKTIV (2006), *Elektronika-polovodičové součástky a základní zapojení*, Praha: BEN – technická literatura. ISBN 80-7300-123-3.

Příloha A

Obsah přiloženého DVD

K této práci je přiloženo DVD s následující adresářovou strukturou.

- Absolventská práce v \LaTeX 2 ϵ : *Absolventská práce zabývající se problematikou měření průtoků a ztrát pitné vody na vodovodním potrubí v Bechyni*
- Fotodokumentace: *Fotodokumentace měřicích stanic a vodoměrných šachet*
- Technické listy snímačů: *Technické listy snímačů použitých pro měření průtoků a tlaku*
- Datasheet stanice H1: *Popis stanice H1*
- Dvořák_AP_2021_2022.pdf – absolventská práce ve formátu PDF

Příloha B

Použitý software

L^AT_EX 2_ε [⟨http://www.miktex.org/⟩](http://www.miktex.org/)

MATLAB/Simulink R2006b [⟨http://www.mathworks.com⟩](http://www.mathworks.com)

Converseen [⟨http://converseen.fasterland.net/⟩](http://converseen.fasterland.net/)

WinEdt 6.0 [⟨http://www.winedt.com/⟩](http://www.winedt.com/)

Software z výše uvedeného seznamu je buď volně dostupný, nebo jeho licenci toho času vlastní Vyšší odborná škola, Střední škola, Centrum odborné přípravy, Sezimovo Ústí, Budějovická 421, kde autor téhož času studoval a vytvořil tuto práci.

Příloha C

Časový plán absolventské práce

Činnost	Časová náročnost	Termín ukončení	Splněno
objednávka telemetrických stanic a snímačů	2 týdny	31.05.2021	29.06.2021
dodání elektrických komponent	4 týdny	30.06.2021	22.07.2021
návrh zapojení stanic	1 měsíc	30.07.2021	17.08.2021
osazení telemetrických stanic	2 měsíce	31.08.2021	1.12.2021
nastavení parametrů telemetrických stanic	4 týdny	31.08.2021	1.12.2021
zkušební provoz	4 týdny	31.08.2021	30.09.2021
AP: kapitola Úvod	2 týdny	10.01.2022	10.2.2022
AP: kompletní text	2 měsíce	30.03.2022	8.5.2022

Příloha D

Fotodokumentace



Obrázek D.1: Ukázka vodoměrné šachty U DPS



Obrázek D.2: Ukázka vodoměrné šachty Písecká



Obrázek D.3: Ukázka vodoměrné šachty U Nové školy



Obrázek D.4: Ukázka vodoměrné šachty U Zuzany



Obrázek D.5: Ukázka stanice H1 U Zuzany



Obrázek D.6: Ukázka vodoměrné šachty U klenot



Obrázek D.7: Ukázka snímače OPTO OD U Zuzany