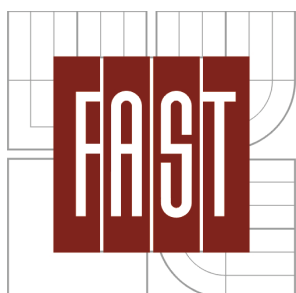




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

ANALÝZA ČASOVÉ ŘADY ODTOKU ODPADNÍ VODY Z TLAKOVÉ KANALIZACE

TIME SERIES ANALYSIS OF THE WASTE WATER FLOW IN THE PRESSURE SEWER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BAEHLOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MARTIN AMBROŽ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN RUČKA Ph.D.

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Martin Ambrož

Název Analýza časové řady odtoku odpadní vody z tlakové kanalizace

Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Ručka, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce 30. 11. 2011

Datum odevzdání bakalářské práce 25. 5. 2012

V Brně dne 30. 11. 2011

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu



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

Podklady a literatura

- 1) ANDĚL, Jiří: Statistická analýza časových řad. 1. vydání, SNTL 1976, Praha, 271 s.
- 2) BERÁNEK, Josef; PRAX, Petr. Tlaková kanalizace. Vyd. 1. Brno : NOEL 2000 s.r.o., 1998. 110 s. ISBN 80-86020-08-8.
- 3) ČSN EN 1671. Venkovní tlakové systémy stokových sítí. Praha : Český normalizační institut, 1998
- 4) ČSN EN 752. Odvodňovací systémy vně budov. Praha : Český normalizační institut, 2008
- 5) Wastewater Technology Fact Sheet : Sewers, Pressure. In MEYERS, F.E. [online]. Niskayuna, NY : EPA U.S., 9/2002. Dostupné z WWW: nepis.epa.gov. EPA 832-F-02-006.

Zásady pro vypracování

Cílem práce je provést analýzu časové řady naměřených hodnot odtoku odpadní vody z tlakové kanalizace malé obce do 2000 obyvatel. Student v první fázi připraví teoretický metodický postup pro provedení analýzy, provede rešerši dostupných softwarových nástrojů pro analýzu časových řad. Podstatnou část práce bude tvořit interpretace výsledků a srovnání s průběhem průtoků v gravitační kanalizaci.

Předepsané přílohy

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací



Ing. Jan Ručka, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKTY A KLÍČOVÁ SLOVA

Abstrakt

Práce se zabývá analýzou časové řady odtoku odpadní vody z tlakové stokové sítě a podrobným statistickým vyhodnocením v obci Štěpánovice. V rámci práce bylo provedeno podrobné vyhodnocení změřené časové řady průtoků po pěti minutách za čtyři kalendářní měsíce. Zpracování dat bylo provedeno v softwarových programech STATISTICA a MS Excel s výstupem určení průměrného a maximálního denního průtoku, maximálního a minimálního hodinového průtoku a součinitelů denního, hodinového a minimálního součinitele nerovnoměrnosti. Současně s tím bylo zjištěno se statistickou pravděpodobností počet současně pracujících čerpadel tlakové kanalizace obce Štěpánovice.

Klíčová slova

System tlakové kanalizace

Stoková síť

Domovní čerpací jímka

Čerpadlo

Indukční průtokoměr

Analýza časové řady

Abstract

This Bachelor Work is describing the time series analysis of outlet from pressure waste water sewerage and detailed statistic data evaluation in village Štěpánovice. In terms of this Work there were realized detailed evaluation of measured time series of flow by 5 minutes in 4 calendar months. Data evaluation was realized by software programme STATISTICA and MS EXCEL with output to determination of an average and maximal daily flow, maximal and minimal hourly flow and coefficient of non-uniformity. At the same time there was found out with statistic probability number of simultaneous running pumps of pressure sewerage of Štěpánovice village.

Key words

System of pressure sewerage

Sewerage

Domestic pumping station

Pump

Induction flowmeter

Time series analysis

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

AMBROŽ, Martin. *Analýza časové řady odtoku odpadní vody z tlakové kanalizace*. Brno, 2012. 70 s., 1 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Jan Ručka, Ph.D.

.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne20.5.2012

.....

podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Tímto srdečně děkuji vedoucímu diplomové práce panu Ing. Janu Ručkovi Ph.D. za cenné rady a připomínky při zpracování této diplomové práce.

OBSAH

1	ÚVOD	9
1.1	Obecně o tlakové kanalizaci	9
1.1.1	Dělení stokových soustav	10
1.2	Postup při dimenzování	12
1.3	Cíle Práce	12
2	TLAKOVÁ KANALIZACE	13
2.1	Historie	13
2.2	Popis principu a používaných systémů.....	13
2.2.1	Popis tlakové kanalizace	13
2.3	Popis konstrukčních prvků.....	15
2.3.1	Hlavní části systému	15
2.4	Způsoby dimenzování a pozorování	17
2.4.1	Návrhové požadavky.....	17
3	POPIS SOUČASNÉHO STAVU TSS V ŠTĚPÁNOVICÍCH	18
3.1	Popis obce.....	18
3.2	Popis systému.....	19
3.2.1	Trubní síť	19
3.2.2	Čerpadlo a čerpací jímka (čj)	19
3.2.3	Měření průtoku.....	22
4	STATISTICKÁ ANALÝZA ČASOVÉ ŘADY	26
4.1	Popisující charakteristiky základního souboru	26
4.1.1	Pravděpodobnostní funkce	26
4.1.2	Statistické charakteristiky	28
4.2	Dostupné softwarové nástroje	33
4.2.1	Volně šiřitelný software	34
4.2.2	Licencované softwary	40
4.2.3	Závěr	46
5	VYHODNOCENÍ ČASOVÉHO PRŮBĚHU ODTOKU Z KANALIZACE	47

5.1 Stanovený metodický postup analýzy a hodnoty	47
5.1.1 MS Access.....	47
5.1.2 MS Excel.....	48
5.2 Vyhodnocení časové řady odtoku za listopad a prosinec 2010	49
5.2.1 Listopad a prosinec 2010 ve dnech pracovních a pracovního klidu	50
5.2.2 Listopad a prosinec 2010 ve dnech pracovních (DP)	51
5.2.3 Listopad a prosinec 2010 ve dnech pracovního klidu (DPK).....	52
5.2.4 Statistické vyhodnocení časové řady odtoků z tlakové kanalizace za listopad a prosinec 2010	53
5.3 Vyhodnocení časové řady odtoku za duben a květen 2011	55
5.3.1 Duben a květen 2011 ve dnech pracovních a pracovního klidu	56
5.3.2 Duben a květen 2011 ve dnech pracovních (DP)	57
5.3.3 Duben a květen 2011 ve dnech pracovního klidu (DPK).....	58
5.3.1 Statistické vyhodnocení časové řady odtoků z tlakové kanalizace za listopad a prosinec 2010	59
5.4 Shrnutí.....	61
6 ZÁVĚR.....	62
7 POUŽITÁ LITERATURA	64
7.1 Seznam použité literatury.....	64
7.2 Odkazy na další zdroje a prameny	64
SEZNAM TABULEK	65
SEZNAM OBRÁZKŮ	66
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	68
SEZNAM PŘÍLOH.....	69
SUMMARY.....	70

1 ÚVOD

1.1 OBECNĚ O TLAKOVÉ KANALIZACI

Tlaková kanalizace se rozvíjí v rámci vědeckotechnologického oboru stokování, za přispění silících ekologicko-ekonomických tlaků. Účelem tlakové kanalizace je bezpečné a především hospodárné odvedení odpadních vod ze zájmové oblasti. Za tradiční způsob odvodnění zájmového území ČR lze považovat jednotnou či oddílnou stokovou soustavu, založenou na gravitačních, beztlakových principech dopravy odpadní vody. Na takto fungujících stokových sítích byl za běžných provozních podmínek tlakový režim tolerován ve výjimečných případech, např. u přečerpávacích – zvyšovacích, shybek nebo škrťících tratí za odlehčovací komorou. [2]

V současné době jsou v popředí zájmu oboru stokování, vedle rekonstrukcí stávajících přetížených stokových sítí jednotné stokové soustavy a také problémy s odkanalizováním. Při pohledu na území bez kanalizace je patrné, že se jedná o oblasti s plochým či zvlňným reliéfem terénu. V těchto oblastech nejsou kanalizovány zdroje znečištění. Tyto zdroje jsou rozptýleny na rozloze přesahující polovinu našeho území státu. Jsou to území často spjatá s rekreačními oblastmi, rezervacemi a ochrannými pásmy zdrojů pitné vody. Především v tomto by měl být spatřován smysl stálého odkanalizování takových oblastí. Ve zmíněných oblastech se jeví tradiční způsoby odkanalizování jako nevhodná, těžko realizovatelná až technicky a zejména ekonomicky neproveditelná. [2]

Při odkanalizování obcí s rozptýlenou zástavbou je nutno se soustředit na odkanalizování splaškových a průmyslových vod. Srážkové vody je dobré v těchto oblastech odvést jiným způsobem jako například v povrchových příkopech a jejich množství redukovat v zasakovacích příkopech. Je patrné, že pro zbývající relativně nízké průtoky silně znečištěných odpadních vod je hospodárnější budovat oddílnou splaškovou kanalizaci. Ovšem v takových případech gravitační systém nevykazuje potřebnou samočisticí schopnost (požadovaná unášecí síla větší jak $4 \text{ N}\cdot\text{m}^{-2}$) což vede k zvyšování nákladů při provozování. Nutnost hlubokého založení stok při zajištění spádu s sebou vedou různé komplikace. Jsou to zejména jejich velké množství, stavba revizních šachet a dále pak požadavek dosažení požadované vodotěsnosti systému. Klasické, gravitační sítě infiltrují velké množství balastních vod, které mohou snížit ekonomickou efektivitu při čištění odpadních vod odvedených na čistírny odpadních vod. [2]

Vzrůstající potřeba odvodnění zbývajících, nekanalizovaných oblastí vedla k uzákonění „netradičních“ alternativních způsobů odvodnění urbanizovaného území. V ČSN EN 752 Odvodňovací systémy vně budov. Citovaná norma povoluje využívat tlakové a podtlakové systémy odvodnění. Již v minulosti se používaly tyto systémy na území ČR. Jako příklad

můžeme uvést odkanalizování Ferdinandových kasáren v Praze principem podtlakové kanalizace již před téměř 125 lety. [2]

Důvody a okolnosti proč při návrhu lze upřednostnit takový způsob odkanalizování:

- Rozptýlená zástavba
- Nevhodná morfologie terénu
- Zájmové území s několika samostatnými povodími a společnou ČOV
- Široké ulice nebo terasovitá zástavba, kde by situace vyžadovala souběh gravitačních stok
- Nepříznivé podmínky pro zakládání stok. Jako je zvýšená hladina podzemní vody, skalní podloží v malé hloubce atd.
- Mezi další může být i vysoká hustota inženýrských sítí nebo jiné překážky jako například vodní toky.

1.1.1 Dělení stokových soustav

Podle způsobu soustředění odvádění odpadních vod rozlišujeme soustavy:

- Jednotná stoková síť
- Dělená stoková síť
- Modifikovaná stoková síť

Podle způsobu dopravy odpadních vod

- Tradiční, gravitační stoková síť
- Alternativní

Stokové soustavy podle způsobu soustředění a odvádění odpadních vod

- Jednotná stoková síť

V rámci jednotné stokové soustavy jsou dopravované všechny druhy odpadních vod společnou trubní sítí do čistíren odpadních vod.

- Dělená stoková síť

Nejčastěji jedna soustava odvádí splaškové vody a druhá soustava odvádí vody srážkové.

- Modifikovaná stoková síť

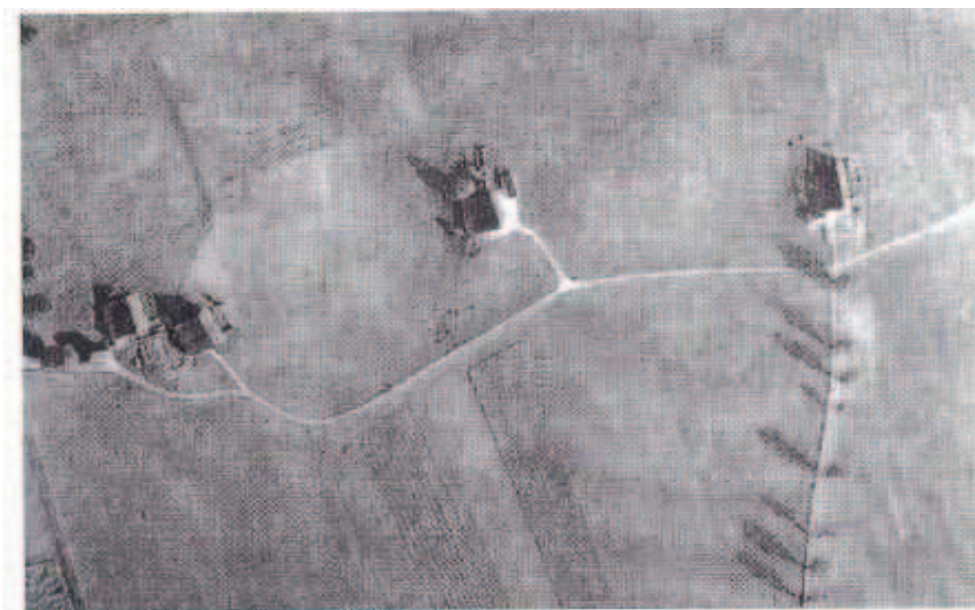
Splaškové vody jsou odváděny hluboko uloženými stokami, dešťové vody mělce uloženým potrubím.

Alternativní způsoby odkanalizování lze členit na:

- Tlakovou kanalizační síť s použitím zařízení na hydraulickém nebo pneumatickém principu
- Podtlakovou a vakuovou
- Malo-profilovou gravitační kanalizaci, která se používá pro již předčištěné odpadní vody

Musíme si uvědomit, že odkanalizování alternativními způsoby vede k volbě technologie a návrh parametrů čistírny odpadních vod. Při jejich návrhu je nutno odlišit jiný režim hydraulického a látkového zatížení oproti klasickým gravitačním stokovým sítím. Při zaústění tlakového systému přímo na čistírnu odpadních vod je nutno kontrolovat maximální přítoky ze systému. Především s ohledem na hydraulické a látkové zatížení čistírny odpadních vod.

[2]



Obr. 1.1 Příklad umístění tlakové kanalizace

1.2 POSTUP PŘI DIMENZOVÁNÍ

Cílem před-projekční přípravy je získat takové množství statisticky reprezentativních údajů, které je možno vyhodnotit a považovat takto vytvořený soubor za reprezentativní. Pokud je k dispozici takto vytvořený soubor dat, je možno konstatovat, že dimenzování tlakové kanalizace je možno provést nejenom správně technicky, nýbrž i s aspektem cenové optimalizace.

1.3 CÍLE PRÁCE

Cílem práce je podrobné vyhodnocení změřené časové řady průtoků odpadní vody (OV) po pěti minutách a to za dva měsíce. Vybrat v jakém softwaru budeme tuto časovou řadu zpracovávat a podrobným vyhodnocením zjistit průměrné a maximální denní průtoky, maximální a minimální hodinové průtoky a součinitele denní, hodinové a minimální součinitele nerovnoměrností. Prioritním úkolem je zjistit, kolik čerpadel poběží současně v celém systému obce Štěpánovice a s jakou pravděpodobností.

2 TLAKOVÁ KANALIZACE

2.1 HISTORIE

Zvyšování čerpacích stanic na klasických stokových sítích mají dlouholetou tradici. Také čerpání splaškových vod ze septiků níže položených domů do gravitační kanalizace a čerpání anaerobně stabilizovaného kalu z žump je využíváné celou řadu let. [2]

Za průkopnický projekt tlakové kanalizace je v USA považován návrh systému odvodnění 42 domů v Radcliffu (Kentucky, 60-léta). Mortimer Clift zde nechal patentovat (1965) systém vybavený pneumatickými ejektory s mělniči, tlakovými přípojkami profilu DN 75 a hlavním tlakovým řadem DN 100. Ze začátku systém nebyl využit kvůli problémům s technickým zařízením. Postupem času se problémy vyřešily a projekt se stal vzorovým konceptem tlakové kanalizace v dalších letech. [2]

Tlaková kanalizace, jako celoplošný odvodňovací systém, však byla ve velkém měřítku využita v šedesátých letech v Hamburku. [2]

2.2 POPIS PRINCIPU A POUŽÍVANÝCH SYSTÉMŮ

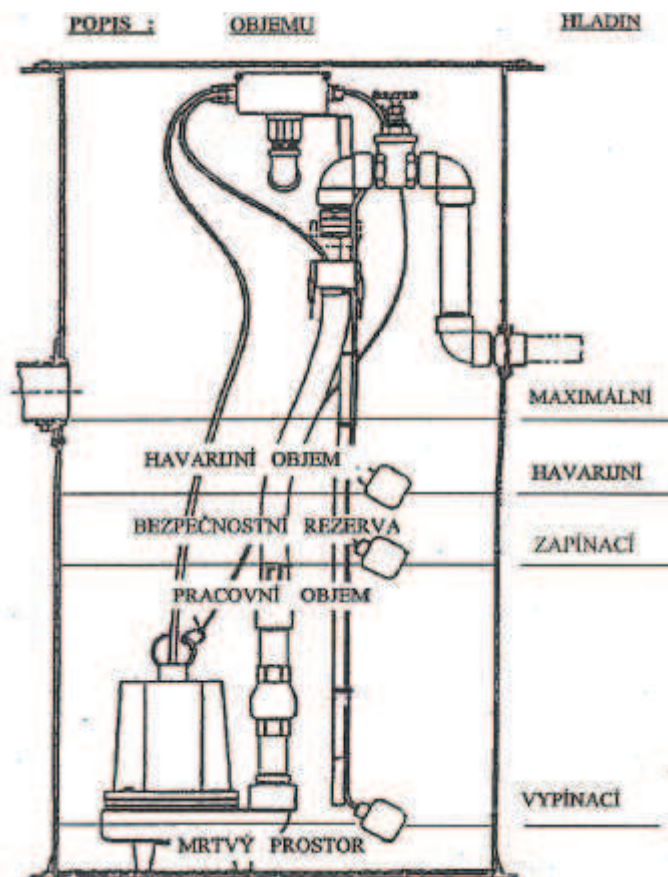
2.2.1 Popis tlakové kanalizace

Tlakové odkanalizování je založeno na principu přetlaku uvnitř větvené či okružové trubní dopravní sítě. Vnitřní přetlak (běžný provozní přetlak cca. 20 – 50 m v.sl.) vyvozují čerpadla umístěná v čerpacích stanicích (dále jen „domovní čerpací jímka“ – DČJ). DČJ jsou umístěny v blízkosti odvodňovacích objektů. Z majetkoprávních důvodů je optimální, má-li každá nemovitost svojí vlastní čerpací jímku. Vhodné je také napojení čerpadla v DČJ na elektrickou energii přes samostatné měřidlo spotřeby. Přítok odpadní vody do DČJ z nemovitosti přes domovní přípojku je gravitační. Systém se doporučuje pro plochá či mírně zvlněná území. Čerpání „z kopce nebo přes kopce“ se nedoporučuje. Důvodem jsou možné poruchy stability tlakového režimu v síti. [2]

Čerpadlo v DČJ je za běžného režimu řízeno v závislosti na hladině vody v DČJ („zapínací“ a „vypínací“ hladina, Obr. 2.1). Hladina v jímce, od které nastává vzduť, musí být projekčně stanovena („maximální“ hladina, Obr. 2.1) a její dosažení předem signalizováno („havarijní“ hladina Obr. 2.1) [2]

Jednotlivé pracovní objemy v DČJ oddělují tyto objemy:

- Pracovní objem – objem mezi „vypínací“ a „zapínací“ hladinou.
- Bezpečnostní rezerva – Vyrovňovací objemová rezerva pro pokrytí rozdílu mezi maximálním přítokem a dopravním množstvím čerpadla v období přítokové špičky (cca. 3 minuty) z domovní přípojky
- Havarijní objem – Souvisí s dobou plnění jímky, za kterou je schopen provozovatel zajistit opravu.
- Mrtvý prostor – Je dán požadovanou výškou sacího hrdla nade dnem, a vypínací hladinou nad sacím hrdlem, aby nedocházelo k nasávání vzduchu.



Obr. 2.1 Rozdělení objemů (BERÁNEK, NAVRHOVÁNÍ TLAKOVÉ KANALIZACE, 2000)

2.3 POPIS KONSTRUKČNÍCH PRVKŮ

2.3.1 Hlavní části systému

K hlavním částem systému patří

- Sběrná jímka
- Čerpadlo
- Automatická tlaková stanice
- Tlakové potrubí
- Trubní spoje
- Uzavírací armatury

Sběrná jímka

Jímka, do které přitékají gravitačně odpadní vody. Tato jímka může mít formu sběrné nádrže nebo sběrné šachty (Definice podle normy ČSN EN 1671). [3]

Zdroje tlaku:

Čerpadlo osazené u sběrné jímky, které vyvozuje tlak pro dopravu odpadních vod potrubním systémem. Na vybraných místech mohou být napojeny automatické tlakové stanice pro doplnění tlakového vzduchu do potrubního systému. [3]

Čerpadla

Pro tlakovou kanalizaci se používají čerpadla Odstředivá s oběžným kolem či objemová čerpadla, která mají nejstrmější charakteristiku. Jsou to taková čerpadla, které vykazují relativně malé změny čerpaného množství při proměnlivých výtlačných výškách. Podle zkušeností jsou hospodárnější čerpadla s čerpaným množstvím do 4 l/s, při výtlačných výškách max. 50 m v.sl. a elektrickým příkonem do 3,5 kW. [2]

Protože se náklady na sítě mělníciho systému (včetně DČJ) ukazují jako hospodárnější, jsou v současné době DČJ vybavovány čerpacími agregáty s mělnicím zařízením. [2]

Čerpadla využitelná pro tlakovou kanalizaci dělíme:

- Podle umístění: na čerpadla do suché jímky
 na čerpadla ponorná
- Podle konstrukce: na čerpadla odstředivá
 na čerpadla objemová
- Podle vstrojení: na čerpadla s mělnicím zařízením
 na čerpadla bez mělníciho zařízením

Automatická tlaková stanice

Osazují se na tlakovou síť k zlepšení průtoků čerpaného množství odpadních vod, kde lze použít tlakový vzduch. Je-li nutný tlakový vzduch, osadí se automatická tlaková stanice na horním konci toho úseku, který toto zlepšení vyžaduje. Automatické stanice mohou být vybaveny kompresory, tlakovými (větrníky) a přetlakovými ventily nebo kompresory přímo napojené na tlakové potrubí bez tlakové nádoby. [3]

Trubní síť

Potrubí se ukládá v nezámrazné hloubce, doporučená minimální výška krytí je 1,0 až 1,2 m. Na stokové síti se zřizují ve spojných uzlech nebo přibližně po cca 300 m sekční uzávěry. Jednotlivé provozní sekce by měly mít možnost gravitačního odvodnění. V takovém případě je nutno síť mezi sekčními uzávěry spádovat v minimálním sklonu 0,2 % (směrem od zavzdušňovacích hydrantů ke kalníkům). [2]

Trubní materiály pro tlakovou kanalizaci je velký sortiment např. PVC.HD-PE, sklolaminát, ocel i tvárná litina.

Potrubí musí vyhovět vnějším i vnitřním tlakům, přičemž jeho pevnost je v dlouhodobém měřítku ovlivněna korozivními vlivy a teplotou přepravovaného média. Podle ČSN EN 1671 navrhujeme tlakovou trubní síť na přetlak PN 10. [2]

Trubní spoje

Musí vykazovat hladkou vnitřní plochu bez zúžení profilu, aby bylo zabráněno usazováním a ucpáním. [3]

Uzavírací armatury

Pro usnadnění obsluhy a údržby a za účelem lokalizování netěsností a provádění oprav se musí osazovat uzavírací armatury. [3]

2.4 ZPŮSOBY DIMENZOVÁNÍ A POZOROVÁNÍ

2.4.1 Návrhové požadavky

Potrubí

Tlaková kanalizační síť se navrhuje z trub PN 10 minimální jmenovité světlosti DN 80, v případě mělníciho systému je možno za minimální profil považovat DN 50. Americké parametry uvádějí u přípojek typickou světlost 32 mm. V praxi se vyskytují světlosti od 19 do 38 mm. Navrhované minimální dimenze souvisí od zvoleného systému. K nejmenším je možno přikročit u systému předřazených septiků. [2]

Minimální rychlosti

Z důvodů nebezpečí sedimentace pevných látek musí být dosaženo nejméně jednou za 24 hodin minimální průtočné rychlosti 0,7 m/s. Rychlost nižší než 0,7 m/s může být za určitých provozních podmínek povolena za předpokladu, že bude splněna předchozí podmínka.

Pokud čerpadly není možno dosáhnout požadovaných rychlostí v potrubí. Je nutno uvažovat o použití tlakovzdušného systému k periodickému proplachování TSS (tlakového systému stokových sítí). [3]

Maximální doba zdržení

Odpadní vody nemají zůstat v systému déle než 8 hodin, aby bylo zabráněno tvorbě plynů v systému. Tato doba se může lišit v závislosti na národních a místních předpisech a místních podmínkách. [3]

Havarijní podmínky

Objem havarijního vzduť, například při výpadku elektrického proudu, může zajistit samotná sběrná jímka a popřípadě do ní ústící gravitační potrubí. Havarijní objem musí odpovídat nejméně 25% celkového průměrného denního přítoku odpadní vody. Tento objem se počítá nad obvyklou spínací hladinou čerpadel. [3]

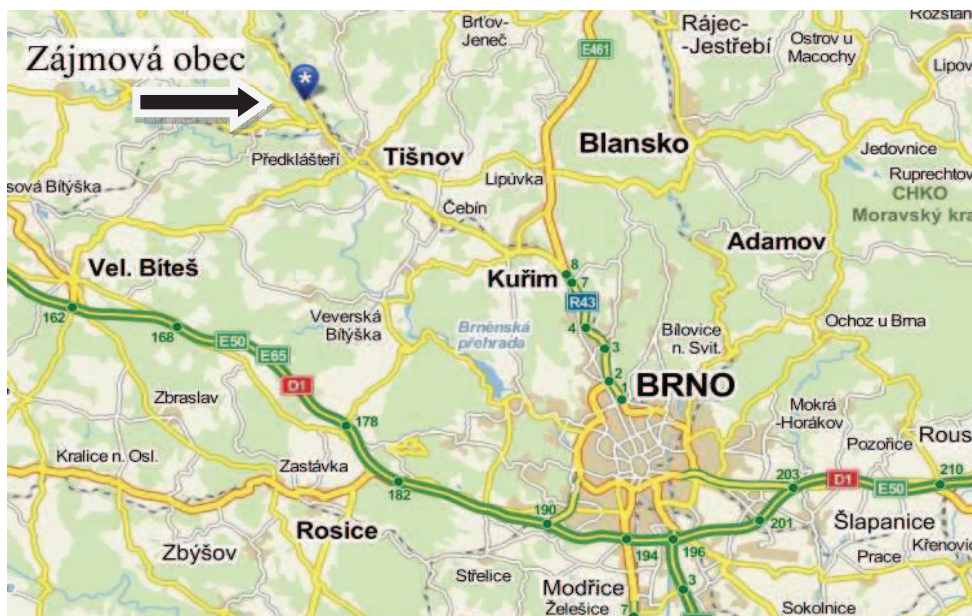
Zásobování elektrickou energií

Při navrhování je třeba zajistit dostačené zásobní celého systému elektrickou energií. [3]

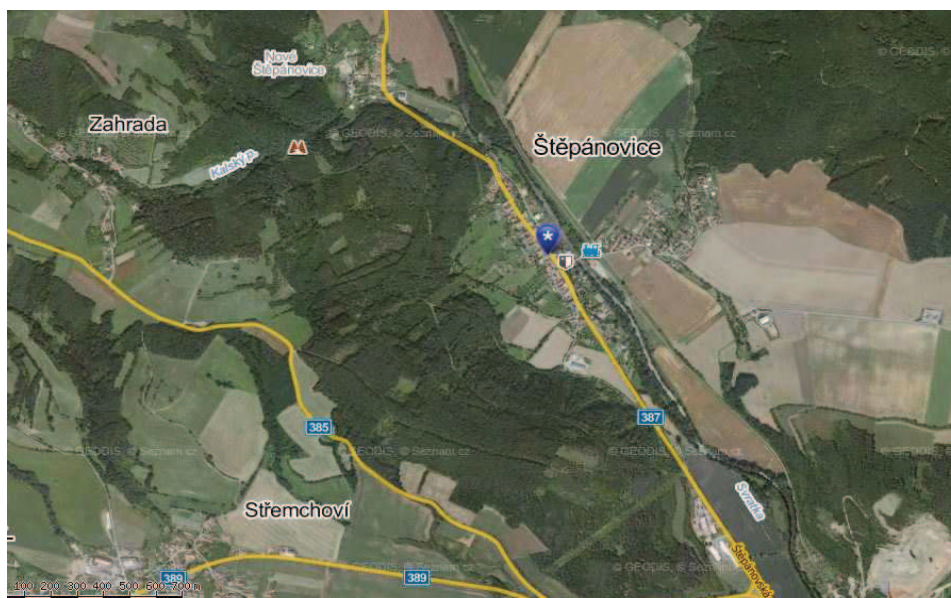
3 POPIS SOUČASNÉHO STAVU TSS V ŠTĚPÁNOVICÍCH

3.1 POPIS OBCE

Obec Štěpánovice se nachází asi 4 km od Tišnova. Obcí prochází státní silnice II/387 směr Nedvědice – Tišnov a protéká jí vodní tok Svratka. Rozsah zástavby se pohybuje v rozmezí nadmořských výšek od 258 m.n.m. do 280 m n.m., současný počet nemovitostí je 157. V obci Štěpánovice žije trvale cca 463 obyvatel a do obce dojíždí zhruba 30 obyvatel na rekreaci. [8]



Obr. 3.1 Poloha obce Štěpánovice (www.mapy.cz)



Obr. 3.2 Poloha obce Štěpánovice – orto-foto snímek (www.mapy.cz)

3.2 POPIS SYSTÉMU

V celé obci Štěpánovice je odkanalizování řešeno pomocí tlakového stokového systému, který v roce 2003 vyprojektovala prostějovská firma NEPTUN PRESSKAN s.r.o. V roce 2006 byla kanalizace předána do provozu obci, která je jejím provozovatelem. Délka kanalizačního systému je 8708,2 m z materiálu PE 100 De 110 – 40. Odpadní vody z obce čerpá 160 čerpacích jímek osazených u jednotlivých nemovitostí a následně jsou odpadní vody z obce odváděny 2,0 km dlouhým výtlačkem do Předklášteří. Tam odpadní voda volně natéká do gravitační kanalizace a odtéká na čistírnu odpadních vod v Březině. Pro stanovení množství odpadních vod, které odtékají z obce Štěpánovice je na konci výtlačného řadu umístěn indukční průtokoměr. [8]

Čerpadla osazená v čerpacích jímkách jsou objemová od firmy NEPTUN PRESSKAN s.r.o., čerpací jímky jsou betonové s maximální kapacitou 900 l a to pro případ výpadku elektrické energie či poruchy čerpadla, standardní zbytkové množství odpadní vody po sepnutí je 300 l. Čerpadla jsou napojena na elektrorozvod z domácností. [8]

3.2.1 Trubní síť

Trubní síť tlakové kanalizace je provedena z PE 100 v dimenzi De 110 – 40 v celkové délce 8708,2 m. Grafické znázornění topologie trubní sítě viz. *příloha č. 1 – Topologie TSS v obci Štěpánovice*. [8]

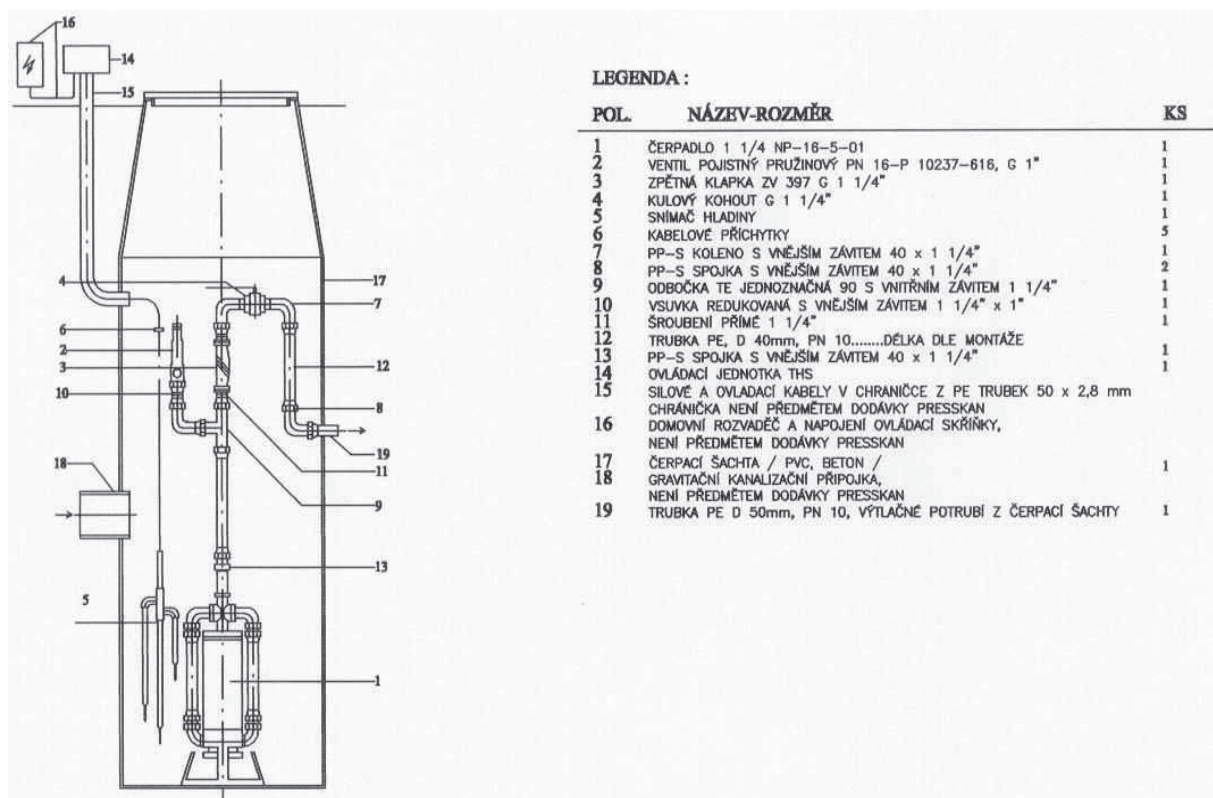
3.2.2 Čerpadlo a čerpací jímka (čj)

U každého rodinného domu je čerpací jímka pro tlakovou kanalizaci, v které je osazeno jedno čerpadlo od firmy NEPTUN PRESSKAN s.r.o. (Obr. 3.3) Odpadní voda teče přípojkou gravitačně do čerpací jímky, kde se hromadí. Po nastoupení odpadní vody do určité výšky se čerpadlo zapne a vytlačí vodu až na čistírnu odpadních vod.



Obr. 3.3 Umístění čerpacích jímek pro každou nemovitost jednotlivě (Presskan.cz)

Je zde použito objemové čerpadlo s drtičem nečistot. Čerpadlo funguje na objemovém principu, tzn. že čerpadlo s výkonem 1,1 kW dodává konstantní objem 40 l/min. Čerpadlo je schopno překonat ztráty způsobené převýšením až 60m, nebo ztráty při přepravě splašků (tření) do vzdálenosti 5 – 8 km při stále konstantním průtoku 40 l/min. Činnost čerpadla je ovládané automatikou v závislosti na hladině splaškových vod v jímce. [8]



Obr. 3.4 Schématický řez čerpací jímkou (Presskan.cz)



Obr. 3.5 Čerpací jímka (Presskan.cz)

Čerpadlo 1 ¼“ NP

Motor čerpadla je vyroben z nerezového pláště, těleso čerpadla je z litiny, obtoky jsou provedeny z plastových armatur, hydraulika je vyrobena ze speciální pryže pro splaškové vody obsahující tuky. [8]

Čerpadlo je schopno rozmělnit a přepravit částice (Obr.3.6), které jsou ve splaškových vodách, neboť je čerpadlo vybaveno řezacím zařízením (Obr.3.7). [8]



Obr. 3.6 Čerpadlo 1 ¼“ NP (Presskan.cz)



Obr. 3.7 Horní řada zleva (řezací zařízení): nůž, řezací kruh
Dolní řada zleva (hydraulika): hřídelka motoru, kryt kloubu, rotor, stator (Presskan.cz)

3.2.3 Měření průtoku

Měřené množství odtoku odpadní vody z obce Štěpánovice zajišťuje elektromagnetický indukční průtokoměr od brněnské firmy ELA, spol. s.r.o. Je osazen na konci 2 km dlouhého výtlačného řadu a to před nátokem odpadní vody do tlakové kanalizace (Obr 3.9). K průtokoměru je osazena řídicí jednotka MQI 99 (Obr.3.8). Průtok měří v intervalech po 5–ti minutách.



Obr. 3.8 Elektromagnetický indukční průtokoměr

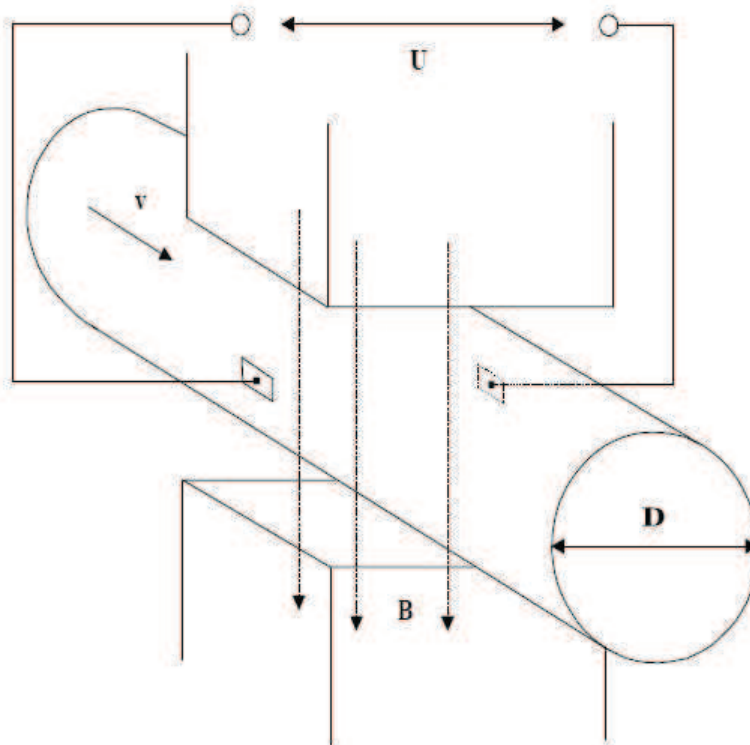


Obr. 3.9 Osazení indukčního průtokoměru v šachtě

Indukčním průtokoměrem jsme získávali data v období od 1.11.2010. do 1.9.2011. Během tohoto období jsme získali cca 90.000 měření, které budeme dále vyhodnocovat.

Princip činnosti indukčního snímače

Vznik napětí na elektrodách při pohybu vodivé tekutiny v magnetickém poli jen základem činnosti moderní a perspektivní skupiny průtokoměrů podle norem označovaných jako indukční, poněvadž se vznik napětí na elektrodách při proudění vysvětluje Faradayovým indukčním zákonem. Ve skutečnosti, jak bude v dalším ukázáno, vznik napětí je důsledkem Lorentzova zákona. Označení, lépe vyznačující fyzikální podstatu průtokoměru je elektromagnetický průtokoměr. Navíc existuje průtokoměr pracující na duálním principu označující jako magnetoelektrický. Proto je správnější používat označení průtokoměr elektromagnetický místo indukční. Fyzikální podstatu průtokoměru lépe vystihuje v cizí literatuře poměrně často požívaný název magnetický průtokoměr k označení indukčního. [5]



Obr. 3.10 Schéma principu elektromagnetického průtokoměru (<http://www.elabrno.cz>)

Měření je založeno na principu Faradayova zákona o elektromagnetické indukci, podle něhož se v elektricky vodivém tělese, pohybujícím se v magnetickém poli, indukuje elektrické napětí (Obr. 3.10). Pro toto napětí platí následující vztah (obecně):

$$U = B \cdot D \cdot v$$

- kde:
- U... indukované napětí
 - D... průměr potrubí
 - v... vektor stř. průtočné rychlosti
 - B... magnetická indukce

Jsou-li magnetická indukce pole B i průměr potrubí D konstantní, pak indukované napětí je úměrné střední rychlosti proudění kapaliny. Kapalina protéká průtokoměrem kolmo na směr magnetického pole. Pohybem kapaliny, která musí mít určitou minimální elektrickou vodivost, se indukuje určité elektrické napětí, snímané dvěma elektrodami umístěnými kolmo na směr magnetického pole i směr průtoku. Magnetické pole průtokoměru je vytvářeno budícím proudem s obdélníkovým průběhem, který je generován v převodníku a přiveden na budící vinutí snímače. Systém vynuceného proudu zabezpečuje konstantní buzení za všech okolností, které se v provozu mohou vyskytnout. [11]

Tab. 3.1 Magneticko – indukční snímače (ELA BRNO, 2012. <http://www.elabrno.cz>)

Tabulka průtoků pro 1 m / s				Konstrukční rozměry a hmotnosti indukčních snímačů								
DN	m ³ / h	l / min.	l / s	DN	PN	Rozměry [mm]				Hmotnost		
						A	B	D1	D2	d	n	kg
10	0,283	4,712	0,079	10	16	150	153	90	60	14	4	2,5
15	0,637	10,62	0,177	15	or 200	155	155	95	65	14	4	2,5
20	1,131	18,85	0,314	20		160	160	105	75	14	4	3
25	1,767	29,452	0,491	25		167	167	115	85	14	4	3,5
32	2,895	48,255	0,804	32		180	180	140	100	18	4	5
40	4,524	75,398	1,257	40		185	185	150	110	18	4	6
50	7,069	117,81	1,964	50		200	191	191	165	125	18	4
65	11,946	199,1	3,318	65	209		209	185	145	18	4	8
80	18,096	301,59	5,027	80	224		224	200	160	18	8	9,5
100	28,274	471,23	7,854	100	250	245	245	220	180	18	8	12
125	44,179	736,31	12,272	125		276	276	250	210	18	8	15
150	63,617	1060,3	17,671	150	300	305	305	285	240	22	8	20
200	113,10	1885	31,42	200		350	350	340	295	22	12	36
250	176,71	2945,2	49,087	250	400	430	430	405	355	26	12	58
300	254,47	4241,2	70,686	300		500	487	487	460	410	26	12
350	346,36	5772,7	96,211	350	500	542	542	520	470	26	16	85
400	452,39	7539,8	125,66	400		600	615	615	580	525	30	16
450	572,26	9537,5	158,96	450	600	657	657	640	585	30	20	120
500	706,86	11781	196,35	500		750	750	715	650	33	20	160
600	1017,9	16965	282,74	600		870	870	840	770	36	20	190
700	1384,7	23079	384,65	700	700	927	927	910	840	36	24	260
800	1809,6	30159	502,65	800		1050	1050	1025	950	39	24	350
900	2289,1	38151	635,85	900	900	1145	1145	1125	1050	39	28	450
1000	2827,4	47124	785,4	1000		1000	1285	1285	1255	1170	42	28

Přesnost měření může být negativně ovlivněna následujícími vlivy

- Vodivost kapaliny je menší než 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, u demineralizované vody 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Není zaplněn celý profil snímače
- Není rovnoměrný průtok v oblasti snímače (uklidňovací délky nátoky a výtoku)
- Rychlosti proudění je menší než 0,3 m/s

[11]

4 STATISTICKÁ ANALÝZA ČASOVÉ ŘADY

4.1 POPISUJÍCÍ CHARAKTERISTIKY ZÁKLADNÍHO SOUBORU

Základní soubor má nekonečně mnoho realizací nebo konečný počet realizací, když jsou k dispozici všechny, co mohou existovat. Popisující charakteristiky, které se v hydrologii používají pro popis souborů hydrologických dat jsou pravděpodobnostní funkce a statistické charakteristiky. [9]

4.1.1 Pravděpodobnostní funkce

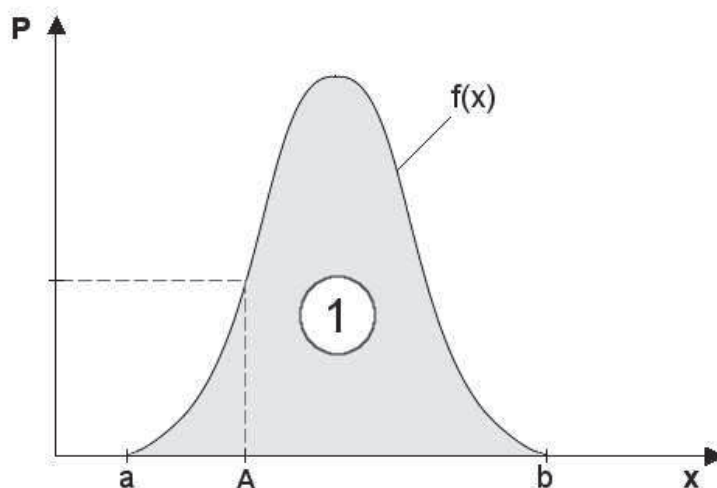
Hustota pravděpodobnosti

Hustota pravděpodobnosti je funkce, která vyjadřuje pravděpodobnost výskytu realizace náhodné veličiny. Pro danou realizaci A platí

$$f(A) = P[x = A] \quad (4.1)$$

Hustota pravděpodobnosti může být zleva i zprava uzavřená (a, b jsou příslušné meze) nebo otevřená. Velikost plochy pod křivkou je rovna jedné (Obr. 4.1)

Hustota pravděpodobnosti patří do skupin tzv. diferenciálních čar. Jejimi integrálními tvary jsou další pravděpodobnostní křivky – distribuční funkce a funkce pravděpodobnosti překročení výskytu daného jevu. [9]



Obr. 4.1 Graf hustoty pravděpodobnosti. (M. Starý, Hydrologie, 2005)

Distribuční funkce

Distribuční funkce popisuje, s jakou pravděpodobností bude náhodná veličina X menší nebo rovna hodnotě A .

$$F(A) = P[x \leq A] = \int_a^A f(x) dx \quad (4.2)$$

Distribuční funkce je neklesající funkce, nabývá hodnoty od nuly do jedné. [9]

Funkce pravděpodobnosti překročení

Funkce pravděpodobnosti překročení (čára překročení) určuje, s jakou pravděpodobností bude náhodná veličina větší nebo rovna hodnotě A . Tato funkce v praxi například udává, s jakou pravděpodobností bude dosažen nebo překročen určitý průtok v daném profilu na toku. Platí

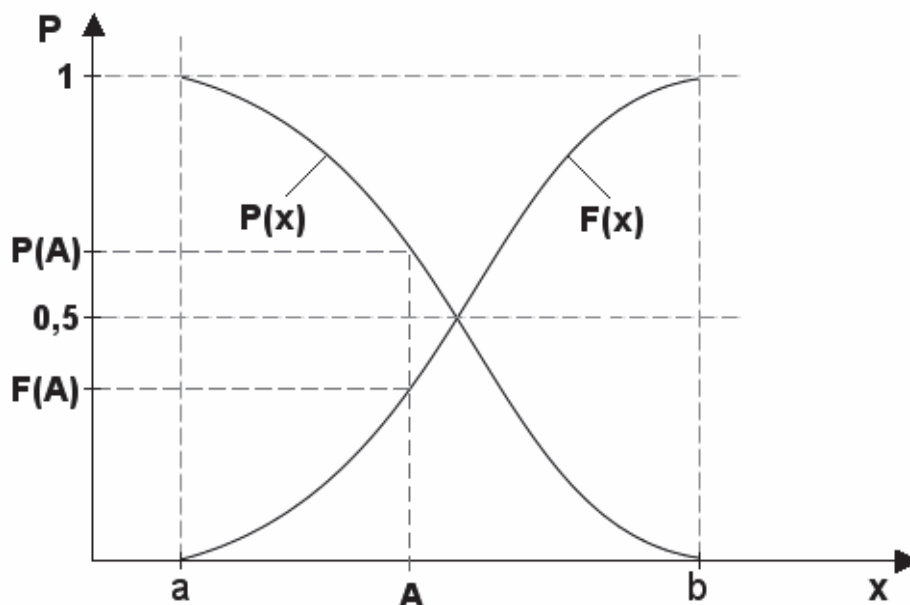
$$F(A) = P[x \geq A] = \int_a^A f(x) dx \quad (4.3)$$

Čára překročení je tedy nerostoucí funkce a nabývá hodnoty od jedné do nuly. Mezi distribuční funkcí a funkcí pravděpodobnosti překročení je vztah

$$F(A) + P(A) = 1 \quad (4.4)$$

Hustota pravděpodobnosti, distribuční funkce a čára překročení podávají vyčerpávající informace o náhodné veličině. Pokud je k dispozici jedna z nich, je možné ostatní dvě odvodit. [9]

Graf distribuční funkce $F(x)$ a funkce pravděpodobnosti překročení $P(x)$ je uveden na (Obr. 4.2)



Obr. 4.2 Graf distribuční funkce $F(x)$ a funkce pravděpodobnosti překročení $P(x)$.

(M. Starý, Hydrologie, 2005)

4.1.2 Statistické charakteristiky

Statistické charakteristiky vypovídají o tvaru grafu hustoty pravděpodobnosti.

Statistické charakteristiky, které popisují základní soubor, se nazývají parametry základního souboru. Mezi nejčastěji užívané patří střední hodnota, disperze, směrodatná odchylka, koeficient variace, koeficient asymetrie a koeficient špičatosti. [9]

Parametry základního souboru

Statistické charakteristiky lze zapsat pomocí obecných a centrálních momentů.

Obecný moment se počítá ke vříslici procházející počátkem (osa p) a je definován vztahem

$$m_x = \frac{\int_a^b x^k f(x) dx}{\int_a^b f(x) dx} = \frac{\int_a^b x^k f(x) dx}{1} = \int_a^b x^k f(x) dx \quad \text{pro } k = 1, 2, \dots \quad (4.5)$$

Centrální moment se počítá ke svislici procházející těžištěm T hustoty pravděpodobnosti a se stanoví podle vztahu. [9]

$$M_k(x) = \frac{m_k[x - \mu_x]}{\int_a^b f(x) dx} = \frac{\int_a^b (x - \mu_x)^k f(x) dx}{1} = \int_a^b (x - \mu_x)^k f(x) dx \quad \text{pro } k = 1, 2, \dots \quad (4.6)$$

Střední hodnota

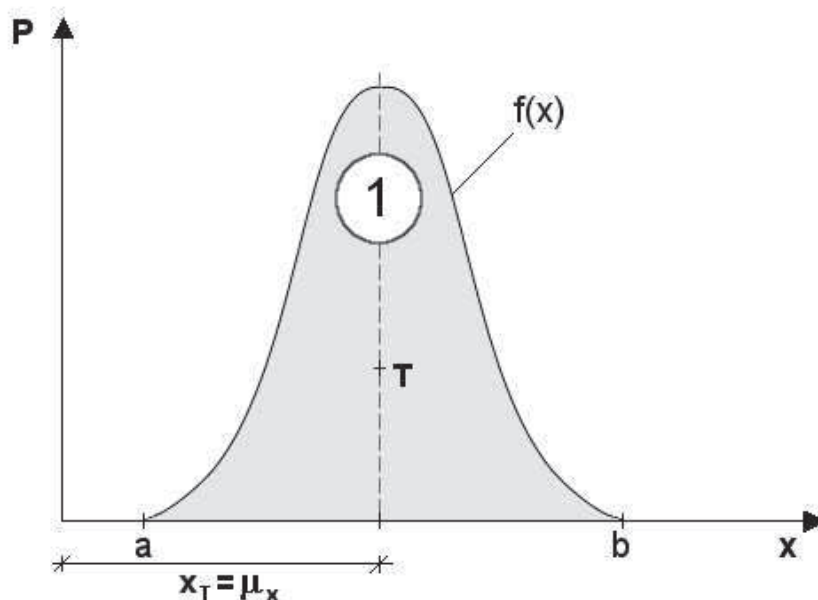
Hodnota prvního obecného momentu ($k=1$) se nazývá střední hodnotou,

značíme ji μ_x a platí:

$$\mu_x = \mu(x) = \mu[x] = m_1 = \int_a^b xf(x) dx \quad (4.7)$$

Střední hodnota patří k tzv. charakteristikám polohy, její hodnota je x-ovou souřadnicí těžiště hustoty pravděpodobnosti (obr. 4.3) [9]

Aby příslušná statistická charakteristika byla stanovena s chybou maximálně 10%. Musíme mít minimálně 20 měření.



Obr. 4.3 Střední hodnota je x-ovou souřadnicí těžiště hustoty pravděpodobnosti.

Disperze (rozptyl)

Hodnota druhého centrálního momentu ($k=2$) se nazývá disperze neboli rozptyl. Značí se D_x , pro její výpočet platí:

$$D_x = D(x) = D[x] = M_2 = m_2(x - \mu_x) = \int_a^b (x - \mu_x)^2 f(x) dx \quad (4.8)$$

Pokud se hodnota disperze blíží nule, je tvar grafu hustoty pravděpodobnosti úzký a špičatý, pokud roste hodnota disperze do nekonečna, je plochý a nízký. [9]

Aby příslušná statistická charakteristika byla stanovena s chybou maximálně 10%. Musíme mít minimálně 40 měření.

Směrodatná odchylka

Odmocnina z disperze se nazývá směrodatná odchylka (někdy se nazývá střední kvadratická odchylka). Značí se σ_x .

$$\sigma_x = \sigma(x) = \sigma[x] = \sqrt{D_x} \quad (4.9)$$

Poznámka

Disperze, směrodatná odchylka a koeficient variace vychází z druhého centrálního momentu. [9]

Aby příslušná statistická charakteristika byla stanovena s chybou maximálně 10%. Musíme mít minimálně 40 měření.

Koeficient variace

Koeficient variace $C_{v,x}$ je definován jako podíl směrodatné odchylky a střední hodnoty.

$$C_{v,x} = \frac{\sigma_x}{\mu_x} \quad (4.10)$$

Koeficient variace se používá k vzájemnému porovnání souboru, ve kterých se hodnoty náhodných veličin se liší například o jeden nebo více řádů. [9]

Aby příslušná statistická charakteristika byla stanovena s chybou maximálně 10%. Musíme mít realizováno minimálně 40 měření.

Koeficient asymetrie (šikmost)

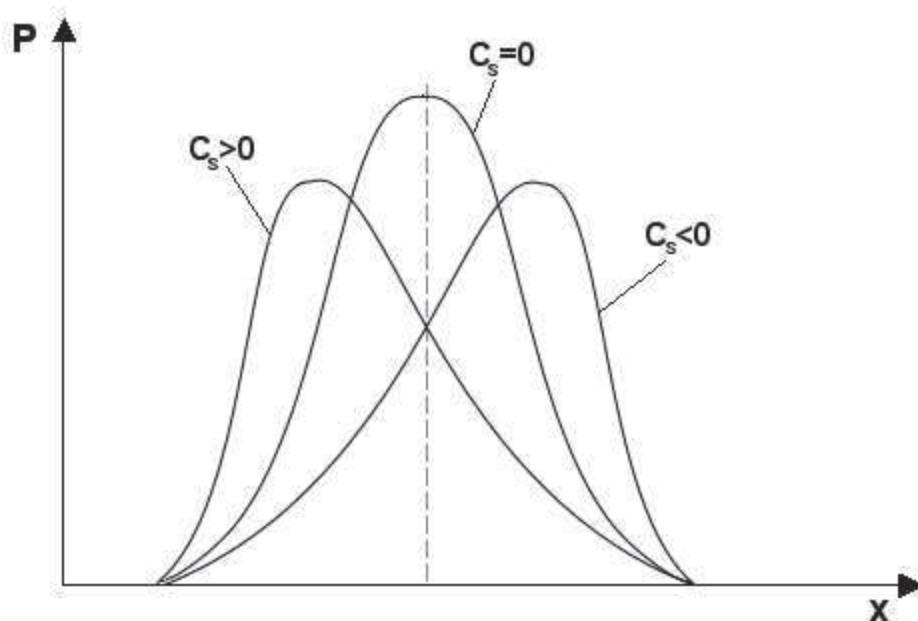
Koeficient asymetrie $C_{s,x}$ vyjadřuje míru asymetrie jevů okolo aritmetického průměru. Určí jako podíl třetího centrálního momentu a třetí mocniny směrodatné odchylky.

$$C_{s,x} = \frac{M_3(x)}{\sigma^3(x)} \quad (4.11)$$

$$M_3(x) = m_3(x - \mu_x) = \int_a^b (x - \mu_x)^3 f(x) dx \quad (4.12)$$

Pokud je $C_s > 0$, naklání se křivka hustoty pravděpodobnosti doleva, pro $C_s = 0$ je symetrický, pro $C_s < 0$ se naklání doprava (Obr. 4.4). [9]

Aby příslušná statistická charakteristika byla stanovena s chybou maximálně 10%. Musíme mít minimálně 80 měření.



Obr. 4.4 Hodnota koeficientu asymetrie vypovídá o naklonění grafu hustoty pravděpodobnosti

Koeficient špičatosti

Koeficient špičatosti E_x (excess) je definován vztahem

$$E_x = \frac{M_3(x)}{\sigma^3(x)} - 3 \quad (4.13)$$

Podíl $\frac{M_3(x)}{\sigma^3(x)}$ je u normálního rozdělení roven 3. Proto je špičatost normálního rozdělení rovna nule. Více plochá rozdělení než normální rozdělení mají $E_x < 0$, pro více špičatá rozdělení je $E_x > 0$.

Vyšších hodnot centrálních momentů se v hydrologické praxi většinou nepoužívá. Je to dáno malými počty realizací, které musí být k dispozici, aby příslušná statistická charakteristika byla stanovena s chybou maximálně 10%. U koeficientu špičatosti je to minimálně 300 měření. [9]

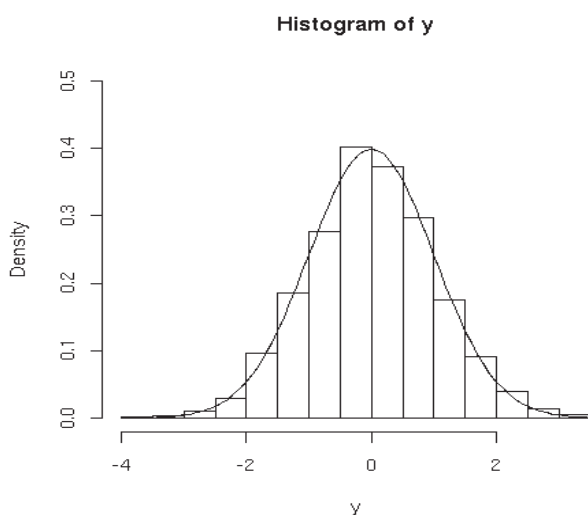
V tab. 4.1 jsou uvedeny nutné počty realizací pro stanovení dané charakteristiky s chybou menší nebo rovnou $\pm 10\%$.

Tab. 4.1 Nutný počet realizací pro odhad statistické charakteristiky s $\pm 10\%$.

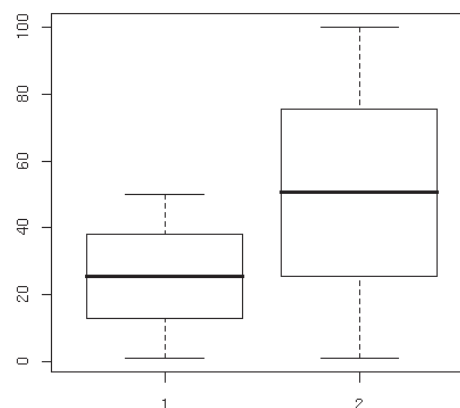
Stat. charakteristika	Počet realizací
μ_x	20
$D_x, \sigma_x, C_{v,x}$	40
$C_{v,x}$	80
E_x	300
$M_5[x]$	1200

4.2 DOSTUPNÉ SOFTWARE NÁSTROJE

Každý statistický software poskytuje rychlý přístup k hodnotám nejčastějších deskriptivních statistik, jako jsou průměr a medián, modus (nejčetnější hodnota) či směrodatná odchylka. Účelem je nalézt číselné charakteristiky, které shrnují vlastnosti dat. Průměr je ideální číselná charakteristika, ale má smysl pouze u dat kvantitativních. Jeho nevýhodou je citlivost na extrémní hodnoty. Průměr představuje jakési těžiště dat, ale jeho použití je třeba předem zvážit. Pro lepší orientaci v datech slouží grafické znázornění. Statistické softwary bývají vybaveny širokou škálou různých grafů, je třeba pouze správně vybrat typ grafu. Nejčastěji používaný je histogram (Obr. 4.5), který je vhodný především pro data intervalového typu. Dalším z oblíbených grafů je například krabicový (Obr. 4.6). Lze sledovat empirické rozdělení dat a další charakteristiky. [13]



Obr. 4.5 Histogram (<http://www.statsoft.cz>)



Obr. 4.6 Krabicový graf (<http://www.statsoft.cz>)

Pokročilé dataminingové metody umožňují dokonce automatický výběr pouze několika nezávisle proměnných, které nejlépe popisují variabilitu zkoumané závislé veličiny. Jakkoli pokročilý používáme software, rozhodování o zahrnutí či nezahrnutí proměnných do modelu i výběr statistických metod musíme zvážit sami. Statistický software rozhodování usnadňuje, a pokud váháme, pro který z několika možných modelů se rozhodnout, pomůže nám jednotlivé modely vyhodnotit a porovnat. [13]

4.2.1 Volně šiřitelný software

Projekt R

R je jazykem a prostředím pro statistické výpočty a grafiku. Jedná se o GNU projekt, podobný jazyku a prostředí S vyvinutému v Bell Laboratories (dříve AT&T, nyní Lucent Technologies) Johnem Chambersem a kolegy. Původní cíl byl vyvinout operační systém se svobodnou licenci. R lze považovat za odlišnou implementaci jazyka S. Existují některé významné rozdíly mezi R a S, nicméně většina kódu napsaného pro S bude beze změn fungovat též v R.

R poskytuje širokou škálu statistických (lineární a nelineární modely, klasické testy, analýza časových řad, klasifikace...) a grafických technik. R je dále snadno rozšiřitelné o další metody. Jazyk S implementovaný v R je velice často volen jako nástroj pro výzkum nových statistických metod, přičemž R samotné poskytuje cestu k účasti na těchto aktivitách.

Jednou z nejsilnějších částí R je snadnost, s kterou lze vytvářet dobře navrhnuté obrázky a grafy v profesionální kvalitě. Do grafů lze snadno v případě potřeby vkládat matematické symboly a vzorce. Standardní nastavení pro kresbu grafů bylo voleno s maximální pečlivostí, nicméně uživateli je ponechána plná kontrola nad výsledným vzhledem grafu (Obr. 4.7).

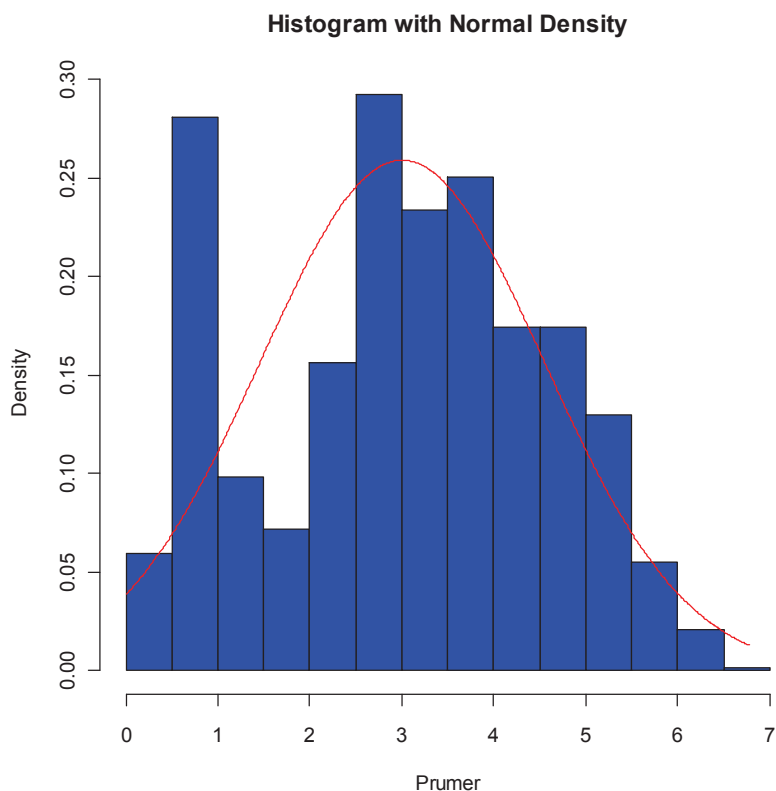
R je dostupné jako volně šiřitelný software (Free Software) při dodržení podmínek GNU General Public License nadace Free Software Foundation (nevylučuje komerční využití programu). R lze zkompilovat a spouštět na mnoha UNIXových platformách a jim podobných systémech (FreeBSD, Linux, ...) a dále v operačních systémech Windows a MacOS. [12]

Analýza dat

R poskytuje softwarové prostředky pro manipulaci s daty, výpočty a grafická zobrazování. R zahrnuje

- prostředky pro efektivní manipulaci a ukládání dat
- sadu operátorů pro výpočty na polích a maticích
- rozsáhlé, konzistentní a integrované prostředky pro analýzu dat
- grafické prostředky pro analýzu a zobrazování data, ať již na obrazovce nebo tištěné podobě
- dobře navržený, jednoduchý a efektivní programovací jazyk obsahující podmínky, cykly, uživatelem definované rekurzivní funkce, prostředky pro vstup a výstup

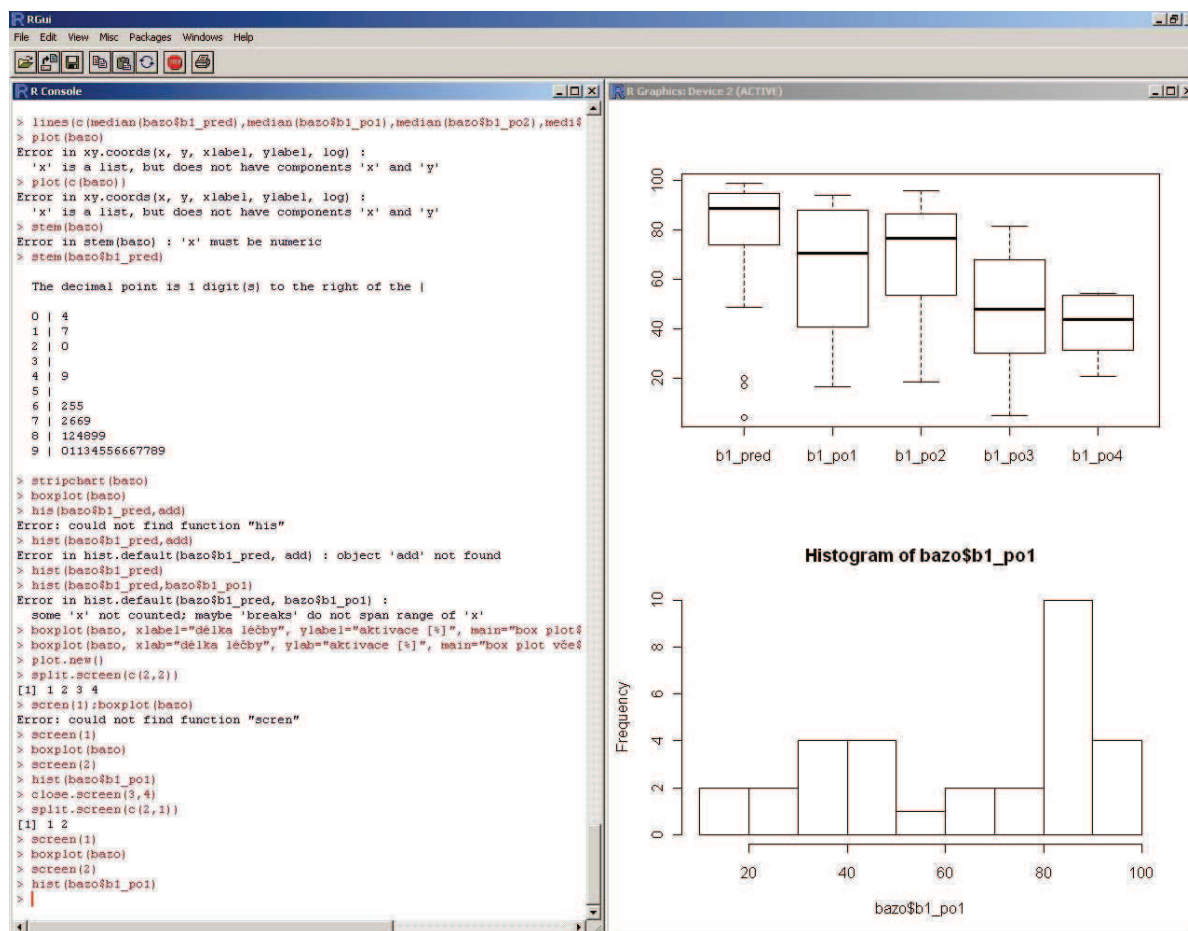
R jako od počátku plánovaný a koherentní systém a odlišit ho od jiných programů pro analýzu dat, jež jsou často pouhými postupně budovanými spojeními velmi speciálních a neflexibilních nástrojů. [12]



Obr. 4.7 Ukázka histogram

R, podobně jako S je navrženo jako skutečný programovací jazyk a umožňuje tedy uživateli přidávat dovednosti definování nových funkcí. Většina samotného systému je napsána v R dialektu jazyka S, což umožňuje uživateli snadno sledovat volené algoritmy. Výpočetně náročné postupy mohou být naprogramovány v C, C++ nebo Fortranu, poté připojeny k R a volány za běhu. Pokročilí uživatelé mohou psát kódy v C, jež přímo manipulují s R objekty.

Mnozí uživatelé si pod R představují statistický software. Je lepší si pod R představit prostředí, v němž jsou kromě jiného implementovány statistické metody. Pomocí balíčků (*packages*) lze R snadno rozšiřovat. Přibližně osm balíčků je součástí oficiální distribuce R. Mnohé další balíčky pokrývající velmi rozsáhlou oblast moderní statistiky jsou dostupné přes CRAN (Comprehensive R Archive Network). [12]



Obr. 4.8 Ukázka prostředí R-projektu (<http://www.ok5tvr.cz>)

Využití R-Projektu

Jak je vidět na (Obr. 4.8), program pracuje na bázi příkazů v programovacím jazyku R. R-projekt je program, který dokáže zpracovat velké množství dat. Jako každý produkt tedy i tento program má své výhody i nevýhody. Je třeba, pokud budeme chtít plně využít tento program znát a tedy se naučit programovací jazyk R. Kromě této skutečnosti program neumožňuje upravovat grafy, tedy není uživatelsky pružný a dle mého soudu i pro náročnější uživatele nebude zřejmě atraktivní. Z těchto důvodů jsme po odzkoušení tohoto programu a to zejména z důvodu vysoké náročnosti zvládnutí programovacího jazyka tento program nevyužili.

Smart MQI

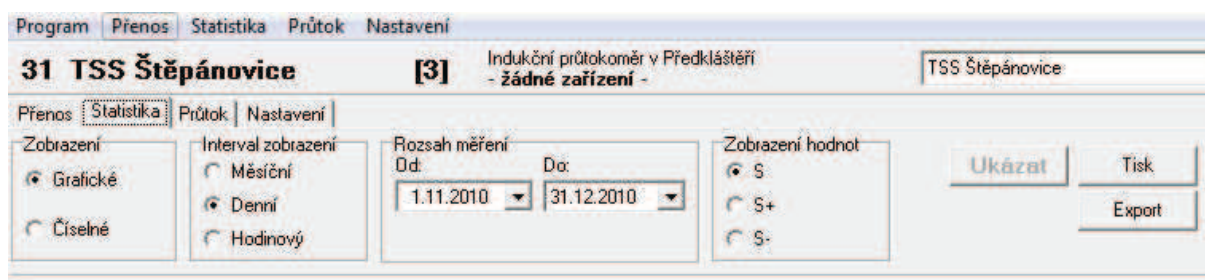
Program SMART MQI je určen pro přenos naměřených údajů z ultrazvukového průtokoměru SMART MQI (9500) a MQI 99 firmy ELA, spol. s.r.o.. Přístroj SMART MQI je ultrazvukový průtokoměr pro otevřené průtočné profily. Vyrábí se v jednobanálním nebo dvoukanálovém provedení. Přístroj měří výšku hladiny, z níž počítá okamžitý průtok a celkové proteklé množství. Průtokoměr a jeho řídicí elektronika je vybavena dlouhodobým statistickým záznamem naměřených hodnot:

- Okamžité hodnoty průtoku a sumy proteklé množství
- Měsíční sumy proteklého množství
- Denní sumy proteklého množství
- Hodinové sumy proteklého množství
- 5-minutové průměry průtoku

Statistické záznamy jsou vedeny ve vlastní operační paměti. Tato paměť je napájena z vnitřní baterie a tím má zabezpečeno uchování uložených dat i po odpojení od napájecího zdroje. Data v paměti průtokoměru se po přenosu do PC nemažou a mohou být opakovaně přenášena. Velikost paměťového prostoru průtokoměru je schopna pojmout naměřené údaje v rozsahu 2 měsíců (pro oba kanály A i B). Po této době se začnou přepisovat nejstarší uložené hodnoty. Z tohoto hlediska je nutné, aby uživatel uložené hodnoty ve vnitřní paměti průtokoměru přenesl k archivaci a tisku protokolů do PC a to v bezpečné periodě, aby nedošlo ke ztrátě naměřených hodnot. [11]

Záložka "Statistika"

Po úspěšném přenosu a načtení dat do databáze je možno data zobrazovat v tabulce nebo v grafické vyjádření. Zobrazují se pouze data, které se již přenesly do PC. [11]



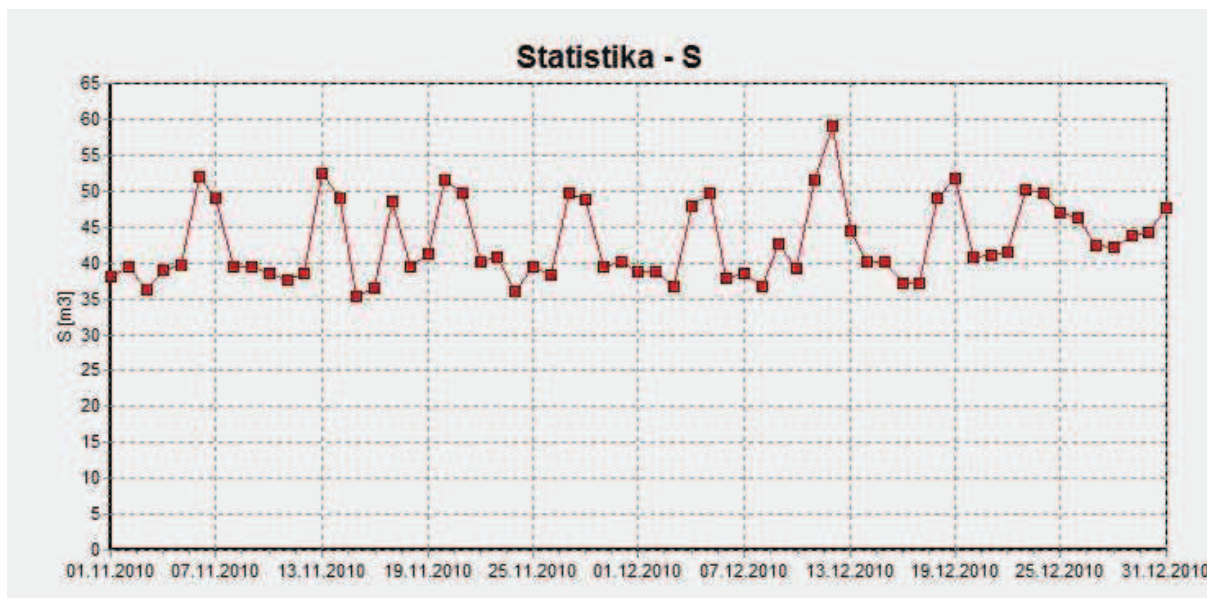
Obr. 4.9 Ukázka uživatelského prostředí Smart MQI

- **Zobrazení:**

Základní nastavení zobrazení naměřených hodnot je:

Grafické:

Volba umožňující uživateli zobrazovat hodnoty v grafickém vyjádření a v jednotkách nastavených v záložce „Nastavení“. [11]



Obr. 4.10 Ukázka grafického znázornění denních průtoků za dva měsíce

Tabulkové:

Volba umožňující uživateli zobrazovat hodnoty v číselných hodnotách v tabulce a v jednotkách nastavených v záložce „Nastavení“. [11]

Čas	Průtok [l/s]
po 01.11.2010 00:00	0,2981
po 01.11.2010 00:05	0,2966
po 01.11.2010 00:10	0,5958
po 01.11.2010 00:15	0,7562
po 01.11.2010 00:20	0,9510
po 01.11.2010 00:25	0,6694
po 01.11.2010 00:30	0,7298
po 01.11.2010 00:35	0,4944
po 01.11.2010 00:40	0,3391
po 01.11.2010 00:45	0,2428
po 01.11.2010 00:50	0,0904
po 01.11.2010 00:55	0,0000
po 01.11.2010 01:00	0,0000
po 01.11.2010 01:05	0,0000
po 01.11.2010 01:10	0,0000
po 01.11.2010 01:15	0,0000
po 01.11.2010 01:20	0,0000
po 01.11.2010 01:25	0,0000
Min: po 01.11.2010 00:55	0,00000
Max: po 01.11.2010 20:40	1,60515

Obr. 4.11 Ukázka naměřených hodnot s minimálním a maximálním průtokem

- **Interval zobrazení:**

Touto volbou lze nastavit nadhled nad daty. Náhledy jsou ve třech úrovních:

Měsíční: Měsíční záznam je vyjádření měřeného průtoku v měsíčních intervalech.

Denní: Denní záznam je vyjádření měřeného průtoku v denních intervalech.:

Hodinový: Hodinový záznam je vyjádření proteklého množství v hodinových intervalech pro přímý a zpětný směr, doby měření a trvání poruchy (není-li přístroj v měřicím režimu, případná porucha se do statistiky nezapočítává). Minuty a sekundy se při nastavení zanedbávají. [11]

- **Rozsah měření**

Náhledy nad záznamovými daty jsou ve třech úrovních:

Od: - začátek rozsahu

Do: - konec rozsahu

- **Ukázat**

Stisknutím tlačítka „**Ukázat**“ se provede zobrazení hodnot v nově nastaveném rozsahu. Tlačítko je neaktivní do doby než uživatel jakékoliv nastavení změní. [11]

- **Export**

Stisknutím tlačítka „**Export**“ se provede export hodnot v nastaveném rozsahu. Tlačítko je neaktivní v případě, že nejsou dostupná žádná data.

Export údajů je proveden ve formátu (csv). Volba oddělovacího znaku je možná v záložce „Nastavení“. [11]

Závěr z programu

Program Smart MQI je nedílnou součástí měření. Naměřené hodnoty z elektromagnetického průtokoměru se speciálně přes tento program dostávají do počítače. Využit se dá i k předběžné statistické analýze průběhu průtoku, jak graficky tak početně. Nevýhodou je, že program zaokrouhluje na dvě desetinná místa a mohou tak vznikat problémy při získávání přesných hodnot.

4.2.2 Licencované softwary

GANDALF DHI

Gandalf je softwarový prostředek určený pro práci s časově orientovanými daty – časovými řadami, jejich kontrolu a efektivní prezentaci. SW je určený speciálně pro zpracování dat z měrných kampaní, reporting měření, detailní analýzu vybraných objektů na vodovodních a kanalizačních sítích, ale své uplatnění nachází v celém spektru úloh ve vodním hospodářství.

Gandalf umožňuje archivovat, zpracovávat a efektivně prezentovat data libovolných časových řad, zejména pak data o srážkách, hladinách a průtocích, data o kvalitě vody a další časové řady např. teploty, výpar apod., umožňuje import dat z monitorovacích zařízení celé řady výrobců a dodavatelů měřící techniky a export dat do formátu běžných simulačních modelů.

Gandalf je speciálně vyvíjen pro práci s velkými objemy dat a to jak do počtu záznamů v jedné časové řadě, tak do množství časových řad. SW umožňuje rychle a efektivně provádět analýzy měřených nebo vypočtených časových řad. [10]

Gandalf je součástí softwarové skupiny DHI Solutions, která je otevřená pro případné úpravy a doplňky na základě požadavků uživatelů. Díky tomu je možno jednoduše vyvinout a začlenit do systému nové funkce, které budou využívat již existující strukturu dat a budou spolupracovat s dalšími nástroji implementovanými v rámci software. Takto byly již přidány nástroje pro vyhodnocování dat ze záznamových zařízení čerpacích stanic, speciální výpočet případných objemů na ČOV a další nástroje jako „uživatelsky definované importy/exporthy“ pro import/export dat z přístrojů podle požadavku klienta. [10]

HW / SW nároky

GANDALF je určen pro platformu Microsoft Windows - Windows XP / (Windows Vista) / Windows 7. Minimální konfigurace se dotýká zejména operační paměti s ohledem na plynulost práce s, mnohdy rozsáhlými, sety časových řad. Pro Windows XP je doporučováno min. 1GB RAM, pro vyšší verze Windows potom 2 GB RAM. [10]

Typičtí uživatelé

- Společnosti zabývající se monitoringem
- Konzultanti a experti
- Provozovatelé městské infrastruktury
- Vodohospodáři v průmyslových závodech
- Univerzity a výzkumné instituty
- Všichni ostatní pracující s časovými řadami.

Oblasti využití

- Městské odvodnění a systémy zásobování vodou
- ČOV, úpravní vody a průmyslové závody
- Projekty a studie v oblasti životního prostředí
- Generely městské infrastruktury

Vybrané nástroje

- výpočty závislých dat a parametrů na základě empirických a regresních vztahů
- plnou implementaci uživatelských značek - vlajek
- situace pro prostorovou prezentaci monitorovacích bodů
- podpora importů a exportů dat z/do různých měřících zařízení a software
- uživatelsky příjemné grafické rozhraní s přímými výstupy ve formě HTML prezentací
- snadná orientace v datech
- statistika / scatter graf

[10]



Obr. 4.12 Ukázka z programu GANDALF DHI, (<http://www.dhi.cz>)

Závěr z programu

Program Gandalf od společnosti DHI by byl dobrým pomocníkem pro analýzu časových řad. Tento program je však placený. Demoverzi na stránkách výrobce, o kterou jsme projevíli zájem není tak jednoduché získat. Nejprve se musí zažádat a to formou formuláře. Za nějaký čas Vám zašlou e-mail s instalačním souborem. Bohužel demoverze nepodporuje formáty .txt, .xls, .csv. Tedy pro náš případ dostupné formáty k analýze.

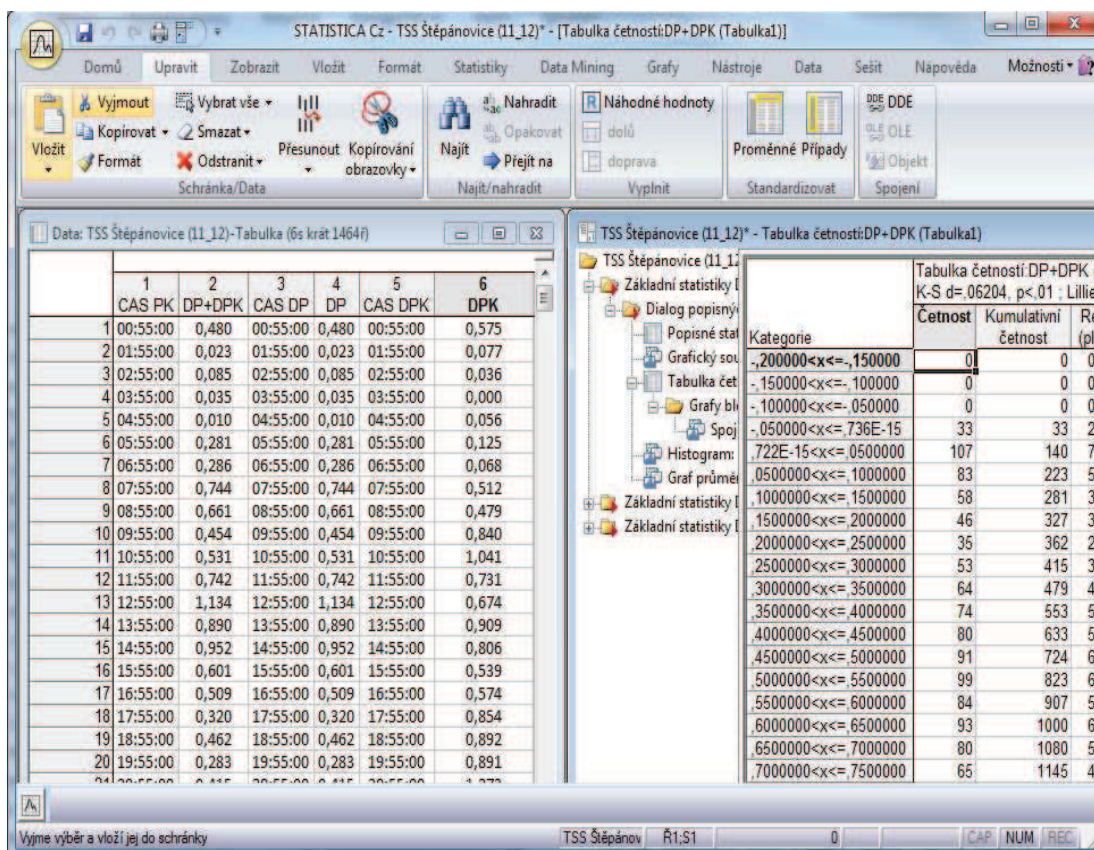
STATISTICA – StatSoft

Společnost StatSoft byla založena v roce 1984 v USA. Jejími zakladateli byli univerzitní vědci a profesori, kteří se zabývali kvantitativní analýzou dat. Společnost StatSoft, Inc. je uzavřenou akciovou společností.

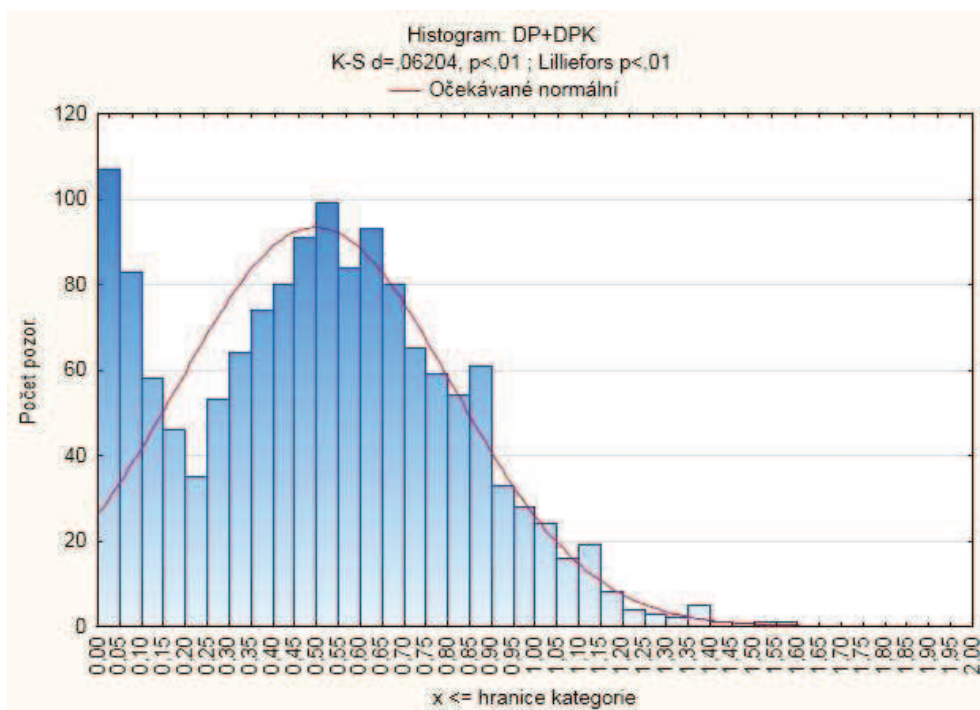
Produktová řada STATISTICA je aplikovatelná v celé škále odvětví. Jde zejména o možnosti jejího využití v bankovníctví, energetice, chemickém a farmaceutickém průmyslu, telekomunikacích, petrochemickém průmyslu, zdravotnictví atd. Z výše uvedeného je zřejmé, že tento produkt je sofistikovaným nástrojem datové analýzy, který se stává součástí firemní infrastruktury s možností distribuce zpracování dat prostřednictvím internetu. Jeho pružnost má významný dopad do produktivity procesů a tedy do nákladové oblasti firem, které ho jsou schopny plně využít. Jeho aplikovatelnost je dána jeho využitím v zavádění např. Six Sigma. Six Sigma je totiž nástroj určený pro zvyšování kvality procesů, firmy jako celku. Je zaměřený na vyhledávání slabých míst (bottleneck), jejich odstraňování. Klade si za cíl rovněž pomoci snížit náklady firemních procesů a zvýšit zisk. [13]

STATISTICA firmy StatSoft.

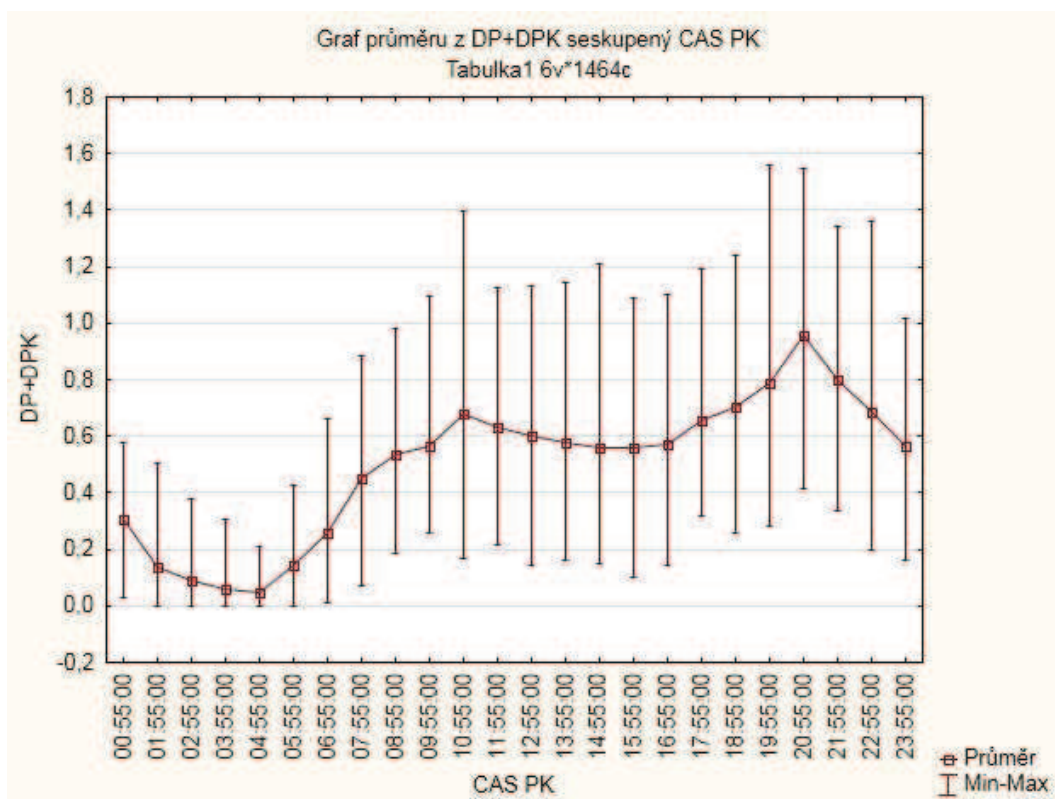
- STATISTICA Data Miner - Academic Year Edition
- STATISTICA Quality Control Charts - Academic Year Edition
- STATISTICA Design of Experiments - Academic Year Edition
- STATISTICA Process Analysis - Academic Year Edition



Obr. 4.13 Ukázka uživatelského prostředí STATISTIKA



Obr. 4.14 Ukázka histogramu v uživatelského prostředí STATISTIKA



Obr. 4.15 Ukázka průběhu průtoků v uživatelského prostředí STATISTIKA

Závěry z programu

Software STATISTICA od firmy StatSoft je komplexní systém obsahující prostředky pro správu dat, jejich analýzu, vizualizaci a vývoj uživatelských aplikací. Využili jsme ho při analýze naší časové řady odtoků odpadní vody z tlakové kanalizace, protože poskytuje široký výběr základních i pokročilých technik speciálně vyvinutých pro podnikání, vytěžování dat, vědu a inženýrské aplikace.

STATISTICA je velmi pohodlný program pro uživatele. Z těchto důvodů jsme si ho vybrali k analýze naší časové řady. Stačí pár „kliknutí“ a software vyhodnotí a graficky znázorní potřebné výpočty a grafy. Při vyhodnocení jsme se ovšem neobešli bez softwaru Microsoft Excel, kde jsme museli provést vytřídění s dalšími výpočty. Statistika spolupracuje s Excelem a dalšími formáty, tedy není problém ho importovat do STATISTIKY a s tímto souborem dat dále pracovat.

Microsoft Office

Produkty od firmy Microsoft jistě všichni dobře známe nebo jsem se s nimi, už setkali, jak při práci nebo ve škole.

- **Microsoft Access 2010**

Microsoft Access je databázový program, v kterém se ukládala „surová“ naměřená data z elektromagnetického indukčního průtokoměru. Museli jsme s ním pracovat, aby jsme mohli naměřená data vyexportovat do MS Excel (viz. Kapitola 5). Pracovali jsme s nejnovější verzí 2010.

- **Microsoft Excel 2010**

Microsoft Excel není třeba dlouho představovat. Je to tabulkový procesor, který jsme využili pro naši analýzu. Pracovali jsme s nejnovější verzí 2010. Není omezena počtem řádků, jak je to u starší verze 2003 (65000).

- **Závěr z programu**

Většinu výpočtů jsme prováděli v programu MS Excel 2010.

Výsledky analýzy viz. Kapitola 5.

4.2.3 Závěr

Před začátkem zpracování této práce jsme stáli před úkolem, jaké použít softwarové nástroje pro podrobné vyhodnocení naší časové řady. Začali jsme od volně šiřitelných softwaru (Projekt R a Smart MQI), až po licencované softwary (Gandalf DHI, STATISTICA a Microsoft Access a Microsoft Excel). Všemi programy jsme si prošli a objektivně můžeme říct, že jako nejlepší software pro zpracování dat je kombinace MS Excel a STATISTICA.

Závěrem bych chtěl popsat postup jaký je nutný pro zpracování dat.

- **Smart MQI:** Vyexportování „surových“ dat z elektromagnetického indukčního průtokoměru přes Smart MQI do formátu .mdb (MS Access).
- **MS Access:** Vyexportovaná data, můžeme setřídít a následně vyexportovat do MS Excel.
- **MS Excel:** Podrobné vyhodnocení průtoků a grafické znázornění.
- **STATISTICA:** Vyhodnocení statistických veličin a grafické znázornění průběhu průtoků (Obr. 4.15), histogramu a další...

5 VYHODNOCENÍ ČASOVÉHO PRŮBĚHU ODTOKU Z KANALIZACE

Elektromagnetický indukční průtokoměr osazený na konci 2 km dlouhého výtlačného řadu (viz. Příloha č.1). začal měřit v časovém úseku od 1.11.2010 do 1.9.2011. Za tu dobu průtokoměr zaznamenal po 5 minutách téměř 90 000 dat. K vyhodnocení této časové řady jsme si vybrali dva měsíce v jarním období (květen, duben) a dva měsíce v zimním období (listopad, prosinec).

Jak z předchozí kapitoly vyplývá, k získání dat z průtokoměru potřebujeme program Smart MQI, který nám získané informace o průtocích převede do souboru Microsoft Access. Následně tento soubor surových dat vyexportujeme do programu MS Excel, kde s uvedenými daty dále pracujeme. K vyhodnocení získaných dat jsem si dále vybral program STATISTICA.

5.1 STANOVENÝ METODICKÝ POSTUP ANALÝZY A HODNOTY

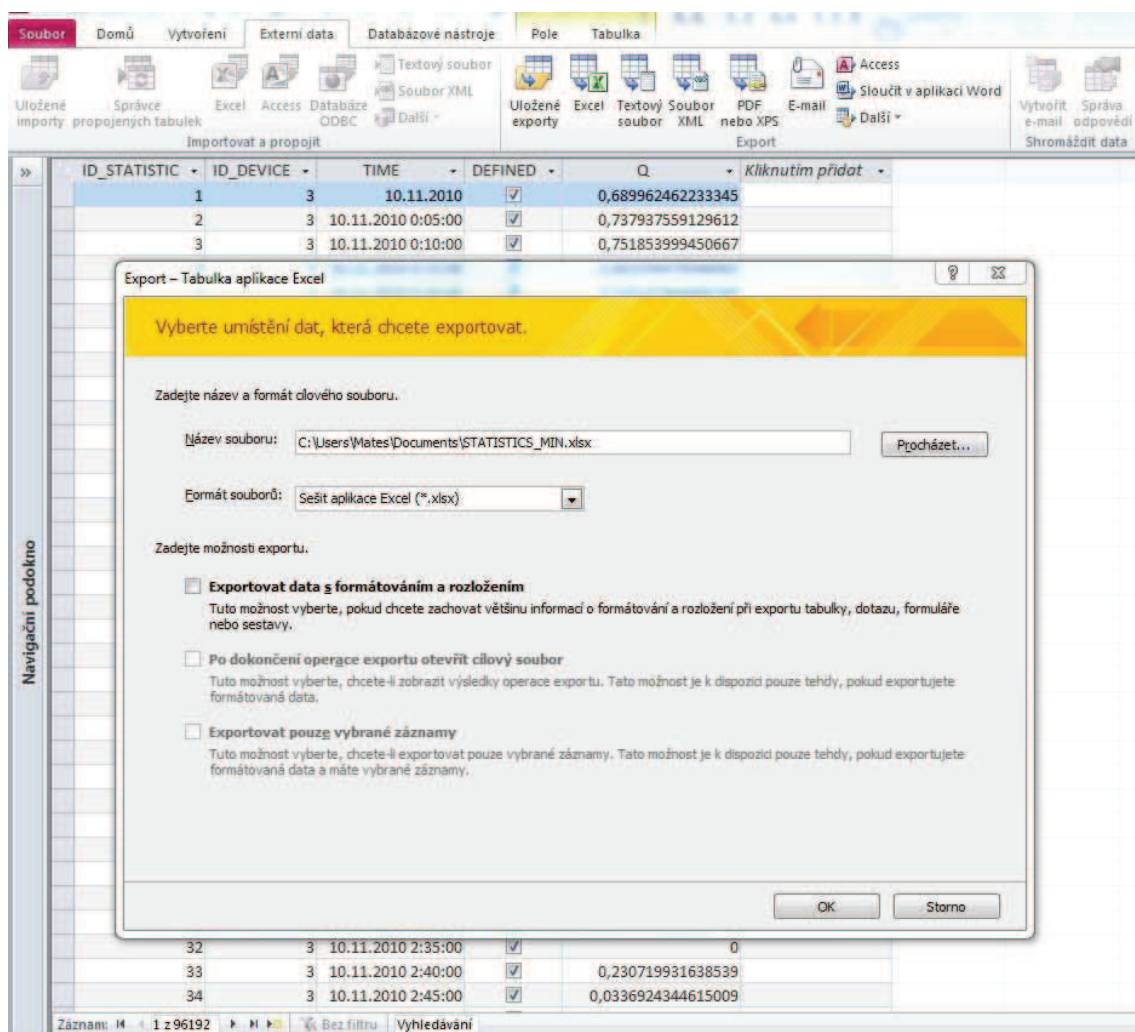
5.1.1 MS Access

Na obrázku vidíme surová data získané z průtokoměru vyexportovaná do MS Access 2010.

ID_STATISTI	ID_DEVICE	TIME	DEFINED	Q
1	3	10.11.2010	<input checked="" type="checkbox"/>	0,6899624622
2	3	10.11.2010 0:05:00	<input checked="" type="checkbox"/>	0,7379375591
3	3	10.11.2010 0:10:00	<input checked="" type="checkbox"/>	0,7518539995
4	3	10.11.2010 0:15:00	<input checked="" type="checkbox"/>	0,6635944700
5	3	10.11.2010 0:20:00	<input checked="" type="checkbox"/>	0,5101474044
6	3	10.11.2010 0:25:00	<input checked="" type="checkbox"/>	0,3742790002
7	3	10.11.2010 0:30:00	<input checked="" type="checkbox"/>	0,4321420942
8	3	10.11.2010 0:35:00	<input checked="" type="checkbox"/>	0,4028443251
9	3	10.11.2010 0:40:00	<input checked="" type="checkbox"/>	0,2959074679
10	3	10.11.2010 0:45:00	<input checked="" type="checkbox"/>	0,3577990051
11	3	10.11.2010 0:50:00	<input checked="" type="checkbox"/>	0,3241065706
12	3	10.11.2010 0:55:00	<input checked="" type="checkbox"/>	0,2233954894
13	3	10.11.2010 1:00:00	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0552995392
14	3	10.11.2010 1:05:00	<input checked="" type="checkbox"/>	0
15	3	10.11.2010 1:10:00	<input checked="" type="checkbox"/>	0
16	3	10.11.2010 1:15:00	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0373546556
17	3	10.11.2010 1:20:00	<input checked="" type="checkbox"/>	0,1772515030
18	3	10.11.2010 1:25:00	<input checked="" type="checkbox"/>	0,0051271096
19	3	10.11.2010 1:30:00	<input checked="" type="checkbox"/>	0
20	3	10.11.2010 1:35:00	<input checked="" type="checkbox"/>	0
21	3	10.11.2010 1:40:00	<input checked="" type="checkbox"/>	0
22	3	10.11.2010 1:45:00	<input checked="" type="checkbox"/>	0

Obr. 5.1 Ukázka vyexportovaných dat z programu Smart MQI do Access 2010

Následně vyexportujeme data do MS Excel



Obr. 5.2 Ukázka exportu dat z MS Access 2010 do MS Excel 2010

5.1.2 MS Excel

Po vyexportování dat do MS Excel 2010 jsme začali data vyhodnocovat.

První co jsme museli udělat, byla volba dvou měsíců v jarním a dvou měsíců v zimním období, ve kterých nebyly výrazné chyby v zaznamenaných datech. Tyto chyby se projevují zápornými nebo vysokými hodnotami v časové řadě zaznamenaných průtoků. Za takto považované měsíce bez výraznějších chyb v měření byly květen, duben, listopad a prosinec.

5.2 VYHODNOCENÍ ČASOVÉ ŘADY ODTOKU ZA LISTOPAD A PROSINEC 2010

Údaje zaznamenané elektromagnetickým indukčním průtokoměrem od 1.11.2010 do 31.12.2010 zaznamenal 17 568 hodnot průtoku po 5 minutách odpadní vody z tlakové kanalizace.

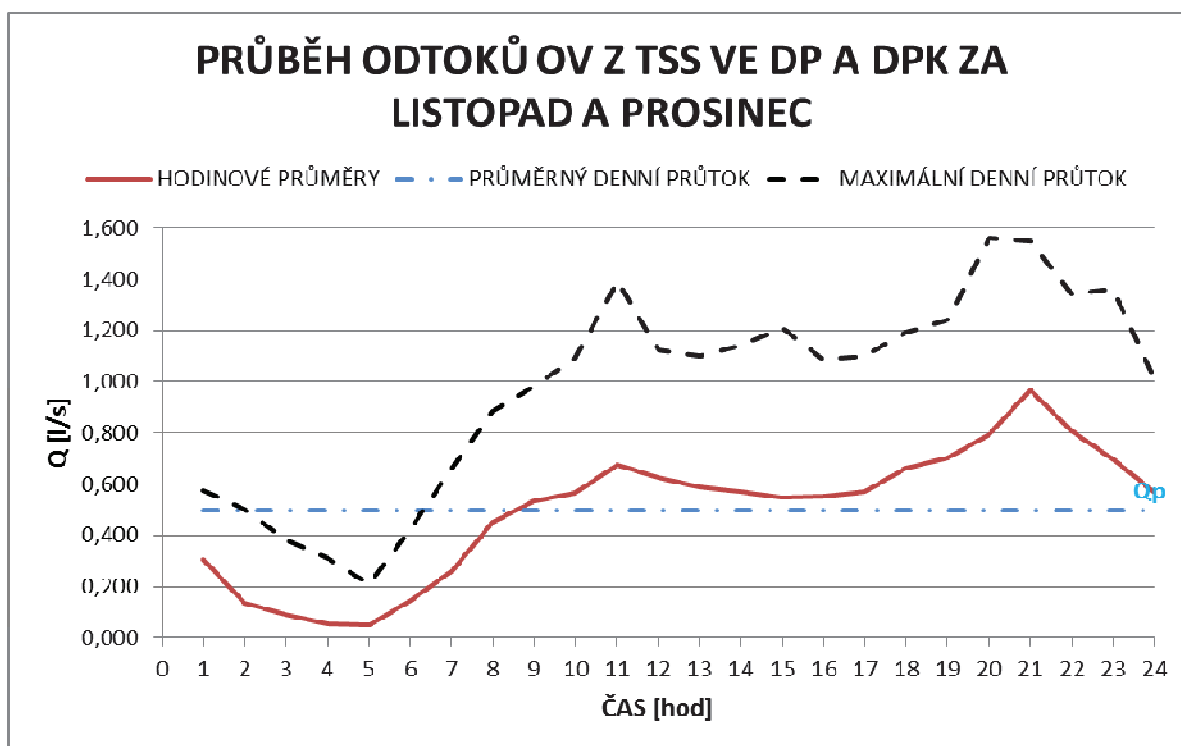
Časovou řadu jsme podrobně vyhodnotili pro celé dva měsíce (dny pracovní i dny pracovního klidu) a pak se zaměřili na rozdíly ve dnech pracovních (DP) a ve dnech pracovního klidu (DPK). Zvolenou metodikou výpočtu jsme ji dále statisticky vyhodnotili a získali hodnotné informace o průtocích.

5.2.1 Listopad a prosinec 2010 ve dnech pracovních a pracovního klidu

Vyhodnocení průtoků

Tab. 5.1 Vyhodnocení průtoků za listopad a prosinec v dnech pracovních a pracovního klidu

		listopad a prosinec	listopad	prosinec
PRŮMĚRNÝ DENNÍ PRŮTOK	m3/den	42,953	42,147	43,732
MAXIMÁLNÍ DENNÍ PRŮTOK	m3/den	59,199	52,515	59,199
MAXIMÁLNÍ HODINOVÝ PRŮTOK	m3/hod	5,615	5,570	5,615
MINIMÁLNÍ HODINOVÝ PRŮTOK	m3/hod	0,000	0,000	0,000
SOUČINITEL DENNÍ NEROVNOMĚRNOSTI	-	1,38	1,25	1,35
SOUČINITEL HODINOVÉ NEROVNOMĚRNOSTI	-	2,28	2,55	2,28
SOUČINITEL MINIMÁLNÍ NEROVNOMĚRNOSTI	-	0,00	0,00	0,00



Obr. 5.3 Průběh odtoku odpadní vody z tlakové kanalizace ve dnech pracovních a dnech pracovního klidu za listopad a prosinec 2010

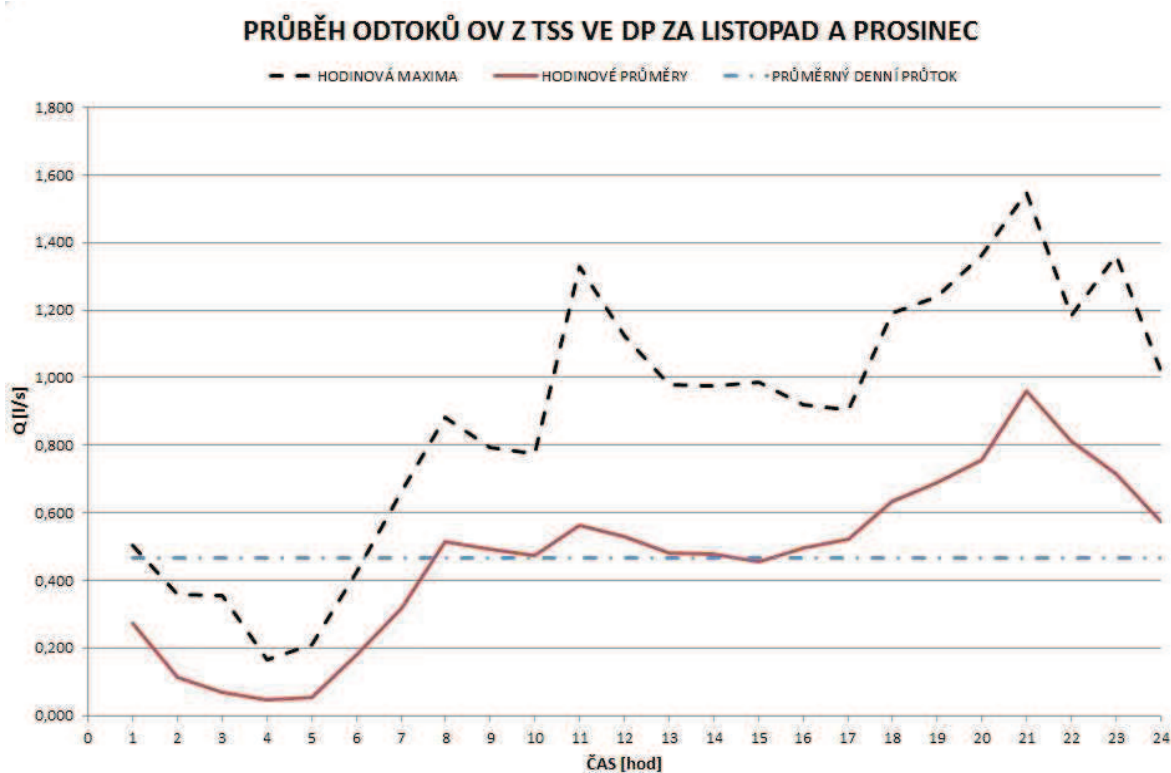
Graf (Obr. 5.3) reprezentuje odtok odpadní vody od obyvatel během dvou měsíců v obci Štěpánovice. Křivky znázorněné na (Obr. 5.3) jsou hodinové průměry, maximální denní průtoky a průměrný denní průtok v [l/s] v závislosti na čase v hodinách. Můžeme konstatovat, že minimum nastává kolem 5 hodiny ráno. Pak průtok stoupá, až do 11 hodiny, kde se dá předpokládat ranní hygiena a příprava oběda. Maximum nastává kolem 20 hodiny, kvůli večerní hygieně a přípravě večere.

5.2.2 Listopad a prosinec 2010 ve dnech pracovních (DP)

Vyhodnocení průtoků

Tab. 5.2 Vyhodnocení průtoků za listopad a prosinec v dnech pracovních

DNY PRACOVNÍ		listopad a prosinec
PRŮMĚRNÝ DENNÍ PRŮTOK	m3/den	40,332
MAXIMÁLNÍ DENNÍ PRŮTOK	m3/den	50,302
MAXIMÁLNÍ HODINOVÝ PRŮTOK	m3/hod	5,570
MINIMÁLNÍ HODINOVÝ PRŮTOK	m3/hod	0,000
SOUČINITEL DENNÍ NEROVNOMĚRNOSTI	-	1,25
SOUČINITEL HODINOVÉ NEROVNOMĚRNOSTI	-	2,66
SOUČINITEL MINIMÁLNÍ NEROVNOMĚRNOSTI	-	0,00



Obr. 5.4 Průběh odtoku odpadní vody z tlakové kanalizace ve dnech pracovních za listopad a prosinec 2010

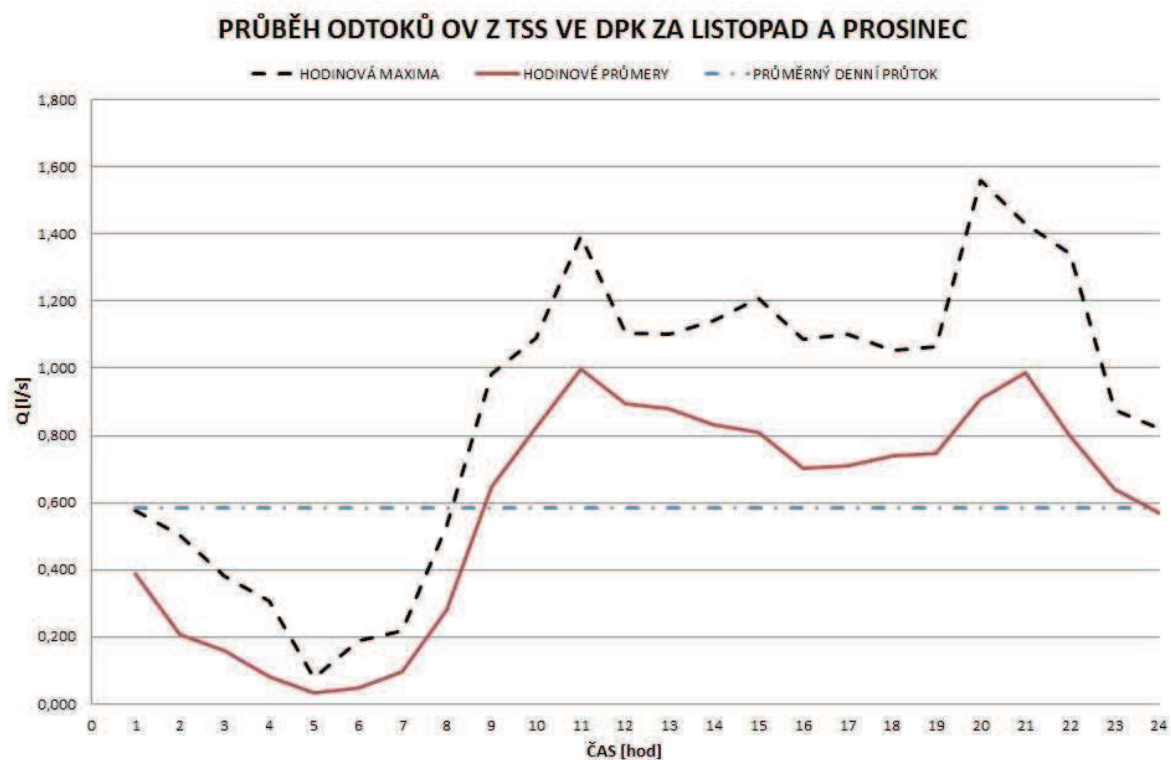
Jak je vidět na obrázku (Obr. 5.4). Minimum nastává ve 4 hodiny ráno, kdy lidé spí. Pak průtok stoupá (ranní hygiena, příprava obyvatel do práce nebo školy) do 8 hodin. Velký nárůst průtoků pozorujeme od 10 do 11 hodin dopoledne (příprava oběda). Maximum nastává v 9 hodin večer (večerní hygiena a příprava večere).

5.2.3 Listopad a prosinec 2010 ve dnech pracovního klidu (DPK)

Vyhodnocení průtoků

Tab. 5.3 Vyhodnocení průtoků za listopad a prosinec v dnech pracovního klidu

DNY PRACOVNÍHO KLIDU		listopad a prosinec
PRŮMĚRNÝ DENNÍ PRŮTOK	m3/den	50,324
MAXIMÁLNÍ DENNÍ PRŮTOK	m3/den	59,199
MAXIMÁLNÍ HODINOVÝ PRŮTOK	m3/hod	5,615
MINIMÁLNÍ HODINOVÝ PRŮTOK	m3/hod	0,000
SOUČINITEL DENNÍ NEROVNOMĚRNOSTI	-	1,18
SOUČINITEL HODINOVÉ NEROVNOMĚRNOSTI	-	2,28
SOUČINITEL MINIMÁLNÍ NEROVNOMĚRNOSTI	-	0,00



Obr. 5.5 Průběh odtoku odpadní vody z tlakové kanalizace ve dnech pracovního klidu za listopad a prosinec 2010

Jak je vidět na obrázku (Obr. 5.4). Minimum nastává v 5 hodiny ráno, kdy lidé spí. Od 7 do 9 hodin ráno průtok narůstá (ranní hygiena, snídaně). Od 9 do 11 hodin (příprava oběda). Maximum nastává v 8 hodin večer (večerní hygiena a příprava večere).

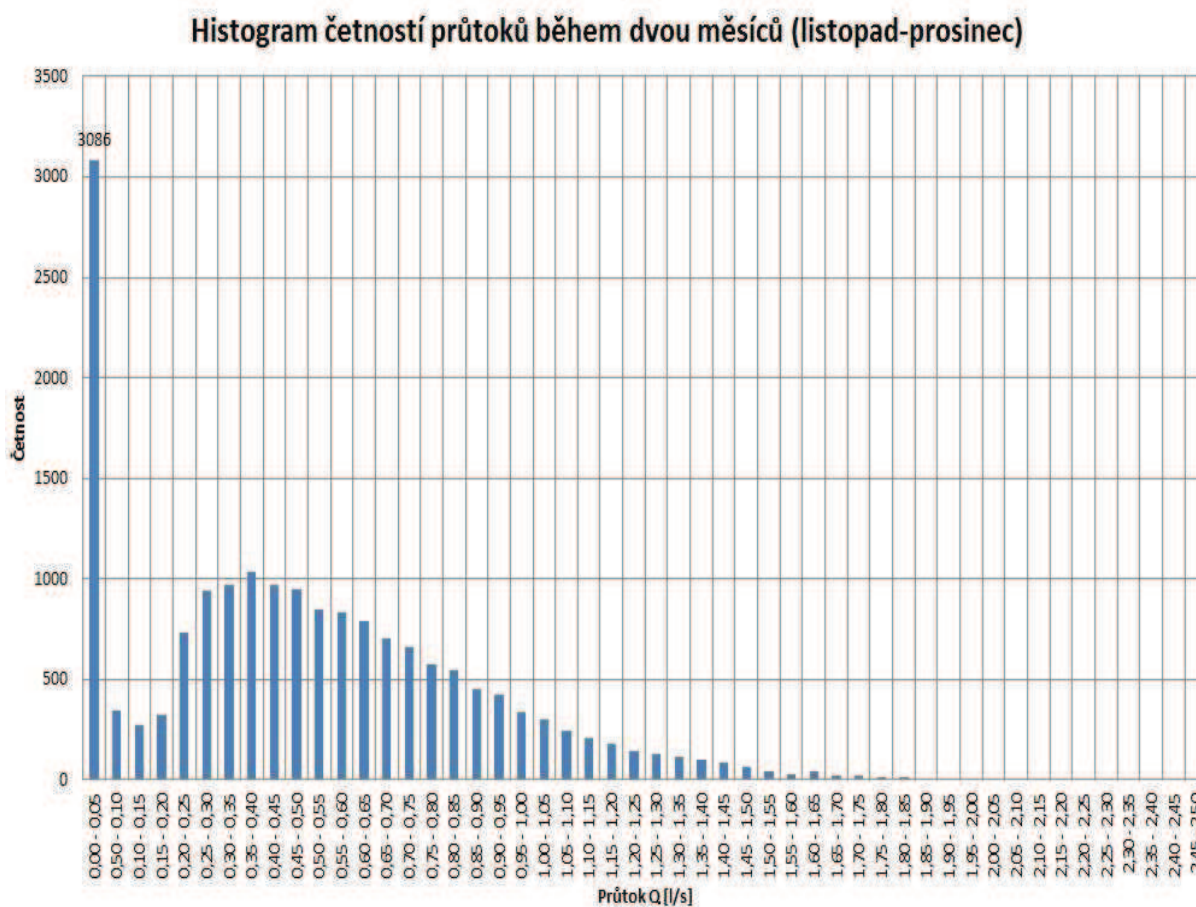
Závěr a srovnání dnů pracovních a dnů pracovního klidu

Z obrázků (5.5 a 5.4) jsou patrné rozdíly v průtocích během dne. V ranních hodinách v pracovních dnech je minimum posunuto o hodinu dříve oproti dnům pracovního klidu. I průběhy dopoledních a odpoledních hodinových maxim se liší oproti dnům pracovního klidu. Je to způsobeno chováním obyvatel v průběhu dne.

5.2.4 Statistické vyhodnocení časové řady odtoků z tlakové kanalizace za listopad a prosinec 2010

Histogram

Naměřené hodnoty jsme rozdělili do intervalů od 0,00 l/s do 2,50 l/s po 0,05 l/s. Následně měřili četnost výskytů průtoku, které spadaly do daných intervalů (Obr. 5.6) tak, abychom jsme zjistili zda elektromagnetický indukční průtokoměr je osazen správně a měří reálné hodnoty.



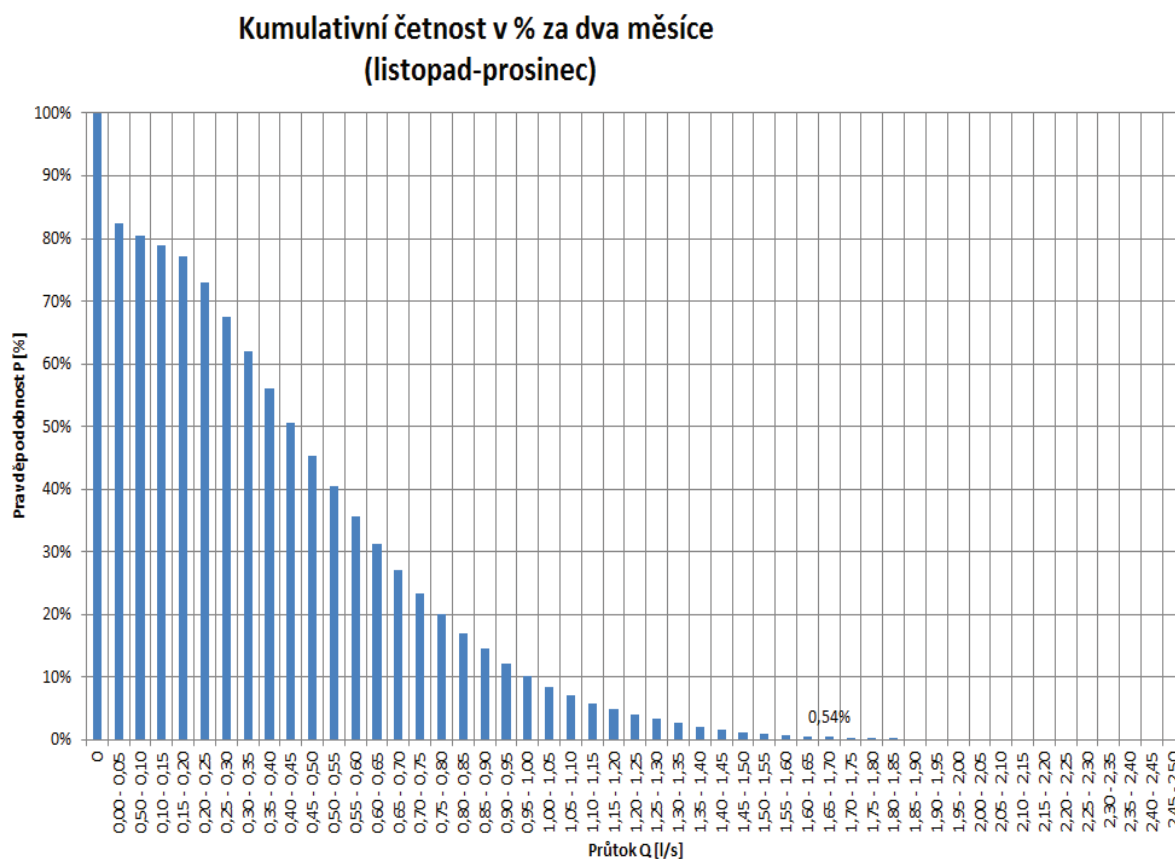
Obr. 5.6 Histogram četností průtoků během listopadu a prosince

Jak je vidět, tak četnost výskytů u průtoku blíží se nule je značná. Naměřené hodnoty v intervalech by měly kopírovat diskrétní pravděpodobnostní funkci (Obr. 5.6). To se v rozmezí od 0,00 – 0,20 l/s neděje.

Dospěli jsme tedy tímto k závěru, že s nejvyšší pravděpodobností je chybně osazený elektromagnetický indukční průtokoměr nebo je předimenzované výtlačné tlakové potrubí.

Kumulativní četnost

Naměřené hodnoty jsme rozdělili do intervalů od 0,00 l/s do 2,50 l/s po 0,05 l/s. Následně jsme měřili četnost výskytů průtoku, které spadaly do daných intervalů (Obr. 5.7). Aby jsme zjistili zda elektromagnetický indukční průtokoměr je osazen správně a měří reálné hodnoty.



**Obr. 5.7 Kumulativní četnost v % reprezentující pravděpodobnostní funkci překročení
(listopad, prosinec)**

Jak je vidět z (Obr. 5.7) křivky pravděpodobnostní funkce překročení- průtok 1,70 l/s bude překročen jen z 0,54 % pravděpodobností. Tím můžeme dojít k závěru, když na stokové síti je osazeno 160 objemových čerpadel s čerpací charakteristikou $Q = 0,67$ l/s pak budou pracovat na celé stokové síti v obci Štěpánovice ve stejnou dobu dvě čerpadla.

5.3 VYHODNOCENÍ ČASOVÉ ŘADY ODTOKU ZA DUBEN A KVĚTEN 2011

Údaje zaznamenané elektromagnetickým indukčním průtokoměrem v časovém úseku od 1.4.2011 do 31.5.2011 činily 17 568 hodnot odtoku po 5-ti minutách odpadní vody z tlakové kanalizace.

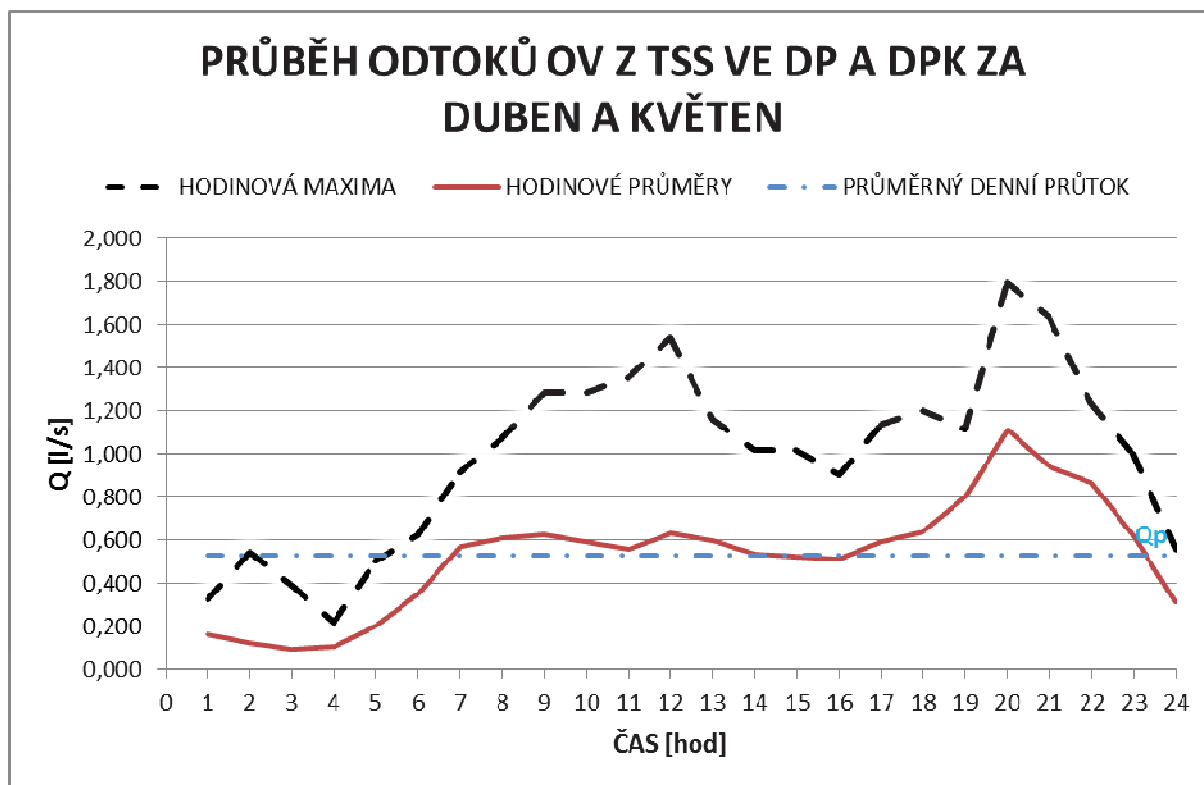
Časovou řadu jsme podrobně vyhodnotili pro celé dva měsíce (dny pracovní i dny pracovního klidu) a pak se zaměřili na rozdíly ve dnech pracovních (DP) a ve dnech pracovního klidu (DPK). Zvolenou metodikou výpočtu jsme ji dále statisticky vyhodnotili a získali hodnotné informace o průtocích.

5.3.1 Duben a květen 2011 ve dnech pracovních a pracovního klidu

Vyhodnocení průtoků

Tab. 5.4 Vyhodnocení průtoků za duben a květen v dnech pracovních a pracovního klidu

		duben a květen	duben	květen
PRŮMĚRNÝ DENNÍ PRŮTOK	m ³ /den	45,778	45,748	45,807
MAXIMÁLNÍ DENNÍ PRŮTOK	m ³ /den	58,435	58,048	58,435
MAXIMÁLNÍ HODINOVÝ PRŮTOK	m ³ /hod	6,468	6,020	6,468
MINIMÁLNÍ HODINOVÝ PRŮTOK	m ³ /hod	0,000	0,000	0,001
SOUČINITEL DENNÍ NEROVNOMĚRNOSTI	-	1,28	1,27	1,28
SOUČINITEL HODINOVÉ NEROVNOMĚRNOSTI	-	2,66	2,49	2,66
SOUČINITEL MINIMÁLNÍ NEROVNOMĚRNOSTI	-	0,00	0,00	0,00



Obr. 5.8 Průběh odtoku odpadní vody z tlakové kanalizace ve dnech pracovních a dnech pracovního klidu za duben a květen 2011

Graf (Obr. 5.8) reprezentuje odtok odpadní vody od obyvatel během dvou měsíců v obci Štěpánovice. Křivky znázorněné na (Obr. 5.8) jsou hodinové průměry, maximální denní průtoky a průměrný denní průtok v [l/s] v závislosti na čase v hodinách. Můžeme říct, že minimum nastává kolem 4 hodiny ráno. Pak průtok strmě stoupá do 9 a s mírnější tendencí pokračuje až do 12 hodiny, kde se dá předpokládat ranní hygiena příprava snídaně a následně

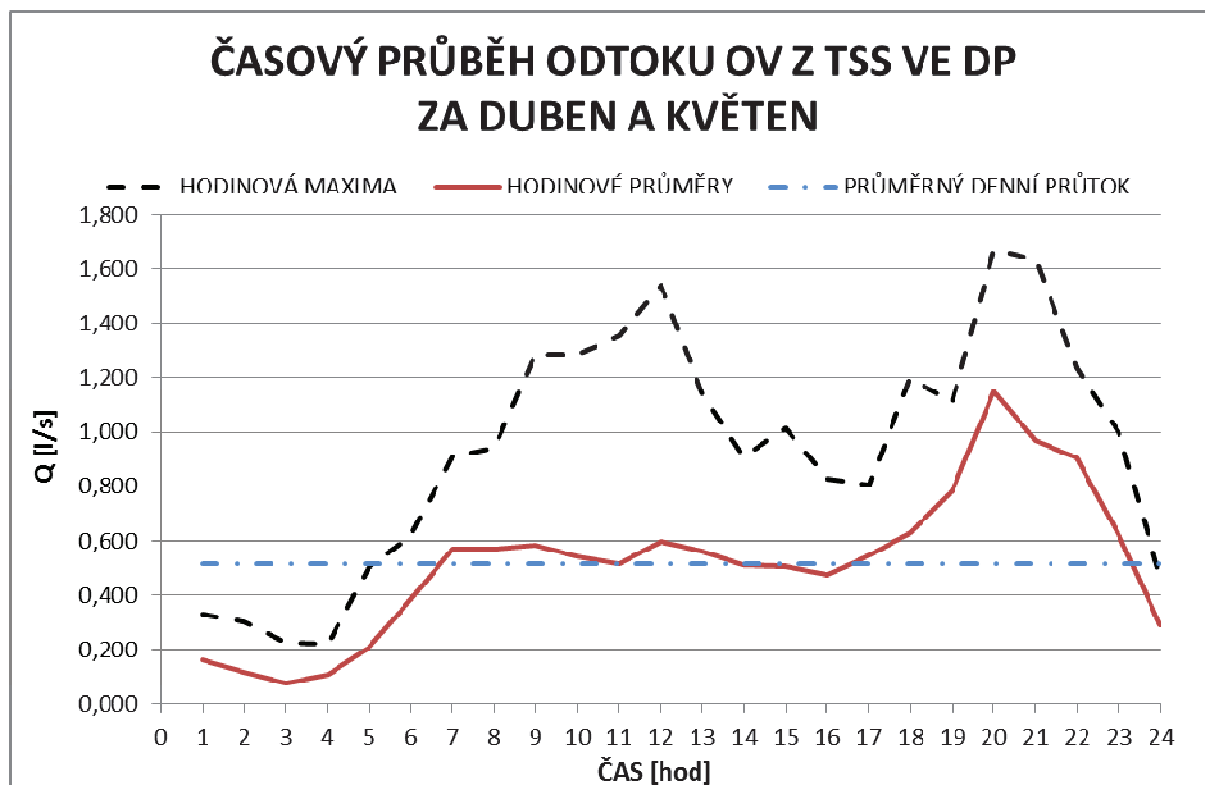
příprava oběda. Pak průtok klesá do 16 hodiny, kdy lidé přicházejí z práce. Maximum nastává kolem 20 hodiny, kvůli večerní hygieně a přípravě večeře.

5.3.2 Duben a květen 2011 ve dnech pracovních (DP)

Vyhodnocení průtoků

Tab. 5.5 Vyhodnocení průtoku za duben a květen v dnech pracovních

DNY PRACOVNÍ		duben a květen
PRŮMĚRNÝ DENNÍ PRŮTOK	m3/den	44,666
MAXIMÁLNÍ DENNÍ PRŮTOK	m3/den	58,098
MAXIMÁLNÍ HODINOVÝ PRŮTOK	m3/hod	6,020
MINIMÁLNÍ HODINOVÝ PRŮTOK	m3/hod	0,000
SOUČINITEL DENNÍ NEROVNOMĚRNOSTI	-	1,30
SOUČINITEL HODINOVÉ NEROVNOMĚRNOSTI	-	2,49
SOUČINITEL MINIMÁLNÍ NEROVNOMĚRNOSTI	-	0,00



Obr. 5.9 Průběh odtoku odpadní vody z tlakové kanalizace ve dnech pracovních za duben a květen 2011

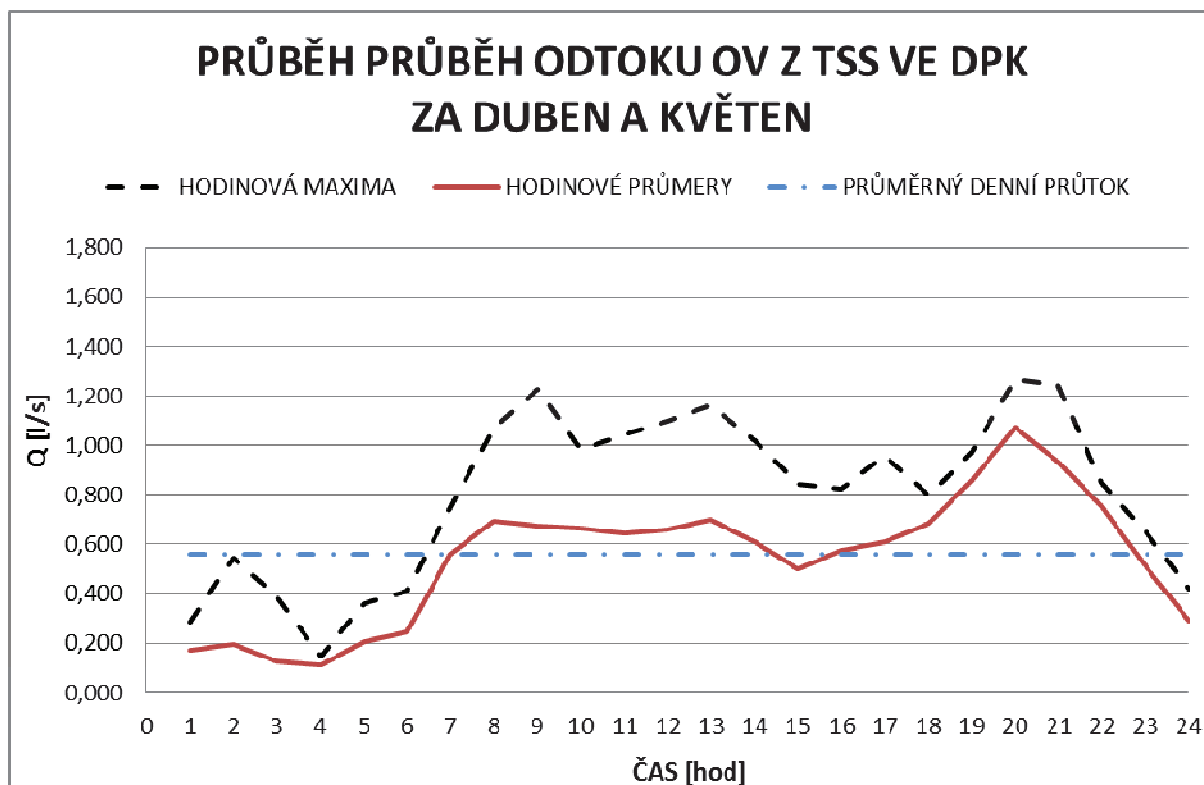
Jak je vidět na obrázku (Obr. 5.9). Minimum nastává ve 4 hodiny ráno, kdy lidé spí. Pak průtok stoupá (ranní hygiena, příprava obyvatel do práce nebo školy) do 7 hodin. Velký nárůst průtoku pozorujeme od 9 do 12 hodin dopoledne (příprava oběda). Pak průtok strmě klesá až do 17 hodiny (příchod obyvatel z práce). Maximum nastává v 20 hodin večer (večerní hygiena a příprava večeře).

5.3.3 Duben a květen 2011 ve dnech pracovního klidu (DPK)

Vyhodnocení průtoků

Tab. 5.6 Vyhodnocení průtoků za duben a květen v dnech pracovního klidu

DNY PRACOVNÍHO KLIDU		duben a květen
PRŮMĚRNÝ DENNÍ PRŮTOK	m3/den	48,434
MAXIMÁLNÍ DENNÍ PRŮTOK	m3/den	58,435
MAXIMÁLNÍ HODINOVÝ PRŮTOK	m3/hod	6,468
MINIMÁLNÍ HODINOVÝ PRŮTOK	m3/hod	0,003
SOUČINITEL DENNÍ NEROVNOMĚRNOSTI	-	1,21
SOUČINITEL HODINOVÉ NEROVNOMĚRNOSTI	-	2,66
SOUČINITEL MINIMÁLNÍ NEROVNOMĚRNOSTI	-	0,01



Obr. 5.10 Průběh odtoku odpadní vody z tlakové kanalizace ve dnech pracovního klidu za duben a květen 2011

Jak je vidět na obrázku (Obr. 5.9). Minimum nastává ve 4 hodiny ráno, kdy lidé spí. Pak průtok strmě stoupá od 6 do 9 hodiny (ranní hygiena, příprava). Pak má křivka pomalu klesající tendenci (to se dá přičíst klimatickým změnám. Zvyšováním teploty a tím že obyvatelé nezůstávají o dnech pracovního klidu doma.) Maximum nastává ve 20 hodin večer (večerní hygiena a příprava večeře).

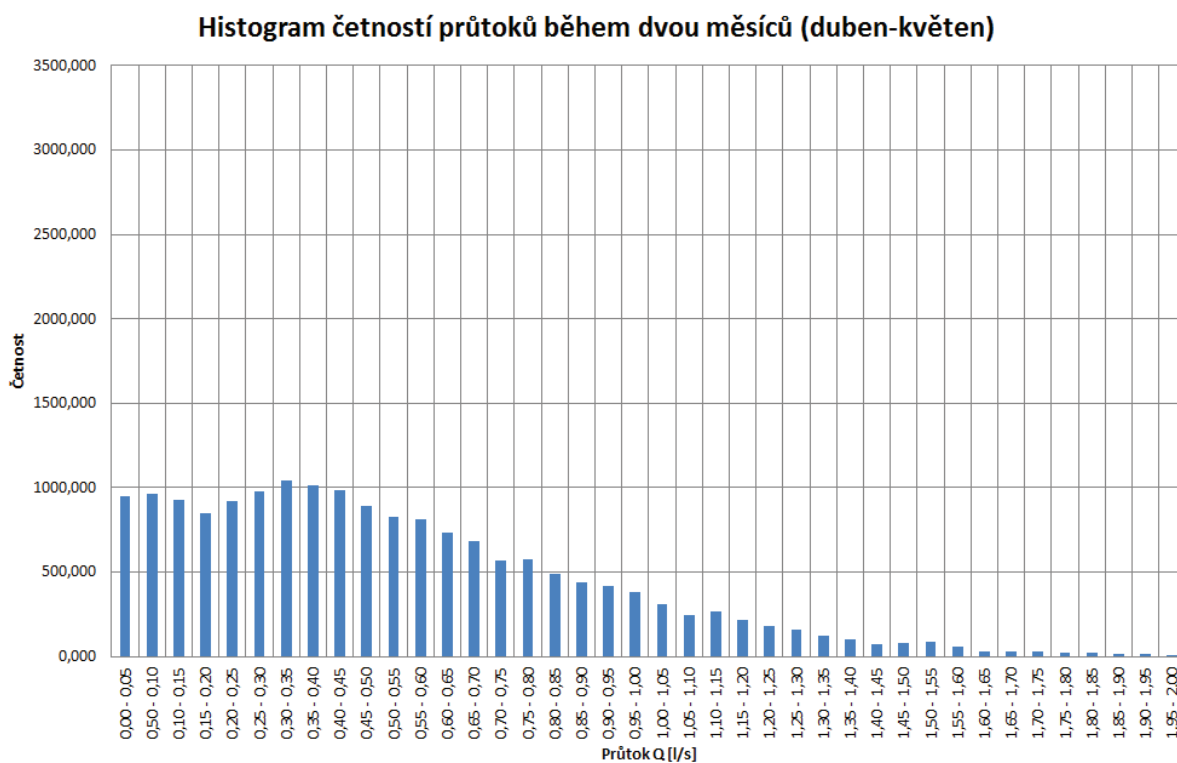
Závěr a srovnání dnů pracovních a dnů pracovního klidu

Z obrázků (5.9 a 5.10) jsou celkem výrazné rozdíly v průtocích během dnů pracovních a dnů pracovního klidu. V ranních hodinách ve dnech pracovních a dnech pracovního klidu je křivka vyrovnaná. Velké změny v průběhu a velikosti odtoků nastávají v odpoledních hodinách. Kdy v dnech pracovního klidu křivka odtoku klesne asi v průměru o 4 l/s.

5.3.1 Statistické vyhodnocení časové řady odtoků z tlakové kanalizace za listopad a prosinec 2010

Histogram

Naměřené hodnoty jsme rozdělili do intervalů od 0,00 l/s do 2,50 l/s po 0,05 l/s. Následně měřili četnost výskytů průtoku, které spadaly do daných intervalů (Obr. 5.11). Aby jsme zjistili zda elektromagnetický indukční průtokoměr je osazen správně a měří reálné hodnoty.



Obr. 5.11 Histogram četností průtoků během dubna a května

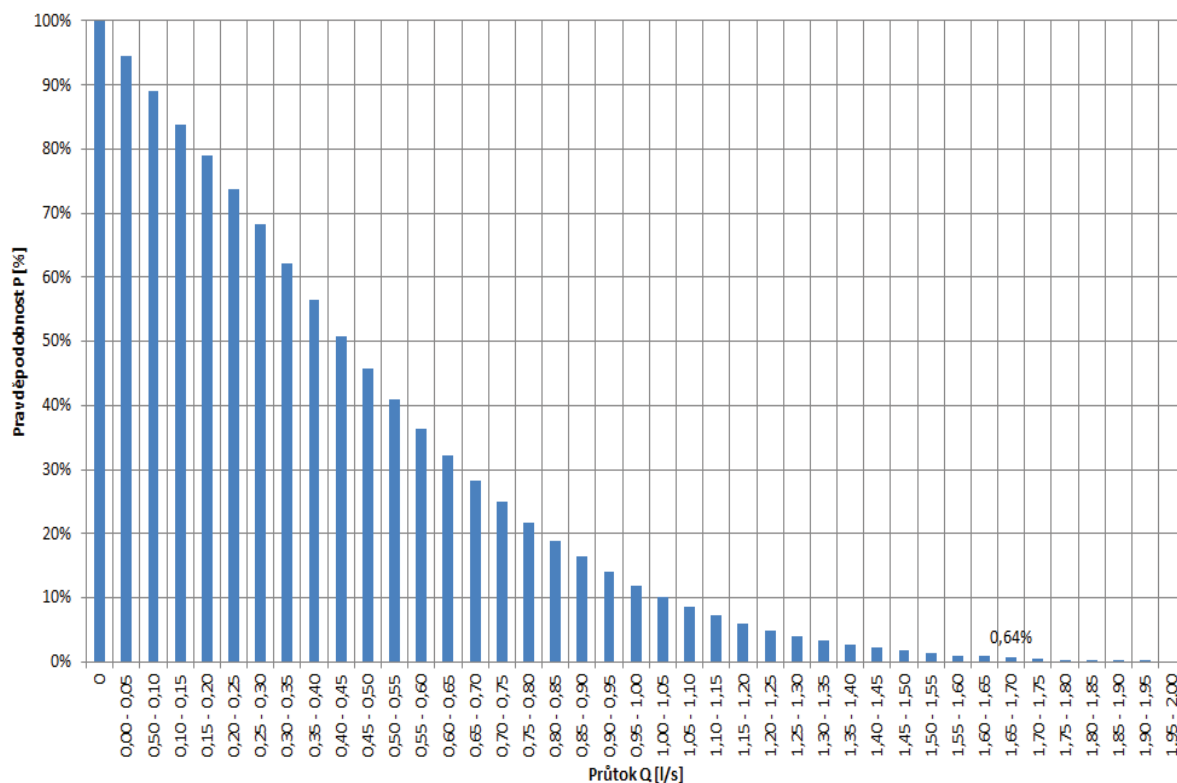
Jak je vidět (Obr. 5.11), tak četnost výskytů u průtoku blížící se nule je značná. Naměřené hodnoty v intervalech by měly kopírovat diskrétní pravděpodobnostní funkci. Podobně jak v minulém případě (Obr. 5.6) se tak neděje (rozmezí od 0,00 - 0,15 l/s).

Dospěli jsme tímto k závěru, že s nejvyšší pravděpodobností je chybně osazený elektromagnetický indukční průtokoměr nebo je předimenzované výtlačné tlakové potrubí.

Kumulativní četnost

Naměřené hodnoty jsme rozdělili do intervalů od 0,00 l/s do 2,50 l/s po 0,05 l/s. Následně měřili četnost výskytů průtoku, které spadaly do daných intervalů (Obr. 5.12). Aby jsme zjistili zda elektromagnetický indukční průtokoměr je osazen správně a měří reálné hodnoty.

**Kumulativní četnost v % za dva měsíce
(duben-květen)**



Obr. 5.12 Kumulativní četnost v % reprezentující pravděpodobnostní funkci překročení (duben, květen)

Jak je vidět z (Obr. 5.12) křivky pravděpodobnostní funkce překročení průtok 1,70 l/s bude, jak v předchozím případě, překročen jen z 0,64 % pravděpodobností. Tím můžeme dojít k závěru, když na stokové síti je osazeno 160 objemových čerpadel s čerpací charakteristikou $Q=0,67$ l/s. Poběží na celé stokové síti v obci Štěpánovice ve stejnou dobu dvě čerpadla.

5.4 SHRNU TÍ

Porovnáním výsledku z vyhodnocených měsíců můžeme říct, že velikost průtoků ve dnech pracovních se oproti dnům pracovního klidu liší. Výraznější maxima byly naměřeny v dubnu a květnu.

Došli jsme tedy k závěru, že indukční průtokoměr měří v rozmezí od 0,00 – 0,20 l/s velké množství průtoků a nekopíruje pravděpodobnostní křivku překročení. Což může být způsobeno špatně osazeným indukčním průtokoměrem nebo předimenzovaným výtlačným řadem stokové sítě.

U obou skupin měsíců průtok 1,7 l/s bude překročen průměrně s pravděpodobností 0,59 %.

To znamená, že ze 160 čerpadel osazených v DČJ s čerpací charakteristikou $Q = 0,67$ l/s budou pracovat v celém stokovém systému dvě čerpadla.

6 ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce bylo vyhodnotit data získaná z elektromagnetického indukčního průtokoměru instalovaném na konci výtlačného řadu tlakové kanalizace obce Štěpánovice a to po pěti minutách v časovém rozmezí dvou měsíců (listopad, prosinec a duben, květen) a zjistit kolik a s jakou pravděpodobností budou pracovat současně čerpadla na stokové síti.

Časové údaje jsem vyhodnotil prostřednictvím programu společnosti StatSoft produktu STATISTICA a tabulkového procesoru Microsoft Excel verze 2010.

Zvolenou metodikou výpočtu jsem zjistil následující informace o průtocích v obci Štěpánovice:

- listopad a prosinec 2010

		listopad a prosinec	listopad	prosinec
PRŮMĚRNÝ DENNÍ PRŮTOK	m3/den	42,953	42,147	43,732
MAXIMÁLNÍ DENNÍ PRŮTOK	m3/den	59,199	52,515	59,199
MAXIMÁLNÍ HODINOVÝ PRŮTOK	m3/hod	5,615	5,570	5,615
MINIMÁLNÍ HODINOVÝ PRŮTOK	m3/hod	0,000	0,000	0,000
SOUČINITEL DENNÍ NEROVNOMĚRNOSTI	-	1,38	1,25	1,35
SOUČINITEL HODINOVÉ NEROVNOMĚRNOSTI	-	2,28	2,55	2,28
SOUČINITEL MINIMÁLNÍ NEROVNOMĚRNOSTI	-	0,00	0,00	0,00

- duben a květen 2011

		duben a květen	duben	květen
PRŮMĚRNÝ DENNÍ PRŮTOK	m3/den	45,778	45,748	45,807
MAXIMÁLNÍ DENNÍ PRŮTOK	m3/den	58,435	58,048	58,435
MAXIMÁLNÍ HODINOVÝ PRŮTOK	m3/hod	6,468	6,020	6,468
MINIMÁLNÍ HODINOVÝ PRŮTOK	m3/hod	0,000	0,000	0,001
SOUČINITEL DENNÍ NEROVNOMĚRNOSTI	-	1,28	1,27	1,28
SOUČINITEL HODINOVÉ NEROVNOMĚRNOSTI	-	2,66	2,49	2,66
SOUČINITEL MINIMÁLNÍ NEROVNOMĚRNOSTI	-	0,00	0,00	0,00

Dále bylo z výše uvedeného zjištěno, že dvou kilometrový výtlačný řad na stokové síti je předimenzovaný. Současně budou pracovat s pravděpodobností danou statistickým grafem trvale dvě čerpadla, tak jak je možno vidět z grafického souhrnu a to křivkou kumulativní četnosti, reprezentující pravděpodobnostní křivku překročení.

Rozsahem této práce jsem se snažil využít prakticky dostupné vyhodnocovací metody a nástroje a jejich použitelnost pro tzv. předprojekční přípravu projektového řešení. Správnou předprojekční přípravou lze dosáhnout optimalizace projekčního návrhu a tedy optimalizaci ekonomického dopadu investice. Výsledkem předprojekční přípravy by měl být konkrétní a reálný návrh realizace požadovaných tras kanalizační řadů a rovněž přesná kalkulace celé realizace, které dají investorovi ještě před podepsáním smlouvy s dodavatelem záruku, že zadaná úloha je realizovatelná a navržená kalkulace je správná a konečná.

Zvláště za cenné považuji, že bylo pracováno s reálnými daty získanými faktickým měřením v terénu. Snažil jsem se pracovat v rámci mých možností s programovým dosažitelným softwarem, který mi pomohl velice sofistikovaně dojít k výsledku, který lze přímo porovnat s konkrétním funkčním řešením kanalizace v obci Štěpánovice, kterou navrhla firma Neptun Presskan s.r.o.

7 POUŽITÁ LITERATURA

7.1 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ANDĚL, Jiří. *Základy matematické statistiky*. 2., opr. vyd. Praha: Matfyzpress, 2007, 358 s. ISBN 978-80-7378-001-2.
- [2] BERÁNEK, Josef a Petr PRAX. *Navrhování tlakové kanalizace*. 1. vyd. Brno: Noel 2000, 1998, vi, 110 s. ISBN 80-860-2008-8.
- [3] ČSN EN 1671. *Venkovní tlakové systémy stokových sítí*. Praha, 1998.
- [4] ČSN EN 752. *Odvodňovací systémy vně budov*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [5] ĎAĎO, Stanislav, Ludvík BEJČEK a Antonín PLATIL. *Měření průtoku a výšky hladiny*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2005, 447 s. ISBN 80-730-0156-X.
- [6] HLAVÍNEK, P., J. MIČÍN, P. PRAX, P. HLUŠTÍK a R. MIFEK. *Stokování a čištění odpadních vod: Stokování* [online]. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003, 253 s. [cit. 2012-05-22]. ISBN 80-214-2535-0.
- [7] KOUTKOVÁ, Helena a Ivo MOLL. *Úvod do pravděpodobnosti a matematické statistiky*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2000, 192 s. ISBN 80-214-1811-7.
- [8] LAKSAR, Luboš. *Vyhodnocení provozu tlakové kanalizace obce Štěpánovice*. Brno, 2012. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Jan Ručka, Ph.D.
- [9] STARÝ, Miloš. *Hydrologie* [online]. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta stavební, 2005, 368 s. [cit. 2012-05-22].

7.2 ODKAZY NA DALŠÍ ZDROJE A PRAMENY

- [10] DHI. *DHI* [online]. 2012 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.dhi.cz/>
- [11] ELA: Měřidla pro vodárenství. *ELA* [online]. 2009 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.elabrno.cz/>
- [12] R projekt. *R projekt* [online]. 2008 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.r-project.cz/StatSoft>. *StatSoft CR s.r.o. Zajištění tvorby softwaru, statistické analýzy dat, řízení jakosti a data miningu*. [online]. 2012 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.statsoft.cz/>

SEZNAM TABULEK

Tab. 3.1 Magneticko – indukční snímače (ELA BRNO, 2012. http://www.elabrno.cz)	25
Tab. 4.1 Nutný počet realizací pro odhad statistické charakteristiky s $\pm 10\%$	32
Tab. 5.1 Vyhodnocení průtoku za listopad a prosinec v dnech pracovních a pracovního klidu	50
Tab. 5.2 Vyhodnocení průtoku za listopad a prosinec v dnech pracovních	51
Tab. 5.3 Vyhodnocení průtoku za listopad a prosinec v dnech pracovního klidu.....	52
Tab. 5.4 Vyhodnocení průtoku za duben a květen v dnech pracovních a pracovního klidu...	56
Tab. 5.5 Vyhodnocení průtoku za duben a květen v dnech pracovních.....	57
Tab. 5.6 Vyhodnocení průtoku za duben a květen v dnech pracovního klidu	58

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1 Příklad umístění tlakové kanalizace	11
Obr. 2.1 Rozdělení objemů (BERÁNEK, NAVRHOVÁNÍ TLAKOVÉ KANALIZACE, 2000).....	14
Obr. 3.1 Poloha obce Štěpánovice (www.mapy.cz).....	18
Obr. 3.2 Poloha obce Štěpánovice – orto-foto snímek (www.mapy.cz).....	18
Obr. 3.3 Umístění čerpacích jímek pro každou nemovitost jednotlivě (Presskan.cz).....	19
Obr. 3.4 Schématický řez čerpací jímkou (Presskan.cz).....	20
Obr. 3.5 Čerpací jímka (Presskan.cz).....	20
Obr. 3.6 Čerpadlo 1 ¼“ NP (Presskan.cz).....	21
Obr. 3.7 Horní řada zleva (řezací zařízení): nůž, řezací kruh Dolní řada zleva (hydraulika): hřídelka motoru, kryt kloubu, rotor, stator (Presskan.cz).....	21
Obr. 3.8 Elektromagnetický indukční průtokoměr.....	22
Obr. 3.9 Osazení indukčního průtokoměru v šachtě	23
Obr. 3.10 Schéma principu elektromagnetického průtokoměru (http://www.elabrno.cz)	24
Obr. 4.1 Graf hustoty pravděpodobnosti. (M. Starý, Hydrologie, 2005)	26
Obr. 4.2 Graf distribuční funkce $F(x)$ a funkce pravděpodobnosti překročení $P(x)$	28
Obr. 4.3 Střední hodnota je x -ovou souřadnicí těžiště hustoty pravděpodobnosti.	29
Obr. 4.4 Hodnota koeficientu asymetrie vypovídá o naklonění grafu hustoty pravděpodobnosti	31
Obr. 4.5 Histogram (http://www.statsoft.cz).....	33
Obr. 4.6 Krabicový graf (http://www.statsoft.cz).....	33
Obr. 4.7 Ukázka histogram.....	35
Obr. 4.8 Ukázka prostředí R-projektu (http://www.ok5tvr.cz)	36
Obr. 4.9 Ukázka uživatelského prostředí Smart MQI	37
Obr. 4.10 Ukázka grafického znázornění denních průtoků za dva měsíce.....	38
Obr. 4.11 Ukázka naměřených hodnot s minimálním a maximálním průtokem.....	38
Obr. 4.12 Ukázka z programu GANDALF DHI, (http://www.dhi.cz).....	42
Obr. 4.13 Ukázka uživatelského prostředí STATISTIKA	44

Obr. 4.14 Ukázka histogramu v uživatelského prostředí STATISTIKA	44
Obr. 4.15 Ukázka průběhu průtoků v uživatelského prostředí STATISTIKA	45
Obr. 5.1 Ukázka vyexportovaných dat z programu Smart MQI do Access 2010	47
Obr. 5.2 Ukázka exportu dat z MS Access 2010 do MS Excel 2010	48
Obr. 5.3 Průběh odtoku odpadní vody z tlakové kanalizace ve dnech pracovních a dnech pracovního klidu za listopad a prosinec 2010	50
Obr. 5.4 Průběh odtoku odpadní vody z tlakové kanalizace ve dnech pracovních za listopad a prosinec 2010	51
Obr. 5.5 Průběh odtoku odpadní vody z tlakové kanalizace ve dnech pracovního klidu za listopad a prosinec 2010	52
Obr. 5.6 Histogram četností průtoků během listopadu a prosince	53
Obr. 5.7 Kumulativní četnost v % reprezentující pravděpodobnostní funkci překročení (listopad, prosinec)	54
Obr. 5.8 Průběh odtoku odpadní vody z tlakové kanalizace ve dnech pracovních a dnech pracovního klidu za duben a květen 2011	56
Obr. 5.9 Průběh odtoku odpadní vody z tlakové kanalizace ve dnech pracovních za duben a květen 2011	57
Obr. 5.10 Průběh odtoku odpadní vody z tlakové kanalizace ve dnech pracovního klidu za duben a květen 2011	58
Obr. 5.11 Histogram četností průtoků během dubna a května	59
Obr. 5.12 Kumulativní četnost v % reprezentující pravděpodobnostní funkci překročení (duben, květen)	60

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

A ...	plocha [m^2]
V ...	objem [m^3]
v ...	rychlost proudění [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]
Q ...	průtok [$\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$]
U...	indukované napětí
D...	průměr potrubí
v...	vektor stř. průtočné rychlosti
B...	magnetická indukce
OV...	odpadní voda
TSS...	tlakový systém stokové sítě
DČJ...	domácí čerpací jímka
DP...	dny pracovní
DPK...	dny pracovního klidu
GNU...	projekt GNU je projekt zaměřený na svobodný software, inspirovaný operačními systémy unixového typu
MS...	Microsoft Office
F(x)...	distribuční funkce
P(x)...	funkce pravděpodobnosti překročení
m_x ...	obecný moment
$M_k(x)$...	centrální moment
μ_x ...	střední hodnota
D_x ...	disperze
σ_x ...	střední odchylka
$C_{v,x}$...	koeficient variace
$C_{s,x}$...	koeficient asymetrie
E_x ...	koeficient špičatosti

SUMMARY

The aim of this Bachelor Work was to evaluate data obtained from electromagnetic induction flowmeter installed at the end of pressure sewerage of Štěpánovice village. These data were measured by 5 minutes in two months period (November, December and April, May) and find out how many and what probability will run both pumps installed on sewerage network. Time data were evaluated by means of the programme StatSoft – STATISTICA product and spreadsheet program Microsoft Excel version 2010. With selected methods of evaluation. I found out following information about flow range in village Štěpánovice.

- November and December 2010

		November and December	November	December
An average daily flow	m3/day	42,953	42,147	43,732
Maximal daily flow	m3/day	59,199	52,515	59,199
Maximal hourly flow	m3/hour	5,615	5,570	5,615
Minimal hourly flow	m3/hour	0,000	0,000	0,000
Coefficient of daily non-uniformity	-	1,38	1,25	1,35
Coefficient of hourly non-uniformity	-	2,28	2,55	2,28
Coefficient of minimal non-uniformity	-	0,00	0,00	0,00

- April and May 2011

		April and May	April	May
An average daily flow	m3/day	45,778	45,748	45,807
Maximal daily flow	m3/day	58,435	58,048	58,435
Maximal hourly flow	m3/hour	6,468	6,020	6,468
Minimal hourly flow	m3/hour	0,000	0,000	0,001
Coefficient of daily non-uniformity	-	1,28	1,27	1,28
Coefficient of hourly non-uniformity	-	2,66	2,49	2,66
Coefficient of minimal non-uniformity	-	0,00	0,00	0,00

Further there was found out that there be continually running 2 pumps with probability given by statistic graph. There is possible to see from graphic summary with cumulative frequency curve representing probability cumulative-frequency curve. With range of this Bachelor Work I tried to use practically available evaluating methods, instruments and their application for so-called pre- engineering preparation of project solution.