



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

## POSOUZENÍ STOKOVÝCH SYSTÉMŮ URBANIZOVANÝCH POVODÍ

ASSESSMENT OF SEWERAGE SYSTEMS OF URBAN CATCHMENTS

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jana Kulichová

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JAROSLAV RACLAVSKÝ, Ph.D.

BRNO 2020



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

## FAKULTA STAVEBNÍ

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

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Jana Kulichová
<b>Název</b>	Posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí
<b>Vedoucí práce</b>	doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.
<b>Datum zadání</b>	30. 11. 2019
<b>Datum odevzdání</b>	22. 5. 2020

V Brně dne 30. 11. 2019

---

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

- [1] Pasportizační údaje a dostupné údaje o stokové síti vybrané části urbanizovaného celku jako podklad pro zpracování BP.
- [2] GOEL, R. K., Bhawani SINGH a Jian ZHAO. Underground Infrastructures Planning, Design, and Construction. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2012. ISBN 978-0-12-397168-5.
- [3] CEZARY, M. a kol. Underground Infrastructure of Urban Areas 3, CRC Press, 2014, ISBN 9781138026520.
- [4] ADMIRAAL, H., CORNARO, A. Underground Spaces Unveiled - Planning and Creating the Cities of the Future. ICE Publishing, 2018. 232 pages. ISBN 9780727761453.
- [5] MAYS, Larry W. Stormwater collection systems design handbook. New York: McGraw-Hill, c2001, 1 v. (various pagings). ISBN 0071354719.
- [6] STRÁNSKÝ, David et al. Metodická příručka - Posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí. In OPZP.cz [online]. 2009 [cit. 2019-11-25]. Dostupné z WWW: <http://www.forumochranyprirody.cz/sites/default/files/35.pdf>.
- [7] KLEPSATEL, František a RACLAVSKÝ, Jaroslav. Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení. 1. české vyd. Bratislava: Jaga, c2007, 144 s. ISBN 978-80-8076-053-3.
- [8] STEIN, Dietrich. Der begehbare Leitungsgang. Berlin: Ernst&Sohn, 2002. ISBN 3-433-01263-X.
- [9] STEIN, Dietrich. Grabenloser Leitungsbau. Berlin: Ernst&Sohn: Berlin, 2003. ISBN 3-433-01778-6.
- [10] STEIN, Dietrich a NIEDEREHE, Wilhelm. Instandhaltung von Kanalisationen. Berlin: Ernst & Sohn Verlag, 1992. s. 814. ISBN 3-433-01177-X.
- [11] Příslušné legislativní a normativní podklady.
- [12] Další podklady dle pokynu vedoucího BP.

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Předmětem bakalářské práce bude zpracování nových poznatků a informací z oblasti posuzování stokových systémů urbanizovaných povodí. Práce se bude skládat ze dvou částí. V první části studentka provede rešerši z dané problematiky. V druhé části studentka aplikuje získané poznatky a provede v rámci případové studie posouzení stávající stokové sítě.

Požadované výstupy: technická zpráva, hydrotechnické výpočty, výkresová dokumentace dle pokynů vedoucího BP.

## STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

## **ABSTRAKT A KLÍČOVÁ SLOVA**

### **Abstrakt**

Cílem práce je vytvoření rešerše, popis a následné zvolení metod posuzování stokového systému. Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části je cílem vytvoření rešerše stokového a jeho objektů, popis metod sanace a rozvedení způsobů posuzování stokového systému z hlediska hydraulického, stavebně-technického, environmentálního a provozního průzkumu. V praktické části je posouzen stávající stav vybraného úseku stokové sítě ve Znojmě.

### **Klíčová slova**

stoková síť, objekty na stokové síti, sanace stokových sítí, posuzování stokových systémů, návrh

### **Abstract**

The aim of the work is to create a search, description and subsequent selection of methods for assessing the sewer system. The work is divided into theoretical and practical part. In the theoretical part, the aim is to create a search for sewerage and its objects, a description of remediation methods and an overview of methods for assessing the sewer system in terms of hydraulic, construction, technical and operational research. The practical part assesses the current state of a selected section of the sewer system in Znojmo.

### **Key words**

sewer system, objects on sewer system, rehabilitation of sewer system, assessment of sewer systems, modification design

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

Jana Kulichová *Posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí*. Brno, 2020. 72 s., 9 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 31. 5. 2020

---

Jana Kulichová  
autor práce

## **PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí* zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 31. 5. 2020

---

Jana Kulichová  
autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych poděkovala vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Jaroslavovi Raclavskému, Ph.D. za odborné vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy k práci. Také děkuji svým blízkým za důvěru a podporu v průběhu celého studia.

# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>CÍLE PRÁCE</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Základní pojmy</b>	<b>10</b>
3.1	Uspořádání stokových sítí . . . . .	10
3.2	Stoková soustava . . . . .	11
3.3	Objekty na stokové síti . . . . .	12
3.3.1	Vstupní šachta . . . . .	12
3.3.2	Spojný objekt . . . . .	13
3.3.3	Spadiště . . . . .	13
3.3.4	Skruz . . . . .	14
3.3.5	Lapák splavenin . . . . .	14
3.3.6	Proplachovací objekt . . . . .	14
3.3.7	Uliční vpust . . . . .	14
3.3.8	Kanalizační podchod . . . . .	15
3.3.9	Shybka . . . . .	15
3.3.10	Kanalizační přípojka . . . . .	16
3.3.11	Odhčovací komora . . . . .	16
3.3.12	Výust . . . . .	19
3.3.13	Ostatní objekty . . . . .	20
3.4	Sanace stokových sítí . . . . .	20
3.4.1	Metody sanace stokové sítě . . . . .	21
3.4.2	Metody sanace objektů na stokové síti . . . . .	23
<b>4</b>	<b>Posuzování stokových systémů urbanizovaných povodí</b>	<b>24</b>
4.1	Hydraulický průzkum . . . . .	25
4.1.1	Měření průtoků a hladin . . . . .	25
4.1.2	Měření srážek . . . . .	27
4.1.3	Hydraulické výpočty . . . . .	28
4.1.4	Ostatní technologie měření . . . . .	30
4.2	Stavebně-technický průzkum . . . . .	30
4.2.1	Vizuální prohlídka . . . . .	30
4.2.2	Deformace . . . . .	31
4.2.3	Stav stěn a výskyt dutin . . . . .	31
4.2.4	Únosnost potrubí . . . . .	32



4.3	Environmentální průzkum . . . . .	33
4.3.1	Jakost vstupů . . . . .	33
4.3.2	Povrchová voda . . . . .	34
4.3.3	Podzemní voda . . . . .	35
4.3.4	Těsnost . . . . .	35
4.3.5	Zápach . . . . .	36
4.4	Průzkum provozu . . . . .	39
4.4.1	Systematické prohlídky . . . . .	39
4.4.2	Měření sedimentů . . . . .	39
4.4.3	Čištění stokové sítě . . . . .	40
4.5	Sledování ukazatelé na stokové síti . . . . .	41
4.5.1	Nové ukazatele . . . . .	41
<b>5</b>	<b>Studie posouzení vybrané části města Znojmo</b>	<b>44</b>
5.1	Specifikace lokality . . . . .	44
5.2	Metody monitoringu . . . . .	47
5.3	Vyhodnocování poruch . . . . .	49
5.3.1	ČSN EN 13508-2 . . . . .	49
5.3.2	TNV 75 6905 . . . . .	49
5.4	Poruchy na stokové síti . . . . .	50
5.4.1	Vybrané kritické poruchy . . . . .	52
5.5	Sanace kritických úseků . . . . .	55
5.5.1	Lokální opravy . . . . .	56
5.5.2	Komplexní opravy . . . . .	58
5.6	Ekonomické zhodnocení . . . . .	59
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR</b>	<b>61</b>
	<b>Literatura</b>	<b>62</b>
	<b>Seznam symbolů, veličin a zkratk</b>	<b>68</b>
	<b>Seznam obrázků</b>	<b>70</b>
	<b>Seznam tabulek</b>	<b>71</b>
	<b>Seznam příloh</b>	<b>72</b>
<b>A</b>	<b>Výčet zasažených pozemků</b>	<b>73</b>

B Poruchy na stokovém systému – ČSN EN 13508-2	74
C Technické ukazatele a třída poruch pro stokové sítě z tuhého potrubí	77
D Poruchy na stokovém systému – TNV 75 6905	80
E Obsah příloženého CD	81

---

# 1 ÚVOD

Stokový systém je pro mnohé neviditelným základovým pilířem každé moderní osídlené oblasti. Slouží k odvádění jak odpadních, tak dešťových vod, pro které již dnes není na sídlištích místo. Zajišťují tak čisté a bezpečné prostředí urbanizovaného povodí. Tento systém je ovšem "neviditelný" do té doby, dokud správně funguje a nenastanou komplikace při jeho provozu. Pokud dojde k poruše provozu stokového systému, může dojít ke značným komplikacím a v některých případech i ohrožení života a zdraví v urbanizovaném povodí.

Jelikož je v současnosti většina stokových systémů již vybudována a v mnohých případech je již na hranici své životnosti, je nutné věnovat velkou pozornost jejich údržbě a případným sanacím.

Práce je věnována posuzování stokových systémů po jejich technické stránce i po stránce následných dopadů na životní prostředí a následné vyhodnocení konkrétní lokality.

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části je cílem popsání stokového systému jako takového, popis objektů, metod sanace a rozvedení způsobů posuzování stokového systému z hlediska hydraulického, stavebně-technického, environmentálního a provozního průzkumu. V praktické části je posouzen stávající stav vybraného úseku stokové sítě v urbanizovaném povodí. Lokalita je posouzena pomocí normy a metodiky na jejichž základě jsou stanoveny a vyhodnoceny poruchy. Pro kritické poruchy je následně navržen způsob jejich sanace.

---

## 2 CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem bakalářské práce bylo provést rešerši stokového systému a jeho objektů, posouzení jeho stavu, vyhodnocení a následný návrh sanací daných poruch. Tohoto cíle bylo dosaženo splněním dílčích cílů:

- komplexní seznámení s problematikou;
- vyhodnocení technického stavu posuzované lokality;
- návrh sanace a stanovení rozpočtu.

Technický stav posuzované lokality bude na základě záznamů z televizní inspekční kamery posouzen pomocí dané metodiky a normy.

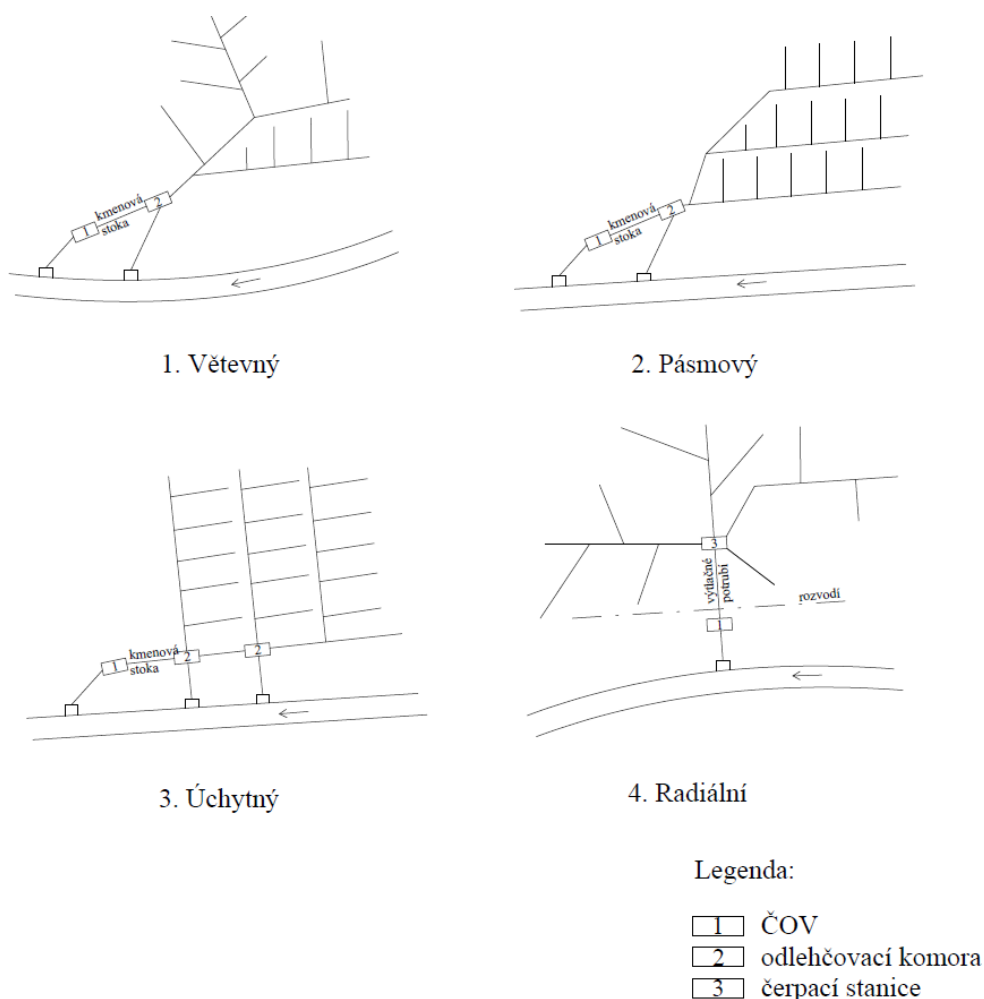
Výsledkem práce bude posouzení stavu stoky a výčet poruch, ze kterých budou vybrány ty nejvíce kritické. Dále bude navržen vhodný způsob jejich sanace. Můžeme se setkat s různými poruchami, které budou vyžadovat různé způsoby sanace. Na základě způsobu sanace bude stanoven rozpočet pro provedení daných opatření a zhodnocení jejich ekonomické stránky.

### 3 ZÁKLADNÍ POJMY

Kanalizace je soubor objektů a zařízení, které umožňují bezpečné a rychlé odvedení odpadních vod z domácností, průmyslových podniků a dalších zařízení. Zajišťuje vyčištění vody do té míry, aby bylo možné vypouštět ji nezávadně do vodních toků. Pro zachytávání a odvádění odpadních vod z určité odvodňované oblasti slouží stokové sítě, které jsou nedílnou součástí moderní společnosti.

#### 3.1 Uspořádání stokových sítí

V systému stokové sítě využíváme gravitační dopravy odpadních vod potrubím s průtokem o volné hladině. Systém stokové sítě se odvozuje dle charakteristik pozuzovaného území a jeho výškového uspořádání.



Obr. 3.1: Typy uspořádání stokových sítí [1]

S ohledem na členitost území se vyvinuly různé typy uspořádání stokových sítí (Obr. 3.1):

- **větevový** – tento systém je vhodný pro členitá území s nepravidelnou zástavbou;
- **pásmový** – je vhodný pro území s výraznými výškovými rozdíly a obsahuje několik výškových pásem, která je možné odvodňovat samostatně;
- **úchytný** – využívá se v oblastech s nízkým sklonem a vedením kmenové stoky podél říčního toku;
- **radiální** – systém s větvemi, které jsou vedeny do nejnižšího bodu území. V tomto bodě se nachází čerpací stanice, ze které je pak odpadní voda přečerpávána do čistírny odpadních vod (dále jen ČOV). Tento systém se využívá v kotlinách.[1]

## 3.2 Stoková soustava

Odpadní voda může být z odvodňovaného území odváděna pomocí jednotné nebo oddílné stokové soustavy.

### Jednotná stoková soustava

Prostřednictvím jednotné stokové soustavy jsou odváděny různé druhy odpadních vod (odpadní vody splaškové, průmyslové, dešťové aj.). Za běžných podmínek jsou potrubím vedeny pouze splaškové, případně průmyslové vody apod. V případě výskytu přivalového deště se objem převáděné vody výrazně zvýší a nastává problém u odlehčovacích komor, které jsou navrženy pro odklon velkých průtoků dešťových vod. Voda z odlehčovacích komor, která je většinou zředěnou směsí splaškové a dešťové vody je vedena přímo do recipientu bez jejího vyčištění či úpravy.

### Oddílná stoková soustava

V oddílné stokové soustavě jsou různé druhy odpadních vod odváděny pomocí samostatných potrubí. Nejčastěji se oddělují vody splaškové a dešťové. Pokud je však žádoucí oddělit i jiné druhy odpadních vod, stoková soustava může být rozdělena na dvě i více potrubí.

Dělení stokových sítí dle technologie převádění průtoků:

- **gravitační stokové sítě** – tradiční způsob odvádění odpadních vod potrubím s průtokem o volné hladině;

- **alternativní stokové sítě** – při budování alternativních není nutné respektovat spádové poměry odvodňovaného území. Využívají se tedy při malých spádech, špatných podmínkách pro uložení do dostatečné hloubky (skalní podloží, vedení potrubí na dně jezer atd.). Alternativní systémy se dále dělí na:
  - **tlakové stokové sítě** – v potrubí přetlakové stokové sítě je trvalý přetlak, čerpací stanice jsou připojeny k tlakovému potrubí;
  - **podtlakové (vakuové) stokové sítě** – stoková síť vakuového typu pracuje s trvalým podtlakem. Slouží k odvádění pouze splaškových vod. Díky tomuto systému je odpadní voda přečerpávána v koncentrované formě na ČOV. Je vhodná pro malá odvodňovaná území, pro nízké sklony a řídkou zástavbu.[1][4][5]

## 3.3 Objekty na stokové síti

Objekty na stokové síti slouží k zajištění správného chodu a funkce stokové sítě, k její údržbě a provozu. Pro stavbu objektů na stokové síti se používá beton, železobeton (dále jen ŽB), kanalizační cihly nebo prefabrikované dílce a další materiály. Vstupní otvory objektů musí být vybaveny kruhovými poklopy zabezpečenými proti vysunutí jedoucímí vozidly. V extravilánu a na dálnicích se šachty nesmí umísťovat do vozovky. V místech, do kterých dopravní prostředky nemají přístup se mohou využívat čtvercové poklopy s panty. Na stokové síti se můžeme setkat s níže jmenovanými objekty.[1]

Z hlediska technického stavu mají objekty kratší životnost než úseky. Objekty na stokové síti jsou vystavovány výrazným účinkům dynamického zatížení (např. od provozu vozidel), ale také korozi způsobené vnějšími vlivy.

### 3.3.1 Vstupní šachta

Pro revizi a čištění stokové sítě slouží vstupní šachty (Obr. 3.2). Umísťují se na začátku a na konci stokové sítě, při změně směru, sklonu, příčného profilu, při spojení dvou nebo více stok nebo rozdělují dlouhé přímé úseky. V místě spojení stok a v místě směrového lomu nesmí být mezi směrem přítoku a odtoku úhel menší než  $90^\circ$ , s výjimkou spadišť. Pokud dojde ke změně průřezného profilu, je nutná úprava sklonu potrubí pro spojení hladin ve stoce nad a pod šachtou, aby nedošlo ke vzduť hladiny.

Maximální vzdálenost šachet u průlezných a neprůlezných stok v přímé trati je 50 m. Nejmenší průlezná stoce náleží DN 800, ostatním tvarům nejmenší výška 800 mm a šířka 600 mm. U průchodných stok budovaných ve výkopu se volí vzdálenost šachet až 200 m. Výška šachty má být minimálně 1 500 mm.

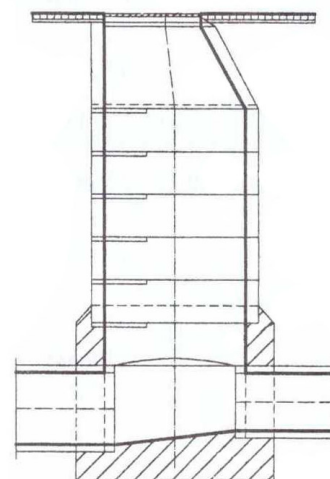
Šachta se skládá ze vstupní, manipulační a spodní části. Vstupní část je tvořena poklopem, vyrovnávacím věncem, přechodovým prefabrikovaným dílem a kruhovými prefabrikáty. Minimální půdorysný rozměr manipulační části je pro kruh průměr 1 000 mm, pro obdélník 800 x 1 000 mm její minimální světlá výška je 1 000 mm.

Životnost šachet je přibližně 50 let.[1][2][8][28]

### 3.3.2 Spojný objekt

Objekty na stokové síti, které slouží ke spojení více než dvou potrubí jsou spojné šachty a spojné komory. Umožňují vyrovnání výškového rozdílu dvou stok a změnu příčného profilu stoky. Využívají se při spojování většího počtu stok a větších světlostí. Vstupní šachty

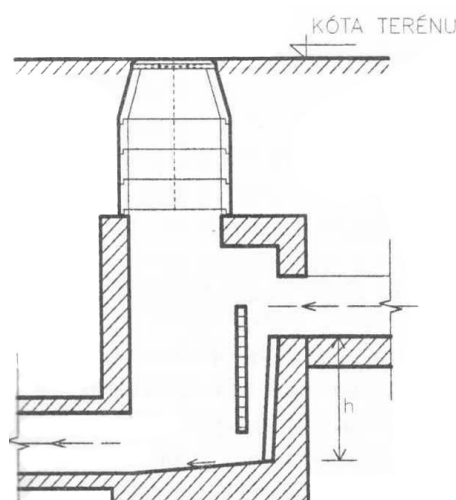
o kruhovém půdorysu se používají ke spojení stok do DN 400. Pro spojování stok o DN 500 a větší a u nekruhových stok při minimální šířce 600 mm se využívají spojné komory. Stoky musí být spojeny žlábkem tak, aby nedošlo k rušení proudění v některé větvi. Žlábký musí být navzájem spojené pod úhlem menším než 90° ve směru proudění vody. Při spojování různých profilů potrubí musí být dbáno na srovnání hladin, aby nedocházelo ke vzdouvání vody.[1][2]



Obr. 3.2: Řez vstupní šachtou [2]

### 3.3.3 Spadiště

Sklon stoky musí být volen tak, aby rychlosti proudění vody nepřekročily maximální rychlosti povolené pro daný materiál. Proto se pro překonání velkého sklonu na stokové síti navrhuje spadiště. Maximální výška spadiště je 4 m pro DN 250 – 400 a 3 m pro DN 450 – 600. Část šachty a dno vystavené nárazu proudící vody musí být opatřeno odolným obkladem. Pro převedení bezdeštného odtoku splaškových vod je spadiště vybaveno samostatnou vertikální troubou s minimální světlostí DN 200. Při větších průtocích voda přepadá přímo na dno spadiště. Stupadla se osazují mimo paprsek dopadající vody.[1][2]



Obr. 3.3: Řez spadištěm [2]

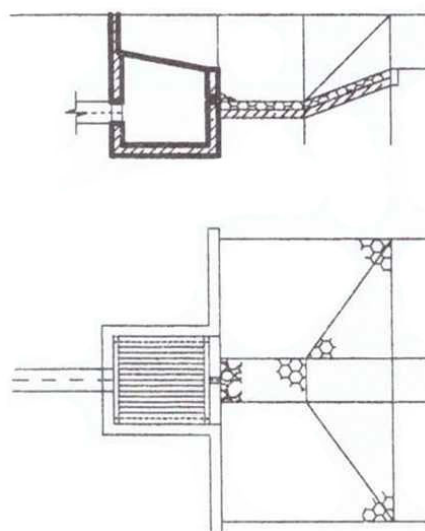


### 3.3.4 Skluz

Objekt skluzu slouží k překonávání velkého sklonu na stokové síti. Využívá se na dlouhých a strmých úsecích, kde by bylo příliš nákladné vybudovat kaskádu spadišť. Skluz se skládá ze samotné skluzové stoky s průtočnou rychlostí do  $10 \text{ m s}^{-1}$  a z objektu k utlumení přebytečné pohybové energie a odvedení vodou strženého vzduchu na konci skluzu. Vzhledem k velkým průtočným rychlostem je vhodným materiálem například beton s přísadami pro zvýšení odolnosti proti obrusu, betonové potrubí s dlažbou ze žulových kostek nebo ocelové potrubí.[1]

### 3.3.5 Lapák splavenin

Zřizují se v místech, kde hrozí zanášení stoky splaveninami. Především na hranici zastavěného území a extravilánu, kde přechází odvodnění z otevřených výkopů do stokového systému. Lapák (Obr. 3.4) musí být vybaven mříží pro zachycení plavenin a jímkou pro zachycení těžkých splavenin.[1]



Obr. 3.4: Lapák splavenin [2]

### 3.3.6 Proplachovací objekt

K proplachování stok s malým spádem, ve kterých se kvůli nedostatečné unášecí rychlosti hromadí dočasné nánosy, se využívají proplachovací šachty a komory.

**Proplachovací šachty** slouží k proplachování stok kromě vrcholových úseků, pro které jsou určeny proplachovací komory. Jedná se o typizované vstupní šachty opatřené stavítkem, kterým lze uzavřít přítokové potrubí. Následně dojde ke vzdutí hladiny a vytvoření proplachové vlny.

Ve vrcholových tratích stokových sítí se využívají **proplachovací komory**. V těchto místech je nedostatek vody pro vytvoření proplachové vlny a voda se tak musí přivádět z vodoteče nebo vodovodu. Objem proplachovací komory se má přibližně rovnat polovině objemu proplachovaného úseku stoky.[1]

### 3.3.7 Uliční vpust'

Slouží k odvodnění vozovky, chodníků a dalších zpevněných ploch. Osazují se v nejnižším místě odvodňované plochy. Vzdálenost mezi jednotlivými vpustmi

závisí na velikosti a charakteru odvodňované plochy. Pohybuje se mezi 40–60 m. Hltnost se uvažuje  $10–25\text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ . Na jednu vpusť se počítá  $400\text{ m}^2$  odvodňované plochy. Dešťové vpusti se neumísťují na nároží křižovatek, v místech přechodů pro chodce a vjezdů. V místech, kde není vhodné umístění odtokové mříže vpusti nebo při malých sklonech odvodňovaného území se zřizují chodníkové vpustě, do nichž vtéká voda bočním otvorem v obrubníku. Vpusť tohoto typu je kryta ŽB, nebo lehkým litinovým poklopem. Odpad musí být umístěn v nezámrazné hloubce.[1][2]

### 3.3.8 Kanalizační podchod

Kanalizační podchod se využívá pro křížení kanalizačního vedení s železniční dráhou a silniční komunikací. Jedná se o trubní nebo zděné stoky, které jsou uloženy přímo v zemině. V tělese komunikace je možné využít kameninové potrubí při plném obetonování nebo při uložení ve štole nebo kolektoru. Při navrhování protlačované ocelové chráničky s vloženým potrubím je nutné vyplnit meziplášťový prostor betonem. Zděné stoky musí být alespoň průlezné. V případě průlezných stok se budují vstupní šachty pouze na jedné straně podchodu a u neprůlezných stok tehdy, je-li podchod kratší než 20 m. U delších podchodů neprůlezných stok se budují vstupní šachty po obou stranách.[1]

### 3.3.9 Shybka

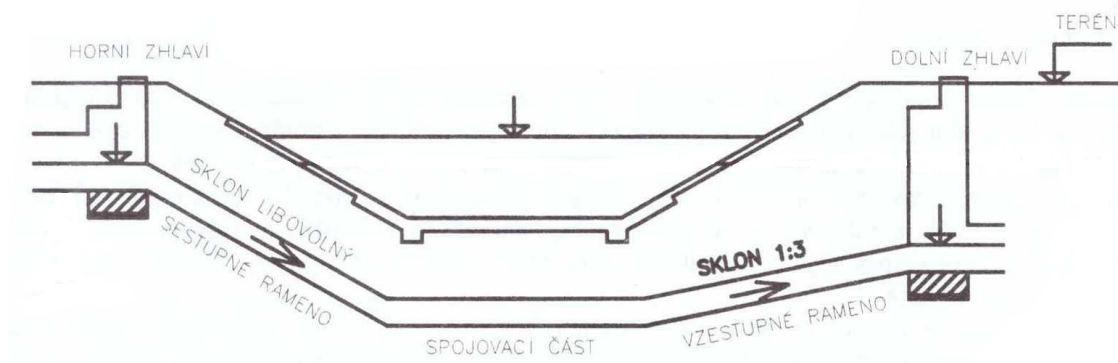
Shybka slouží pro převedení odpadních vod pod překážkami (např. křížení s vodním tokem) v případě, kdy nelze výškově snížit stoku tak, aby vody protékaly pod překážkou samospádem o volné hladině. Pro jejich výstavbu se využívá litinové, ocelové, kameninové nebo plastové potrubí, které se zpravidla obetonovávají kvůli nebezpečí poškození na dně toku.

Z hydraulického hlediska shybky dělíme na:

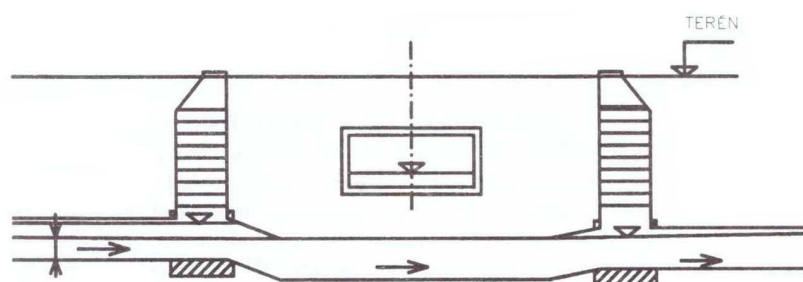
- **úplné** (Obr. 3.5) – v případě, že strop shybky leží pode dnem přítokové a odtokové stoky;
- **neúplné** (Obr. 3.6) – leží-li strop shybky nade dnem přítokové a odtokové stoky.[1]

Podle počtu ramen dělíme shybky na:

- **jednoramenné** – při průtocích, které jsou rovnoměrné a nekolísají, využívají se v oddílných stokových soustavách nebo v jednotných, kde je možné před přítokem do shybky oddělit přívalové vody;
- **víceramenné** – využívají se ve stokách, ve kterých silně kolísá přítok (např. jednotná stoková soustava). Za bezdeštných průtoků je voda vedena jedním ramenem a za maximálních průtoků je voda vedena všemi rameny.[2]



Obr. 3.5: Řez úplnou shybkou [2]



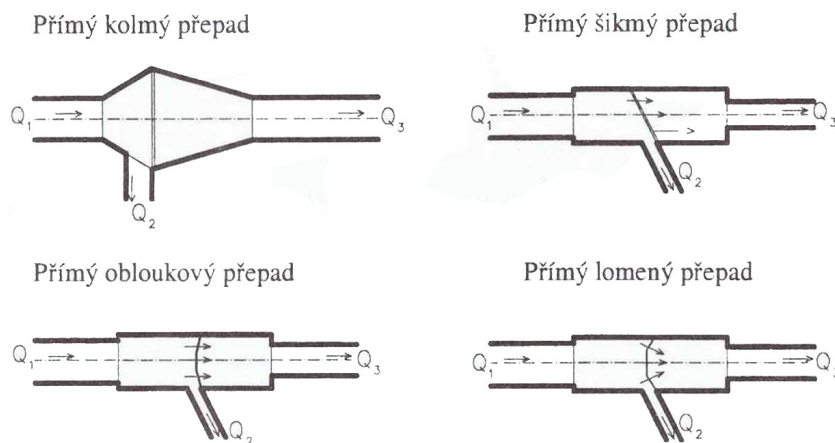
Obr. 3.6: Řez neúplnou shybkou [2]

### 3.3.10 Kanalizační přípojka

K odvodnění pozemků a objektů na nich slouží kanalizační přípojka. Každá nemovitost musí mít svou vlastní kanalizační přípojku. Napojení více nemovitostí na jednu přípojku je možné pouze ve výjimečných případech po dohodě se správou kanalizace. Nejmenší přípustná světlost kanalizační přípojky je DN 150. Její sklon musí být navržen tak, aby byla v potrubí zajištěna dostatečná unášecí síla, která zabrání zanášení potrubí. Nejmenší dovolený sklon dle ČSN 75 6101 pro přípojky do světlosti DN 200 je 1 ‰. Kanalizační přípojky se zpravidla napojují do tratě mezi objekty stokové sítě. V ojedinělých případech a se souhlasem správy kanalizace je možné přípojku do světlosti DN 200 zaústit do vstupní šachty, do výše těsně nade dnem.[1]

### 3.3.11 Odlehčovací komora

K odlehčení stoky při dešťových průtocích slouží objekt odlehčovací komory. Odvádí všechny odpadní vody až do požadovaného průtoku na ČOV. Při překročení tohoto průtoku začne oddělovat zředěné splašky do recipientu.



Obr. 3.7: Odlehčovací komora s přímým přepadem [2]

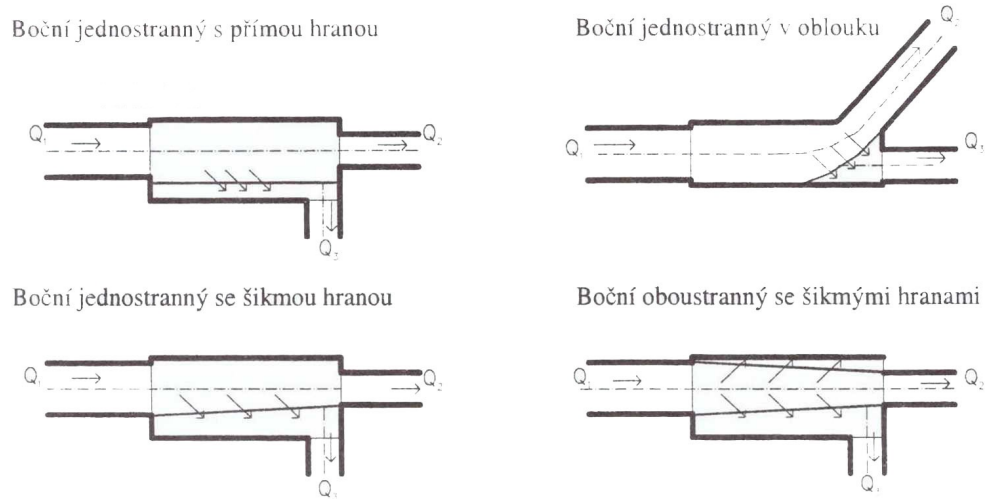
Odlehčovací komora se navrhuje na zředěný průtok  $Q_{zřed}$ , který se počítá jako

$$Q_{zřed} = Q_h \cdot (1 + n) = Q_h \cdot m, \quad (3.1)$$

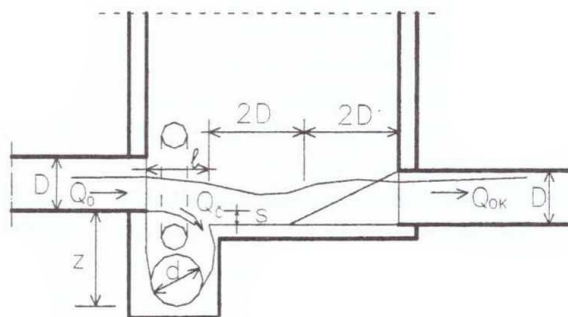
kde  $Q_h$  je maximální bezdeštný hodinový průtok (včetně balastních vod),  $n$  je ředící poměr ( $n \in < 4; 20 >$ ) a  $m$  je násobek ředění bezdeštného průtoku odpadních vod ( $m \in < 1,5; 1,9 >$ ).[3]

Mezi základní typy odlehčovacích komor se řadí:

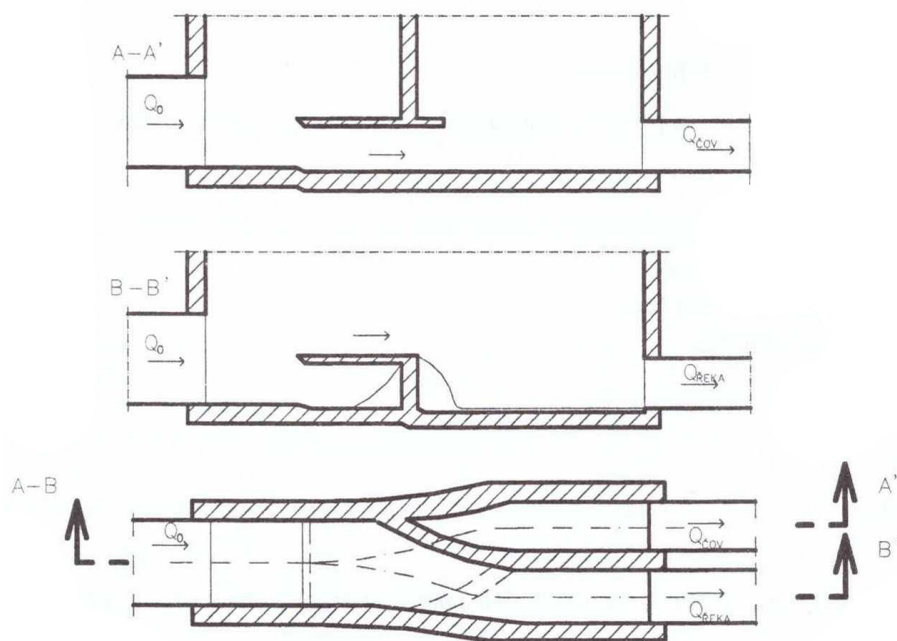
- **odlehčovací komora s přepadem** – odlehčování *přímým přepadem* (Obr. 3.7) se provádí ve směru osy přívodní stoky, při odlehčování *bočním přepadem* je směr odlehčování odkloněn od směru osy přívodní stoky a *oboustranný přepad* zvětšuje délku přelivné hrany a tím zkrácuje délku celé odlehčovací komory (Obr. 3.8);
- **odlehčovací komora se škrťací tratí s přepadem** – zúžený objekt, který se nachází mezi odlehčovací komorou a stokou vedené k ČOV, hladina v komoře se vzdouvá nad korunou přelivu, vtok do odtokového potrubí se zahlcuje a odtokové potrubí, které pracuje pod tlakem, vede odpadní vody na ČOV;
- **odlehčovací komora s přepadajícím paprskem (štěrbinová komora)** (Obr. 3.9) – bezdeštný průtok přepadá do příčně položeného žlábků, ze kterého je voda odváděna do ČOV, při větším množství odpadních vod se žlábek zahltí a přebytečná voda je odváděna odlehčovací komorou do recipientu;
- **odlehčovací komora s horizontální dělicí deskou (etážová komora)** (Obr. 3.10) – v odlehčovací komoře se nachází břit, který je splašky až do určitého stupně ředění podtékán. Při větších průtocích břit odděluje průtoky a nadbytečné množství splašků odvádí do recipientu.[1]



Obr. 3.8: Odlehčovací komora s bočním přepadem [2]



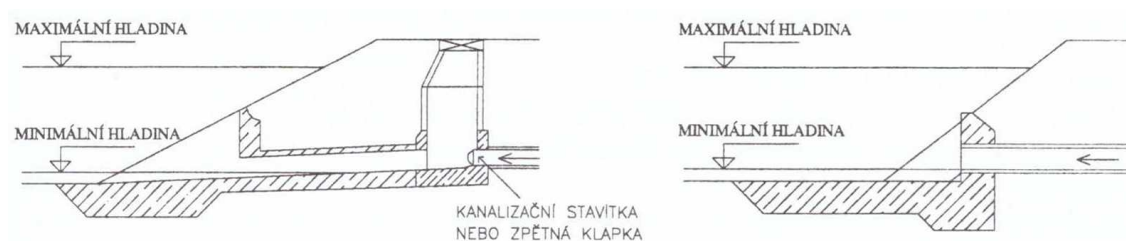
Obr. 3.9: Odlehčovací komora s přepadajícím paprskem [2]



Obr. 3.10: Odlehčovací komora s horizontální dělicí deskou [2]

### 3.3.12 Výustí

Slouží k odvádění vod z odlehčovací komory nebo z ČOV do recipientu. Výusti (Obr. 3.11) je vhodné zřizovat v místech s dostatečnou vzdáleností od komunikací, obytných budov a dalších míst určených ke společenskému využívání recipientu. V toku se zřizují v konkávním břehu s dostatečnou hloubkou a proudem vody. Kvůli silným účinkům vody se musí dbát na jejich pečlivé zakládání a opevnění břehu. Pokud hrozí vzdouvání vody z recipientu do stokové sítě, osazují se na objekt uzávěry (např. koncové klapky, kanalizační stavítka). Při vypouštění vod do velkých řek a rybníků se využívají dnové výusti. Objekt výusti nesmí ohrozit plavbu. Umisťují se do nezámrazné hloubky.[1][2]



Obr. 3.11: Řez výustí [2]

### 3.3.13 Ostatní objekty

Mezi další objekty vyskytující se na stokové síti patří:

- retenční objekty;
- větrací zařízení;
- zpětné klapky;
- separátory;
- čerpací stanice.

## 3.4 Sanace stokových sítí

Každá stoková síť má životnost, která závisí na jejím materiálu, kvalitě provedení i vnějších vlivech. Při narušení provozuschopnosti stokové sítě musí dojít k její obnově náhradou stoky za novou nebo opravou. Způsob obnovy stokové sítě závisí na rozsahu jejího poškození a možnostech jak technologických, tak ekonomických. V současnosti je však nejčastějším způsobem obnovy stokové sítě její sanace, protože většina stok je již vybudována a vyhovuje svou kapacitou.

Sanace zahrnuje soubor opatření, kterými lze uvést stokovou síť do původního nebo lepšího stavu, než se nacházela dříve.

Sanaci stokové sítě lze rozdělit do tří kategorií:

- **oprava** – opatření k odstranění místních závad, provádí se zpravidla bezvýkopově;
- **renovace** – opatření k vylepšení stávajících funkčních a provozních vlastností stok při úplném nebo částečném zachování jejich původní konstrukce, provádí se zpravidla bezvýkopově;
- **obnova** – budování nové stokové sítě ve stávající nebo jiné trase při zachování jejich původní funkce, provádí se bezvýkopově i výkopově.[6][7]

Provádí se různé způsoby řešení sanace stokové sítě. Do základního přehledu sanací patří budování nové stokové sítě ve stávající nebo výstavba nové stoky souběžně se stokou původní. V druhém případě se může jednat o úplné nahrazení původní stokové sítě, zdvojení systému stok, využívání původního systému k retenci nebo transformace jednotné stokové soustavy na oddílnou.

K úplnému nahrazení stoky dochází, je-li k dispozici dostatečný prostor pro novou stokovou síť.

V případě, že je stav stávající stoky vhodný k renovaci, je možné ji využít k částečnému odvádění odpadních vod. Při sanaci může dojít ke zmenšení kapacity stoky, což lze kompenzovat výstavbou paralelní stoky.

Dalším způsobem využití původní stoky může být retence dešťových vod. Provádí se propojením nové a původní stoky příčnými troubami v horní části klenby stoky. Novou stokou protékají vody v bezdeštném období. Pokud hladina vody při deštném průtoku dosáhne příčných spojovacích trub, dochází k odlehčení do retenční stoky. Vyústění retenční stoky je opatřeno uzávěrem. Po ukončení deště dochází k řízenému otevírání uzávěrů a vypouštění retenované vody.

Pokud nám to dovoluje prostor, je možné transformovat jednotnou stokovou soustavu na oddílnou. Přičemž se stará stoka sanuje a odvádí splaškové vody. Současně se buduje nová stoka, která odvádí dešťové odpadní vody. Při tomto řešení je potřeba provést hydraulický přepočít zanášení staré stokové sítě kvůli snížení průtoků a tím i unášecí rychlosti.

Potřebu sanace a dalších zásahů do stokové sítě oddaluje jejich dobrá údržba a čištění. V rámci pravidelné údržby se provádí čištění stok od nánosů, čištění strojních zařízení, prohlížením se zjišťují závady na stokové síti, provádějí se drobné opravy a další.[6]

#### 3.4.1 Metody sanace stokové sítě

##### Oprava

Oprava stokové sítě se může provádět následujícími metodami:

- **kanalizační robot** – je využíván k lokálním opravám, ovládán pomocí jednotky na povrchu, se kterou je spojen kabelem, používá se také pro zapravení domovních kanalizačních přípojek;
- **injektážní metoda** – může být vnější nebo vnitřní, u vnější injektáže je obtížné vyhodnotit kvalitu jejího provedení, může se využívat pro sanaci netěsností;
- **utěšňovací metoda** – může být opět vnější nebo vnitřní, slouží k odstraňování místních poruch i netěsností;
  - *obturátor* – odstraňuje především netěsnosti ve spojích, radiální trhliny apod;
  - *krátká vystýlka* – pro opravy lokálního poškození, jedná se o rychlou metodu, která se provádí zatažením a následným vytvrzením textilie uvnitř potrubí o DN 150 – DN 600;
- **výměna potrubí.**



#### Renovace

Renovace stokové sítě se může provádět následujícími metodami:

- **povlakové metody** – provádějí se nanášením vrstvy (cementové malty) na vnitřní povrch potrubí, používají se ke zvýšení statické únosnosti, ucpání netěsností a ochraně potrubí proti působícím vlivům, brání také průnikům balastních vod;
- **vystýlací metody** – mohou se provádět zatahováním rukávce, Reliningem nebo Swageliningem;
  - *zatahování rukávce* – do potrubí se zatahuje punčocha nasáklá pryskyřicí, přilnutí punčochy k povrchu potrubí zajišťuje tlak vody nebo vzduchu, pak dochází k vytvrzování teplou vodou, párou nebo UV zářením;
  - *Relining* – proces zatahování nového (většinou polyetylénového) potrubí do staré stoky v případě nedostatečné únosnosti původního potrubí, výrazných netěsností, ochrany kanalizace při průchodu ochrannými pásmy nebo transformace netlakového potrubí na tlakové; vtahované potrubí musí mít menší světlost než původní, nelze provádět v zimním období;
  - *Swagelining* – zmenšuje se průměr vtahovaného polyetylénového potrubí pomocí tahu, tahová síla musí být optimální, aby bylo potrubí zmenšeno na požadovaný průměr. Po dokončení zatahování se potrubí vrátí do své původní velikosti.

#### Obnova

Obnova stokové sítě se může provádět následujícími metodami: stokové sítě se provádí destruktivními metodami, v otevřeném, polootevřeném výkopu nebo bezvýkopovou technologií.

- **destruktivní metody** – původní potrubí se rozrušuje trháním nožovou trháací hlavou nebo frézováním potrubí, při těchto metodách je možná pokládka stejného nebo většího profilu DN 200 – DN 800.
  - *frézování* – je prozatím z ekonomických důvodů nedostupné.
- **otevřený výkop** – využívá se především při výstavbě nového potrubí, ale může v něm být prováděna i sanace;
- **polootevřený výkop**;
- **bezvýkopové technologie** – mikrotunelování, minitunelování a tunelování, výhodou těchto technologií je minimální zásah do okolního provozu
  - *mikrotunelování* – provádí se zatahováním nebo zatlačováním potrubí přímo do zeminového masivu;
  - *řízené vrtání* – vhodné pro potrubí DN 32 – DN 1 400. Provádí se vrtáním a zpětným zatahováním potrubí nejlépe do hlín, jílu, sprašů a písků. [6][9]

Pro sanaci stokových sítí existuje celá řada dalších technologií, jejichž výčet a specifikace by mohly být sepsány v samostatné práci. Proto je zde představeno jen několik v současné době nejčastěji využívaných technologií.

#### 3.4.2 Metody sanace objektů na stokové síti

Na stokové síti se nachází mnoho objektů, které je nutno udržovat v provozuschopném stavu a v případě potřeby je sanovat či úplně nahradit. Způsob odstranění závad závisí na způsobu a rozsahu poškození objektu.

##### Sanace vstupní šachty

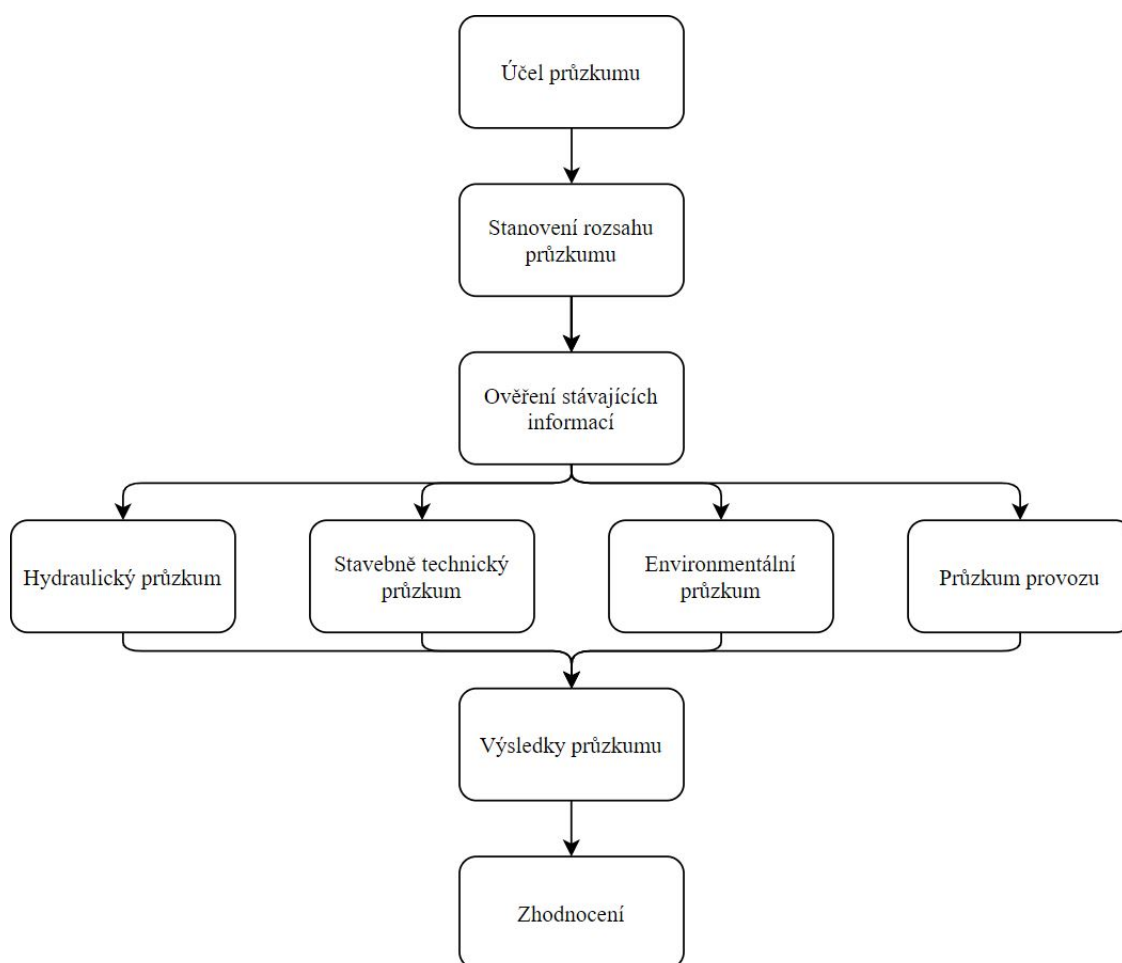
Vstupní šachty mohou být sanovány pomocí povlakových metod. Nejčastěji je používán nástřík maltové směsi, která přilne ke starému betonovému povrchu. Příkladem takové směsi je *ERGELIT*, který zajišťuje odolnost proti mrazu, agresivnímu prostředí, proti otěru a nízkou nasákavost.[10]

Jelikož se na stokové síti můžeme setkat s velkým množstvím různých objektů s různými poruchami, není možné tuto problematiku obsáhnout v této práci.

---

## 4 POSUZOVÁNÍ STOKOVÝCH SYSTÉMŮ URBANIZOVANÝCH POVODÍ

Pro spolehlivý provoz stokové sítě a správné provádění změn v systému je nutný její pečlivý průzkum z několika hledisek. Průzkumem stokového systému se zjišťuje také dopad na životní prostředí, se kterým úzce souvisí kvalita života v lokalitě. Na (Obr. 4.1) je znázorněn postup pro zjištění a zhodnocení stavu stokového systému. Výsledkem inspekce je zjištění deformací na potrubí, průniků podzemních vod, zjištění kanalizačních přípojek a další. Získané informace o stavu stokové sítě se využívají pro plánování jejich oprav nebo jako podklad pro budoucí rozšiřování.



Obr. 4.1: Postup zjišťování a hodnocení stavu stokových systémů [13]

## 4.1 Hydraulický průzkum

Stanovení hydraulických parametrů se používá pro určení průtoků, kapacity, hladiny proudění a rozsahu infiltrace. Pro měření těchto parametrů se používají snímače s požadovanou přesností měření tvořící dostatečně hustou síť. Místa měření by neměla být ovlivněna vnějšími vlivy, které by mohly vyvolat chyby měření.

V rámci hydraulického průzkumu probíhá:

- měření průtoků a hladin;
- měření srážek;
- hydraulické výpočty.[13]

### 4.1.1 Měření průtoků a hladin

Pro měření průtoků a hladin se používají snímače, které většinou měří oba parametry současně. Měřením se zjišťují hydraulické parametry průtoků splaškových odpadních vod, místa infiltrace, jejich rozsah a následné průtoky balastních vod. V kombinaci s měřením srážek se ověřují hydraulické výpočty.

Průtoky ve stokové síti se mohou měřit pomocí měrných přelivů (Thomsonův, Ponceletův), ultrazvukovými a elektromagnetickými metodami.[1][13]

#### Měrné žlaby

Pro měření průtoků měrnými žlaby (Thomsonův trojúhelníkový, Ponceletův obdélníkový, Parshalův) se využívá základních principů hydrauliky. Tyto jednoduché metody jsou určeny pro stabilní měření malých průtoků.

Pro výpočet průtoku  $Q$  Thomsonovým měrným žlabem platí, že

$$Q = \frac{1}{5} \cdot h^{\frac{5}{2}}, \quad (4.1)$$

kde  $h$  je přepadová výška.[1][13]

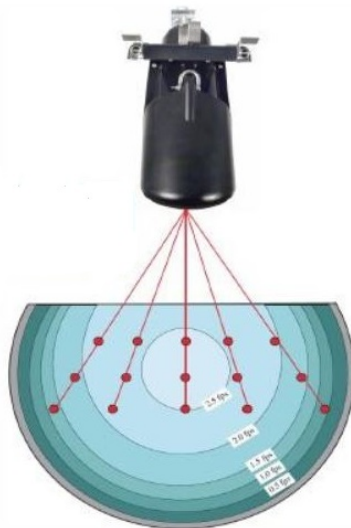
#### Ultrazvukový průtokoměr - Dopplerův jev

Ultrazvukový průtokoměr stanovuje rychlost proudění kapaliny na základě odrazu paprsku ultrazvuku vytvořeného při dopadu na překážku. Rychlost proudění kapaliny se pak stanovuje pomocí Dopplerova jevu. Ultrazvuk lze využít jako hladinoměr i průtokoměr. *Hladinoměr* funguje na principu měření časového intervalu mezi vysláním ultrazvukového impulzu a přijetím echa odraženého od hladiny. Šíření ultrazvukového signálu může ovlivňovat teplota a měrná hmotnost plynu. *Průtokoměr* kombinuje princip Dopplerova jevu pro stanovení rychlosti a ultrazvuk nebo tlakové čidlo pro měření výšky hladiny vody.[1][13]

Přenosný průtokoměr **LMF (Leakage Monitor Flowmeter)** je určen pro kontinuální měření průtoků a hydrostatického tlaku kapaliny v tlakovém potrubí. Senzory lze použít pro potrubí o průměru 0,05 – 3,00 m. Napájení je zajištěno dobíjecí baterií s dlouhou výdrží. Další možností využití je monitoring úniků vody ve vodovodní síti. Výhodou je jednoduchá instalace, nízké provozní náklady a možnost krátkodobého i dlouhodobého měření průtoků bez nutnosti zásahu do potrubí.[39]

Přenosný průtokoměr **PCM F** je určen pro měření průtoků v otevřených kanálech a částečně či plně zaplněných potrubích. Napájení je zajištěno akumulátorem, proto je vhodný pro krátkodobé a střednědobé měření. Průtokoměr umožňuje zaznamenávat data s pevným nebo proměnným časovým krokem. Díky možnosti připojení přídatných měřících systémů lze řešit další úlohy jako odběr vzorků (definuje minimální hladinu pro řízení odběrného zařízení), měření účinnosti čerpadel (zaznamenává rychlost čerpání a časy chodu čerpadel), měření událostí, předávání signálu (předávání dat nadřazeným systémům měření) a záznamy dat a řízení (řízení a sběr dat externích jednotek).[40]

Bezkontaktní rychlostní senzor **LaserFlow** (Obr. 4.2) slouží k měření průtoku pomocí technologie bezkontaktního laserového Dopplera a k měření výšky hladiny ultrazvukovým senzorem. Rychlost proudění kapaliny měří laserovým paprskem v jednom nebo více bodech pod hladinou. Na stokové síti se používá k měření průtoku mělkých vod ve velkých a malých potrubích, na přítoku, odtoku a dalších místech ČOV.[37]



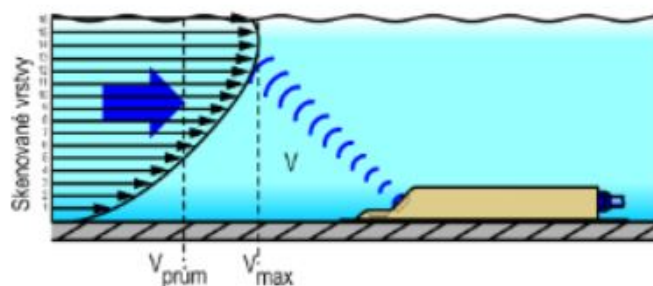
Obr. 4.2: Bezkontaktní rychlostní senzor LaserFlow [37]

### Ultrazvuková křížová korelace

Metoda ultrazvukové křížové korelace slouží k měření hladin i průtoků na kanalizační síti.

**Měření hladiny** pomocí ultrazvukového senzoru probíhá na dně potrubí nebo nad hladinou. V obou případech se ultrazvukový impulz odráží od hladiny a měří se doba od vyslání signálu po příjem echa odraženého od vodní hladiny. Výhodou senzoru na dně potrubí je absence překážek ovlivňující přesnost měření (plovoucí nečistoty, pěna atd.). Lze instalovat tlakový senzor, který se používá v případech, kdy dochází k tlakovému proudění v potrubí. Měření tlakovým senzorem probíhá porovnáním tlaku vodního sloupce nad senzorem.

**Měření rychlosti proudění** je prováděno senzorem umístěným na dně potrubí. Měrný profil je po výšce rozdělen až do 16 vrstev, ve kterých se vyhodnocuje rychlost (Obr. 4.3). Senzor vysílá sérii krátkých ultrazvukových impulsů, které jsou drobnými plovoucími částicami nebo bublinami odraženy zpět. Díky časovému posunu mezi odvysíláním impulsu a příjmem odrazu lze určit polohu jednotlivých částic a tím spočítat rychlost proudění kapaliny v daném řezu. Tento proces se opakuje 250–2000 x za sekundu. Skutečný rychlostní profil je integrován z dílčích rychlostí charakteristických pro každou vrstvu.[38]



Obr. 4.3: Ultrazvuková křížová korelace – vysílání signálů senzorem [38]

### Elektromagnetická indukce

Elektromagnetická indukce využívá vodivosti měřené kapaliny. Měření neovlivňuje složení ani tlak kapaliny, teplota ani hustota.[1][13]

#### 4.1.2 Měření srážek

Měření srážek se zjišťuje jejich vliv na průtok ve stokovém systému. Provádí se pomocí srážkoměrů. Primárně se využívají data ze srážkoměrných stanic. Pokud

tato síť není dostatečně hustá, používají se doplňkové srážkoměry. Chyby v měření pomocí srážkoměrů mohou být způsobeny výparem, omočením povrchu a větrem.

Odtok srážek z povodí  $Q_{dešt}$  do stoky se spočítá jako

$$Q_{dešt} = P \cdot q_s \cdot \psi_{prům}, \quad (4.2)$$

kde  $P$  je odvodňovaná plocha,  $q_s$  je intenzita deště a  $\psi_{prům}$  je průměrný součinitel odtoku.[28]

### Překlopný srážkoměr s člunkem

Srážky mohou být měřeny automatickým překlopným srážkoměrem s člunkem, který se překlopí při naplnění sběrné nádoby. Tato událost je zaznamenána v podobě časového údaje na ombrogramu. Sběr dat sněhových srážek v zimních měsících se provádí zahřátím nádoby, ve které se nahromaděný sníh rozpustí. Záchytná plocha bývá  $200 \text{ cm}^2$  nebo  $500 \text{ cm}^2$ . [1][13][41]

### Váhový srážkoměr

Automatický srážkoměr, který pracuje na principu vážení spadlé vody nebo sněhu. Omezuje tak vliv výparu a omočení na minimum. Měření může být ale ovlivněno vlivem podtlaku při silnějším proudění větru, který způsobuje nadzvedání nádoby. Dalším faktorem, který ovlivňuje hmotnost měřeného obsahu jsou nečistoty, prach a hmyz spadené do nádoby.[41]

### Optický disdrometr

Pracuje na základě optického měření jedním nebo dvěma tenkými paprsky. Při padání srážek jsou tyto paprsky tlumeny a měří velikost a počet spadených srážek. Pokud padají dvě kapky příliš blízko u sebe, laser je může registrovat jako jednu velkou a může tak dojít k přeceňování úhrnu. Hlavním úkolem měření optickým disdrometrem je měření spektra velikosti srážkových částic.[41]

### 4.1.3 Hydraulické výpočty

V případech hydraulických problémů, problémů s životním prostředím způsobených odtoky z odlehčovací komory, plánované výstavby uvnitř systému a plánování fyzické změny systému se provádějí hydraulické výpočty. Pro komplexní řešení hydraulických výpočtů je nutná kombinace hydrologických a hydraulických modelů. Hydrologické modely se věnují srážko-odtokovým procesům a hydraulické modely odtoku ve stokové síti. Výběr metod závisí na rozsahu průzkumu stokové sítě (jednoduché i složité matematické modely). Pokud nedochází ke shodě modelu a výsledků

měření, je nutné upravit vstupní data a záznamy o stoce. Všechny změny musí být provedeny na základě jejich ověření na systému.[13][14]

#### **Mike Urban+**

Program *Mike Urban+* modeluje veškeré městské vodní systémy včetně distribuce vody, odtoků dešťové vody, sběru odpadních vod a městských záplav. Pracuje s hydrologickými i hydraulickými modely a umožňuje i modelování kvality vody a transportu sedimentů.

Program je schopný modelovat interakci mezi jednotlivými troukami a okolním prostředím. To umožňuje modelování infiltrace a úniků z potrubí. Díky kombinaci 1D a 2D modelů je také možné přesně modelovat povodně v městském prostředí.[15]

#### **SWMM (Storm Water Management Model)**

*SWMM* je program používaný pro plánování, analýzu a návrh související s odtokem dešťové vody kanalizacemi a dalšími drenážními systémy v městských oblastech. Zabývá se především povodněmi v urbanizovaných povodích a kvalitou vody. Pro své výpočty využívá hydrologických i hydraulických modelů. Lze simulovat jednu událost i dlouhodobou simulaci množství a kvality odtoku především z městských oblastí. Je sledováno množství a kvalita odtoku v každém dílčím povodí. Sleduje průtok, hloubku průtoku a kvalitu vody v každé stoce během simulačního období tvořeného více časovými kroky.

*SWMM* umí popisovat hydrologické procesy jako časově proměnlivé srážky, odpařování stojaté vody, akumulace a tání sněhu, infiltrace srážek do nenasyčených půdních vrstev, vzájemný průtok mezi podzemní vodou a drenážním systémem a další. Hydraulické modelování pak umí pracovat s velkou škálou uzavřených a otevřených standardních i přirozených kanálů, modelovat čerpadla, jezy i otvory, aplikovat vstupy kvality vody a znečištění a další.[16]

#### **Drainage Design and Analysis Solution – Bentley**

Program firmy *Bentley* pomáhá pochopit a efektivně navrhnout drenážní systémy, na kterých se nachází velké množství objektů včetně návrhů rybníků a kontrolní struktury, které jsou navrženy tak, aby zmírnily tok nebo zabránily znečištění. Je možné provádět různé simulační modely (bouřkové události, využití půdy, charakteristiky odtoku), kterými lze zajistit vhodný finální návrh odvodnění.[17]



#### 4.1.4 Ostatní technologie měření

Jako ostatní technologie hydraulického průzkumu se využívají průzkumy infračerveným zářením, stanovení ředění odpadních vod, zkoušky těsnosti a vizuální prohlídky.

**Infračervené záření** se využívá pro zjištění infiltrace vody, která má obvykle nižší teplotu než odpadní voda ve stoce. Rozsahem infiltrace se určuje také zředění odpadních vod za bezdeštných průtoků.

**Vizuální prohlídkou** lze zjišťovat infiltrace, které se nacházejí nad hladinou odpadní vody ve stoce. Používá se také pro odhad drsnosti ve stoce a rozsahu usazenin. [13]

### 4.2 Stavebně-technický průzkum

Jedním z dalších důležitých faktorů pro posouzení stavu stokové sítě a její provoz je její stavebně-technické posouzení. Průzkum se provádí s cílem zjištění defektů na stokové síti a jejich následné odstranění.

Používají se různé metody průzkumu:

- vizuální prohlídka;
- měření deformací profilu potrubí;
- zjišťování stavu stěny trouby a dutin za ostěním;
- další zkoušky.[6]

Tyto metody jsou pak používány samostatně pro průzkum úseků i objektů na stokové síti (čerpací stanice, šachty, skluzy atd.).

#### 4.2.1 Vizuální prohlídka

Vizuální prohlídka se může v průchozích a průlezných stokách provádět osobně nebo se nejčastěji provádí inspekční kamerou. Slouží k zjištění trhlin, prorůstání kořenů, nánosů sedimentů, deformací a posunů potrubí a chybnému napojení přípojek. Výstupem vizuální prohlídky je fotodokumentace nebo videozáznam. Prohlídka má být prováděna alespoň jednou za 5 let.[31]

##### **Inspekční kamera**

Na trhu existuje celá řada různých typů inspekčních kamer, které mohou mít kromě samotného videozáznamu i další doprovodné funkce jako měření spádu potrubí, měření šířky a délky trhlin nebo frézovací zařízení. Typickým zástupcem je samohybný robot s kamerovou hlavou a dosahem až 250 m, který je propojen s vozidlem s řídicí jednotkou (Obr. 4.4).[31]



Obr. 4.4: Kamerový vozík [31]

### 4.2.2 Deformace

Deformace jsou jedním z nejzřetelnějších defektů na stokové síti. Jejich důsledkem může být snížení hydraulické kapacity potrubí, zanášení až jeho ucpání, infiltrace a exfiltrace a prolomení až zborcení potrubí. Nejčastější technologií pro zjišťování deformací na stokové síti je v současnosti 3D scanner.

**3D scannery** se rozdělují podle principu měření na ultrazvukové, rentgenové, optické aktivní a optické pasivní. Výhodou 3D scanneru je schopnost změřit velké množství bodů za krátký čas a umí vytvořit dokonalý tvar jakéhokoliv materiálu. Další výhodou je nedotykové měření. Mezi jeho nevýhody patří menší přesnost oproti dotykovým metodám, zdlouhavé zpracování naměřených dat a neschopnost snímání lesklých ploch.[31]

### 4.2.3 Stav stěn a výskyt dutin

Tloušťka stěny potrubí je ovlivňována zejména biogenní síranovou korozí, která způsobuje výrazný úbytek stěny u materiálů s cementovou příměsí viz kap. 4.3.5.

Dalším faktorem ovlivňujícím tloušťku stěny je abraze. Abraze je mechanický proces obrusu povrchu stoky jemnými částicemi unášenými odpadní vodou. Výrazným zmenšením tloušťky stěny může dojít k porušení až zborcení potrubí. Tloušťka stěny se měří impulsní odrazovou metodou.

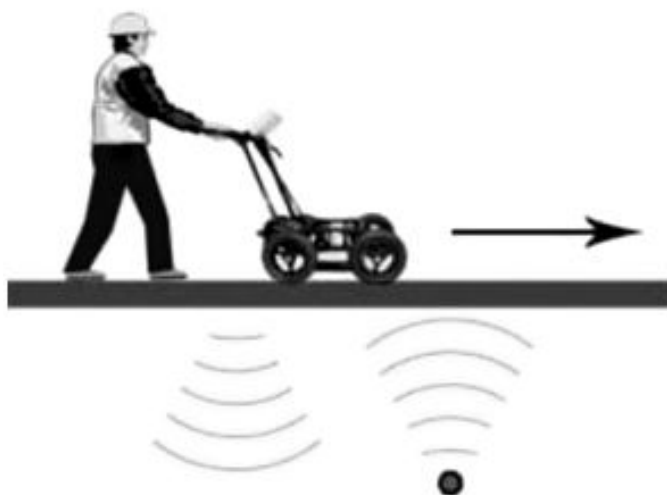
Dalším problémem je výskyt dutin a kaveren v okolí kanalizace. Zjišťování dutin se provádí pomocí georadaru.[32]

### Impulsní odrazová metoda

Jelikož je potrubí přístupné pouze z jednoho povrchu, je pro měření korozního úbytku využívána *Impulsní odrazová metoda*. Jedná se o nedestruktivní metodu. Tloušťka stěny je stanovena na základě měření doby průchodu ultrazvukových vln materiálem, která je pak násobena rychlostí šíření vln v měřeném materiálu. Ultrazvuková vlna prochází materiálem do doby, než dosáhne rozhraní dvou materiálů, které se prokazuje změnou hustoty materiálu. Před prováděním měření musí být z daného místa odstraněny mechanické nečistoty a vrstvy nepřilnutých nátěrů.[32][33]

### Georadar

Zjišťování dutin a kaveren se provádí pomocí georadaru z povrchu země. Georadar je zařízení vysílací a přijímací krátké elektromagnetické pulsy pomocí antén. Tyto pulsy jsou vysílány do země a na základě času odrazu zpětně zachytávány (Obr. 4.5).[32][34]



Obr. 4.5: Princip fungování georadarů [34]

#### 4.2.4 Únosnost potrubí

Na únosnost potrubí má vliv několik faktorů. Mezi tyto faktory patří špatné uložení potrubí a degradace materiálu, což má vliv na snížení životnosti trub. Z tohoto důvodu jsou prováděny laboratorní zkoušky pevnosti a degradace materiálu.

### Zkoušky pevnosti ve vrcholovém tlaku

Kanalizační trouba je zatížena stálým a proměnným zatížením. Toto zatížení je z vrcholu přenášeno do celé konstrukce trouby. Tuhé trouby odolávají vrcholovému tlaku. Porovnatelným kritériem pro poddajné potrubí je kruhová tuhost. Kruhová tuhost je odolnost proti deformaci vyvolané vnějším zatížením. Pevnost v tlaku se stárnutím trouby klesá.

Pevnost se zjišťuje zrychlenou zkouškou pevnosti *HALT*. Tato zkouška přesahuje prostředí použití produktu i specifikace návrhu. Namáhání je prováděno v krátkých intervalech za účelem odhalení skrytých poruch.[11][60]

### Zkoušky degradace

Na degradaci a úbytku tloušťky stěny betonového potrubí se podílí převážně biogenní síranová koroze, karbonatace a abraze. Degradace potrubí se stanovuje měřením tloušťky stěny. Tato problematika byla již diskutována v kapitole 4.2.3.[12]

## 4.3 Environmentální průzkum

Každá stoková soustava má svým provozem vliv na životní prostředí. Přímý vliv má zejména na povrchové a podzemní vody, dále se pak posuzuje i vliv hluku, zápachu nebo emisí toxických plynů uvolňovaných ze stokového systému. Z těchto důvodů může environmentální průzkum obsahovat zprávu o jakosti vstupů, sledovat a simulovat znečištění odpadních vod, sledovat vliv odpadních vod na povrchové vody, provádět zkoušky těsnosti, sledovat kvalitu povrchových vod, zápach a měřit hluk.[13]

### 4.3.1 Jakost vstupů

Do kanalizace vtékají odpadní vody z domácností, průmyslů a v případě jednotné stokové sítě i dešťové vody. Každý druh odpadních vod má svou kvalitu a složení. Znečištění a množství odpadních vod vypouštěných producenty napojených na kanalizační síť je regulováno *Kanalizačním řádem*, který má každý provozovatel. K vypouštění zvláště nebezpečných závadných látek potřebuje producent příslušné povolení. Průmyslové podniky tyto škodlivé látky z odpadní vody často odstraňují již v areálu podniku.[30]

### 4.3.2 Povrchová voda

Odpadní vody, které jsou vypouštěny do vodních toků jsou často málo nebo nejsou předčištěné. Nedostatečné čištění může být způsobeno nesprávným nebo žádným zařízením pro čištění odpadních vod. Tento problém by se neměl týkat ČOV. Hlavním problémem jsou odlehčovací komory vypouštějící nepředčištěnou, zředěnou odpadní vodu.

Kvalita vyčištěné odpadní vody závisí na účinnosti ČOV. Tato účinnost se navrhuje tak, aby znečištění odpadní vody vypouštěné do recipientu nepřekračovalo emisní limity. Výsledná koncentrace znečištění  $c_{rec}$  se stanoví dle *Směšovací rovnice*

$$c_{rec} = \frac{Q_{355} \cdot BSK_5 + Q_{24} \cdot c_1}{Q_{355} + Q_{24}}, \quad (4.3)$$

kde  $Q_{355}$  je 355–denní průtok ve vodním toku,  $BSK_5$  je biochemická spotřeba kyslíku,  $Q_{24}$  je maximální denní průtok a  $c_1$  je výstupní koncentrace z ČOV.

Nízká kvalita odpadních vod je pak odpovědná za degradaci recipientu povrchové vody. Vypouštění surové a nesprávně čištěné odpadní vody do vodních toků má krátkodobé i dlouhodobé účinky na životní prostředí a lidské zdraví. Znečištění povrchové vody může mít za následek zanášení nádrží a toků sedimenty, pokles kvality a dostupnosti vody, ztrátu nebo přemnožení určitých druhů a změny v distribuci a struktuře vodní bioty.[22]

#### Odlehčovací komory

Odlehčovací komory vypouští značné množství nepředčištěných městských odpadních vod přímo do vodního ekosystému. Tyto odpadní vody mohou obsahovat fekálie, zbytky potravin, tuky, čisticí prostředky, hygienické potřeby, chemikálie, pesticidy a mnoho dalšího znečištění.

Vodní tok není ohrožen jen látkovým, ale také hydraulickým zatížením. Hydraulicky jsou zatíženy zejména malé toky, které mají malé průtoky a poměr zaústěné vody z dešťových odlehčovačů je výrazně vyšší než u velkých vodních toků. Důsledkem výrazného zvýšení průtoku může být eroze a odsun bioty. Látkové zatížení se týká toků o malých průtočných rychlostech, ve kterých může docházet k pomalému odtoku a mísení znečištění. Důsledkem může být nízký obsah rozpuštěného kyslíku v toku kvůli jeho spotřebě pro rozklad organických látek a usazování nerozpuštěných částic, které mohou vyvolat anaerobní podmínky ve dně způsobující uvolňování živin a následnou eutrofizaci.

Proces, při kterém dochází k uvolňování živin, zejména pak dusíku a fosforu se nazývá eutrofizace. Důsledkem eutrofizace je přemnožení planktonu a sinic. Po jejich

odumření se projeví nedostatek rozpuštěného kyslíku ve vodě a dojde k hromadnému vymírání ryb a dalších organismů.

Nerozpuštěné částice vytvářejí kromě sedimentu také suspenzi. Rozptýlené částice v toku vytvářejí zákal, který snižuje propustnost světla pro rostliny, které pak odumírají a zhoršují životní podmínky pro původní faunu.

Další problém může představovat vyšší teplota vypouštěné odpadní vody, která snižuje rozpustnost kyslíku a urychluje mikrobiální procesy.

Vypouštění odpadní vody z odlehčovacích komor v současnosti lze pouze s příslušným povolením k vypouštění odpadních vod.[23][24][25]

Vypouštění odpadních vod z odlehčovacích komor je pozorováno a regulováno prostřednictvím pravidelných odběrů. Odběry jsou prováděny pomocí přenosných nebo stacionárních vzorkovačů. Vzorkovač odebírá vzorek čerpadlem, které je spínáno v časových intervalech nebo po přečtení množství vody. Vzorek musí být uchovávan při určité teplotě. [26]

### 4.3.3 Podzemní voda

K ovlivnění podzemní vody stokovým systémem může dojít její infiltrací nebo exfiltrací odpadní vody.

**Exfiltrace** odpadní vody je způsobena netěsnostmi potrubí. Místa úniku odpadní vody mohou být ve spojích, ve kterých se rozpadlo těsnění, došlo k vzájemnému posunu trub nebo spoji prorostly kořeny. Dalším místem úniku může být místo napojení kanalizační přípojky. Exfiltrace může způsobit zvýšení hladiny podzemní vody a její kontaminaci bakteriemi a nutrieny.

Těmito netěsnostmi může docházet také k **infiltraci** podzemních vod do stokového systému, čímž se výrazně zvyšuje průtok ve stoce a tím se snižuje její hydraulická kapacita. Dalším problémem je zředěný přítok na ČOV s nižší koncentrací znečištění. Může dojít i k zvýšení množství sedimentů. Podzemní vody, které infiltrují do stoky nazýváme *balastní vody*. Důsledkem infiltrace může být trvalé snížení hladiny podzemní vody, což způsobuje pokles hladiny v domovních studnách, zhoršení dostupnosti vody pro vegetaci a porušení a vznik trhlin na stavbách vlivem konsolidace.

Zrychlený odtok podzemní vody může být způsoben také obsypovou vrstvou kolem potrubí.[27][28]

### 4.3.4 Těsnost

Jak již bylo naznačeno v odstavci 4.3.3, netěsnost stokového systému může způsobit nemalé potíže. Z toho důvodu se provádí zkoušky těsnosti. Zkoušky se provádí

po úsecích a kvůli bezpečné instalaci uzavíracích zařízení musí být zkoušený úsek vyčištěn.

Pro gravitační stokové sítě jsou dle *ČSN EN 12889 Bezvýkopové provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení* prováděny následující zkoušky těsnosti:

- **přetlaková zkouška vzduchem "L"** – kritériem je dovořený pokles tlaku, doba ustálení závisí na DN potrubí, tato zkouška je v praxi těžko proveditelná;
- **zkouška vodou "W"** – kritériem je dovořená hodnota přídatku vody vztažená na dobu trvání zkoušky, zkušební doba je  $30 \pm 1 \text{ min}$ , vzduch ve zkoušeném potrubí uniká uzavíracím prvkem umístěným v nejvyšším bodě. Nevýhodou je vysoká spotřeba vody.[7][29]

#### 4.3.5 Zápach

Zápach ve stokovém systému je produktem anaerobního rozkladu organických látek mikroorganismy při transportu nebo čištění odpadních vod. Vyskytuje se především v systémech, ve kterých dochází ke střídání tlakových a gravitačních úseků kanalizace, při malém průtoku a sklonu, v kanalizačních shybkách, protispádech. Potíže se zápachem nejčastěji vznikají v dlouhých výtlačných potrubích tlakových kanalizací a v čerpacích stanicích, ve kterých dochází k delšímu zdržení odpadních vod v akumulacím objektu.

Zápach ve stokovém systému lze odstranit dávkováním chemikálií (soli železa, chlor, dusičnany, peroxid vodíku), provzdušňováním, ředěním odpadních vod, působením bakterií. Nejúčinnějším a dlouhodobě nejlevnějším řešením je však vhodný hydraulický návrh stoky, ve které nedochází k sedimentaci, pomalým průtokům ani dlouhé době zdržení odpadní vody.

Zdrojem zápachu je z hlavní části sulfan, amoniak a další látky obsahující síru a dusík.

Sulfan  $H_2S$  je bezbarvý, prudce jedovatý, zapáchající plyn vznikající při nedostatku kyslíku. Vzniká v odpadní vodě a uvolňuje se do volné části stoky. Jeho vznik ovlivňuje složení odpadní vody, teplota (vyšší teplota způsobuje menší rozpustnost kyslíku ve vodě a podporuje anaerobní podmínky), pH (v zásaditých vodách hrozí menší riziko vzniku sulfanu), doba zdržení vody, obsah rozpuštěného kyslíku, množství sedimentů (ve větší vrstvě může docházet k anaerobním procesům) a množství biofilmu (pokud je vrstva biofilmu dostatečně silná, může docházet k anaerobním procesům ve spodních vrstvách).

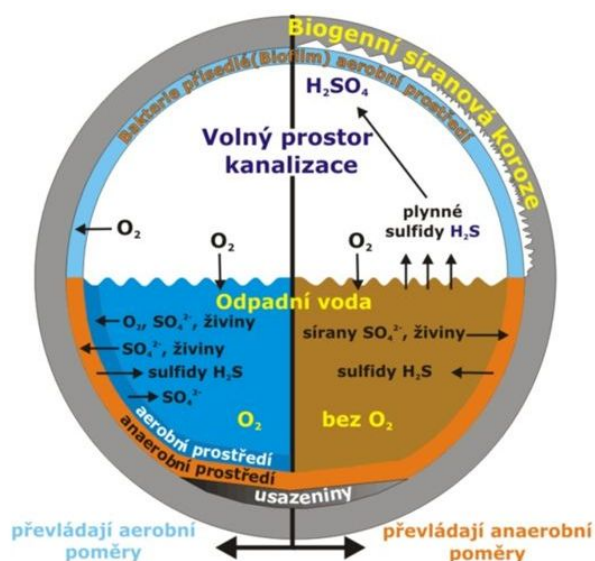
Pro měření zápachu se používá **olfaktometrická metoda**, která je vhodná pro detekci sloučenin pachových látek ze vzorků vzduchu. Měří se zařízením (olfaktometr), které ředí vzorek vzduchu v určitém poměru a vpouští jej do čichových portů

posuzovatelů ve střídavém rytmu s čistým vzduchem. Výsledky jednotlivých laboratoří jsou vzájemně posuzovány a jejich výsledky se navzájem nesmí lišit o více jak 5%. Posuzovatelé provádí opakovaný test a jejich výsledky se porovnávají. Výsledek celého měření je spočítán jako geometrický průměr všech výsledků.

Další metodou je **sledování pachové stopy**, která využívá přímé působení pachových látek na smysly člověka. Vybraní místní obyvatelé jsou dotazováni jak vnímají vyskytující se pach v určeném časovém úseku. Vyhodnocení obtěžování zápachem má šesti-stupňovou škálu (0 = žádné vnímání pachu, 5 = extrémní obtěžování). Každé této hodnotě je přiřazen váhový faktor. Tato metoda je vhodná pro dlouhodobé sledování určité oblasti.[18][19][20][42]

### Biogenní síranová koroze

Biogenní síranová koroze (Obr. 4.6) vzniká v potrubí založených na materiálu cementu při částečném plnění profilu. Koroze působí pouze v části profilu, která je v kontaktu se vzduchem. Důsledkem koroze je rozrušování a úbytek stěny betonového potrubí. Za určitých podmínek může dosáhnout úbytek vrstvy 3–6 mm za rok.



Obr. 4.6: Biogenní síranová koroze [20]

Proces biogenní síranové koroze vzniká v prostředí bez přístupu kyslíku (anaerobní prostředí), ve kterém se sloučeniny síry obsahující kyslík redukují na sulfan. Ten se uvolňuje do volného prostoru ve stoce, kde za pomoci chemotrofních bakterií oxiduje na kyselinu sírovou, která rozrušuje cementové materiály. Rozrušování



probíhá nejdříve tvorbou sádky, která udržuje vlhkost v profilu a dále vzniká ettringit, který proniká hlouběji do betonu, expanduje a vytváří praskliny. Ettringit je minerál, který slouží ke zpomalení tuhnutí a ke snížení smrštění betonu.[20][21]

### Měření $H_2S$

Výskyt sulfanu  $H_2S$  ve stokovém systému způsobuje nemalé potíže na kanalizaci a objektech. Pro jeho měření se používají speciální přístroje, které jsou schopny zaznamenat i malé koncentrace sulfanu. Tyto přístroje mohou zaznamenávat koncentrace sulfanu v daném časovém intervalu a některé mohou odesílat aktuální data pomocí mobilní sítě. Lze využívat i přenosná zařízení pro případné upozornění na zvýšenou koncentraci sulfanu a jiných plynů při práci v kanalizaci a objektech. Výskyt sulfanu se měří jak v ovzduší, tak jeho rozpuštěné množství ve vodě.

**OdaLog TYP L2** (Obr. 4.7) je zařízení pro detekci obtěžujících plynů v ovzduší jako je sulfan, oxid siřičitý, dusičnany a další. Toto zařízení je schopné v závislosti na četnosti zaznamenávání uchovávat záznamy až po dobu 6 měsíců. Díky dvěma těsnícím kroužkům a celkové robustní konstrukci je zařízení vodotěsné a odolné vůči agresivnímu prostředí jaké je v šachtách nebo čerpacích stanicích. V horní části je kroužek sloužící k uchycení nebo zavěšení do míst s vyšší koncentrací plynů. Ukládá až 42 000 záznamů, které přenáší pomocí infraportu nebo mobilní sítě do nadřazeného zařízení.

**GasAlert Micro Clip XL** je zařízení pro detekci nebezpečných plynů v ovzduší jako je sulfan, oxid uhelnatý, kyslík a výbušné plyny. Zvládá měřit koncentraci až pěti plynů současně. Zařízení se používá pro detekci plynů v případě, že pracovník vstupuje do rizikového prostředí. Pokud zařízení zaznamená přesažení limitní koncentrace, vydává světelné a akustické signály.

Sulfan uvolněný v ovzduší se může pohybovat stokou a může se tedy vyskytovat v jiných místech než je jeho zdroj. Z těchto důvodů se měří výskyt sulfanu rozpuštěného ve vodě, který spolehlivě identifikuje místo, kde dochází k uvolňování tohoto plynu.

Pro stanovení koncentrace sulfanu rozpuštěného ve vodě se používá **spektrofotometr**. Spektrofotometr měří vlastnosti vzorku na základě pohlcování světla různých vlnových délek. Roztok je ozařován monochromatickým světlem a měří se intenzita světla, které nebylo absorbováno vzorkem. Množství absorbovaného záření



Obr. 4.7: OdaLog  $H_2S$  SL-H2S-200 [43]

je pak úměrné koncentraci látky ve vzorku.

Další metodou pro stanovení koncentrace sulfanu ve vodě je **Jodometrie**. Při této metodě se sulfan a sulfidy oxidují na síru přebytkem jodu v kyselém prostředí. Nespoteřebovaný jod se po oxidaci stanoví titrací odměrným roztokem thiosíranu sodného. Jod spotřebovaný k procesu oxidace se zjistí z rozdílu přidaného a zbylého množství jodu.[42][43][44][45][53]

## 4.4 Průzkum provozu

Kvůli stárnoucím stokovým systémům je pro jejich správný provoz potřeba pravidelná kontrola a údržba, která je prováděna prostřednictvím průzkumu provozu. Průzkum provozu slouží k zajištění bezporuchového a plynulého provozu stokové sítě. Organizuje provádění kontrol a revizí, pravidelnou údržbu, čištění a případné opravy stok, šachet, strojního zařízení a přípojek. Na základě provedeného průzkumu lze plánovat další opravy a rekonstrukce stokové sítě. Jeho rozsah je dán *Provozním řádem* kanalizace, který obsahuje výčet daných činností a jejich přesný popis.[32][35]

### 4.4.1 Systematické prohlídky

Systematické prohlídky slouží ke zjištění stavu stok a efektivnímu využití prostředků na opravy a rekonstrukce. Provádějí se plánovaně v předem stanovené oblasti každých 10–12 let. V případě nalezení problému lze díky prohlídce stanovit jeho optimální a včasné řešení. Vizuelní prohlídkou lze také nalézt velké chybějící části stok a identifikovat tak výraznou infiltraci či exfiltraci.[32]

### 4.4.2 Měření sedimentů

Pro zajištění bezproblémového provozu je nutné měřit mocnost sedimentů a hloubku vody. Měření sedimentů probíhá při pravidelné údržbě. Výskyt sedimentů může způsobovat zmenšení průtočného profilu potrubí, zhoršení hydraulických vlastností nebo uvolňování sulfanu a následnou biogenní síranovou korozi (viz kap. 4.3.5). Dalším následkem může být znečištění vodních toků a recipientů vlivem vyplavení sedimentů při deštích.

Doposud byly sedimenty měřeny měřicí latí. Nevýhodou tohoto způsobu byla časová náročnost měření, nedostatek měřených profilů, nemožnost měření při výskytu hladiny vody a porušení sedimentového lože.

Novou experimentální metodou z roku 2007 je zařízení složené ze sonaru a laserového měřiče připevněného na plovoucím rámu (Obr. 4.8). Sonar snímá ozvěny od povrchu ve 180°. Laserový měřič určuje výšku hladiny měřením vzdálenosti mezi



Obr. 4.8: Plovoucí rám se sonarem a laserovým měřičem [54]

plovoucím rámem a stropem stoky. Tato metoda je vhodná pro velké stoky. Jeden příčný profil měří přibližně 2 sekundy s přesností  $\pm 1 \text{ cm}$ . Výhodou je neprodlené zobrazení výsledků měření v notebooku a rychlost samotného měření.[54]

### 4.4.3 Čištění stokové sítě

Ve stoce se často nacházejí úseky s malým sklonem a tedy i s nedostatečnou unášecí rychlostí. Tyto úseky je nutné pravidelně čistit, aby nedošlo k jejich zanášení sedimenty a k následnému zhoršení hydraulických vlastností stoky. Tyto úseky se čistí proplachováním nebo pomocí čistících zařízení.

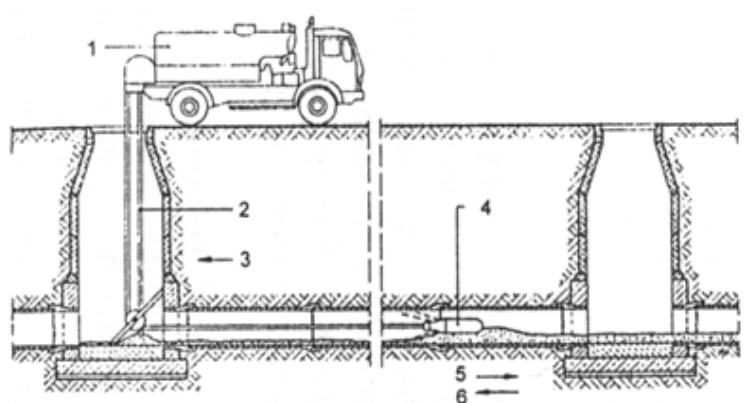
**Proplachování** se může provádět metodou se *stálým průtokem*, která není příliš účinná a vyžaduje velké množství proplachovací vody. Její použití je tedy omezené na blízký zdroj vody (potok, rybník) a další nevýhodou je výrazné ředění odpadních vod přitékajících na ČOV. Druhou metodou je proplachování *náhlou vlnou*. Tato metoda je výrazně účinnější a vyžaduje menší spotřebu proplachovací vody. K proplachování se využívá buď vlastní stoková voda nebo voda z recipientu. Provádí se uzavřením proplachovací šachty, ve které se zdržuje voda do určité výšky a pak se náhlým otevřením stavidla vytvoří přívalová vlna.

Ve vrcholových tratích, kde je nedostatek odpadní vody pro přirozené proplachování se provádí čištění z proplachovací komory, do které se čerpá voda z recipientu nebo městského vodovodu.

Dnes často využívaným způsobem čištění stok je čištění **vodou pod tlakem**. Jedná se o mechanismus trysky namontované na vysokotlaké hadici, ze které stříká voda vysokou rychlostí a tlakem směrem k hadici, čímž je zajištěn pohyb trysky vpřed. Zároveň jsou uvolňovány nečistoty, které jsou proudem vody transportovány ke kontrolní šachtě. Hojně se využívá čištění kombinovaným tlakovým vozem

(Obr. 4.9), který recykluje nasátou směs vody a nečistot. Nečistoty ve vodě rychle sedimentují, odfiltrují se z ní hrubé nečistoty a je dále využívána pro proplachování.

Čištění se provádí od vrcholových úseků směrem k ČOV.[36]



Obr. 4.9: Čištění kombinovaným tlakovým vozem [36]

## 4.5 Sledování ukazatelé na stokové síti

Parametry, které jsou sledovány (viz kapitoly 4.1, 4.2, 4.3 a 4.4) jsou dále vyhodnocovány a posuzovány. Tato práce se věnuje především stavebně-technickému průzkumu. Stejně důležité jsou ale i ostatní průzkumy.

Jako prostředek k identifikaci vznikajícího nebo již existujícího problému mohou dle *Metodické příručky posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí* sloužit kromě norem tzv. *klíčové ukazatelé*. Každý takový ukazatel popisuje problém, jeho důsledky a hodnoty, které by neměl přesáhnout. Tabulka 4.1 obsahuje výčet některých klíčových ukazatelů, které se dle této příručky na stokové síti v současnosti sledují.[14]

### 4.5.1 Nové ukazatele

Na základě zkušeností získaných z této práce byly stanoveny nové ukazatele, které se doposud nesledují nebo se teprve začínají sledovat. Tyto ukazatele jsou důležité v moderní koncepci budování a údržby stokových sítí.

#### Sledování abraze

Některé materiály jsou náchylné k abrazivitě (např. beton, ŽB, azbestocement a sklolaminát). Bylo by tedy dobré kontrolovat rychlost proudící vody a její účinek

na daný materiál. Abrazí způsobuje zmenšení tloušťky stěny, tím snižuje statickou únosnost a zhoršuje hydraulické vlastnosti potrubí (zvyšuje drsnost). Kontrola by byla prováděna měřením tloušťky stěny.

#### **Sledování působení sirovodíku**

Působení sirovodíku způsobuje podobně jako rychlost vody zmenšování tloušťky stěny potrubí. Je to tedy důležitý faktor, který by se měl sledovat pro předcházení zborcení stěny potrubí. K narušení stěny potrubí biogenní síranovou korozí dochází již při koncentraci sulfidu 0,5 ppm. Dle testů provedených v rámci práce *Analýza stárnutí vybraných materiálů stokových sítí*, Marek Horák bylo zjištěno, že únosnost potrubí je dostačující i při úbytku tloušťky stěny až 60 %.[61]

#### **Sledování kvality podzemních vod**

Kvalita povrchové vody, do které je vypouštěna odpadní voda z odlehčovacích komor je již pravidelně sledována a hodnocena. Není však sledován účinek odpadní vody na podzemní vody, které jsou znečišťovány exfiltrací ze stoky. Velkým problémem je výskyt mikropolutantů (např. léčiva, hormony, pesticidy) v odpadní vodě, které z ní v současnosti nelze efektivně odstraňovat. Tento faktor by měl být sledován především v lokalitách se zdroji pitné vody.

#### **Sledování průtoků na stokové síti**

Pro potřeby zjišťování informací o správném provozu stokové sítě by měly existovat měrné profily. S pomocí měrných profilů by vznikla měrná síť, která by mapovala celou stokovou síť jako celek. Tato data by byla využívána pro vytváření hydraulických modelů, kontrolu průtoků ve stokové síti a jako podklad pro plánování nové zástavby.

Tab. 4.1: Klíčové ukazatele sledované v současnosti [14]

Klíčový ukazatel	Doporučená hodnota
<b>Hydraulický průzkum</b>	
Podíl povrchového odtoku na objemu spadlé srážkové vody	max 20 – 30 %
Procento nepropustných ploch napojených na kanalizaci	max 25 – 35 %
Četnost překročení kapacitního průtoku	1 x za 2 roky
Četnost povodňových stavů	dle povrchu území
<b>Stavebně-technický průzkum</b>	
Úseky zařazené do kategorií dle stavebně-technického stavu	všechny úseky
Délka sítě s překročenou plánovanou dobou obnovy	max 0 – 25 %
<b>Průzkum provozu</b>	
Podíl balastních vod k průměrnému bezdeštnému dennímu průtoku	max 25 %
Minimální doporučený sklon	dle DN a typu stok. sítě
Minimální doporučená transportní rychlost	dle druhu odpadní vody
Procento obyvatelstva vnímající zápach jako obtěžující	15 % obyvatel po více než 10 % sledované doby
<b>Environmentální průzkum</b>	
Četnost povodňového stavu ve vodním toku, na který je stoková síť ochráněna	1 x za 100 let
Návrhový déšť, který stoková síť musí převést při povodňovém stavu do recipientu	dle historického deště

---

## 5 STUDIE POSOUZENÍ VYBRANÉ ČÁSTI MĚSTA ZNOJMO

Tato studie se zabývá posouzením stávajícího stavu vybrané části stokové sítě města Znojma a návrhem případné opravy či obnovy této sítě. Posouzení systému stokové sítě v urbanizovaném povodí je nedílnou součástí spolehlivého provozování kanalizačního systému. Stokový systém se posuzuje z několika hledisek, která byla diskutována v kapitole 4. Jedná se o hydraulický, stavebně-technický, environmentální průzkum a průzkum provozu.

Daná lokalita a její úseky byly prohlédnuty inspekční kamerou a na základě těchto záznamů bylo provedeno posouzení stavu dle příslušných podkladů, které jsou rozepsány v kapitole 5.3.

Z kamerových záznamů lze posoudit úseky mezi jednotlivými objekty stokové sítě.

Jako součást studie měl být proveden i místní průzkum a posouzení vstupních šachet. Z důvodu krizového stavu České republiky však nebylo možné tento průzkum provést. Pokud by k takovému průzkumu došlo, byl by proveden vizuální kontrolou šachty zevnitř a z povrchu.

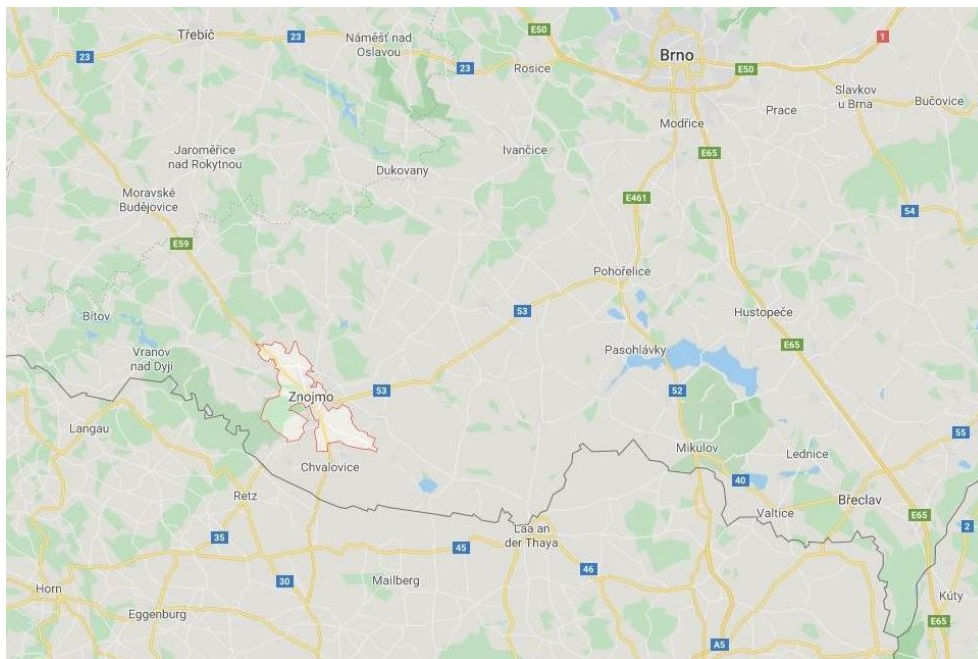
### 5.1 Specifikace lokality

Město Znojmo se nachází v Jihomoravském kraji na levém břehu řeky Dyje nedaleko hranic s Rakouskem (Obr. 5.1). Počet obyvatel k roku 2019 byl 33 780. Nachází se v průměrné nadmořské výšce 290 m n. m. a rozloha činí 65,93  $km^2$ .

#### Identifikační údaje

Název stavby:	Znojmo – posouzení části stokové sítě
Kraj:	Jihomoravský
Okres:	Znojmo
Katastrální území:	Znojmo (793418)
Ulice:	Jindřicha Hořejšího, Loucká, Na Rejdišti, Marušky Kudeříkové
Povrch:	silnice, chodník, nezpevněný povrch
Provozovatel:	Vodovody a kanalizace Znojemsko Znojmo, Kotkova 20, 669 02

Posuzovaná lokalita se nachází v intravilánu obce na převážně obecních pozemcích ve vlatnictví města Znojma. Výpis zasažených pozemků posuzovaných úseků je uveden v příloze A.[47]



Obr. 5.1: Umístění zájmové lokality v rámci Jihomoravského kraje [46]

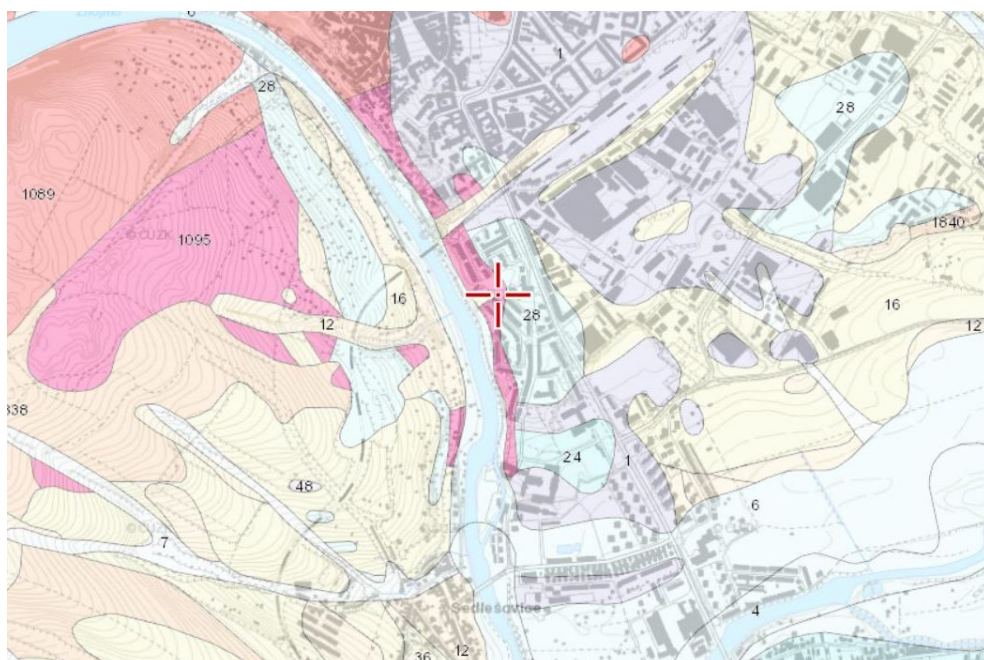
Specifikace trub posuzovaných úseků, které jsou v této práci řešeny jsou uvedeny v tabulce 5.1. Grafické zasazení do lokality je znázorněno na Obr. 5.2 červenou barvou.

Z geologického hlediska je podle *Geologických map ČR* Znojmo lokalita, jejíž podloží tvoří biotitický granodiorit (1095), písek a štěrk (28) a navážka, halda výsypka a odval (1) (Obr. 5.3). Biotitický granodiorit je středně až jemně zrnitá hornina tvořená převážně křemenem, živcem a s převahou biotitu. Podle Moshovy stupnice tvrdosti má biotit hodnotu tvrdosti 2,5 – 3. Štěrk a písek jsou neuzpevněné sedimenty pestrého mineralogického složení šedohnědé až rezavé barvy. Nejvýznamnější složkou štěrku jsou částice o velikosti nad 2 mm. Navážka, halda, výsypka a odval jsou neuzpevněné sedimenty proměnlivého mineralogického složení různé zrnitosti i barvy.[48][49][50][51]





Obr. 5.2: Situace posuzovaných úseků [46]



Obr. 5.3: Geologická mapa lokality [49]

Tab. 5.1: Specifikace posuzovaných úseků

Úsek	Ulice	Vstupní šachta	Koncová šachta	Materiál	DN	Délka úseku [m]	Podélný sklon [‰]	Silnice/chodník/ nezp. plocha [%]
116559	Jindřicha Hořejšího	Š4234	Š4235	beton	300	17,5	25,1	0/100/0
117039	Jindřicha Hořejšího	Š4235	Š4236	beton	300	18,7	25,1	0/100/0
117039	Jindřicha Hořejšího	Š4236	Š4235	beton	300	18,7	25,1	0/100/0
117496	Na Rejdišti	Š3554	Š4158	beton	400	21,2	31,6	70/15/15
117497	–	Š3913	Š4601	beton	300	20,0	20,5	0/40/60
117498	–	Š4601	Š4600	beton	300	38,6	17,9	0/0/100
118567	Jindřicha Hořejšího	Š901	Š897	beton	600	6,9	7,2	10/40/50
118574	Jindřicha Hořejšího	Š902	Š901	beton	600	18,9	6,3	100/0/0
120064	–	Š3913	Š3882	beton	400	34,0	4,1	0/5/95
120065	Marušky Kudeříkové	Š3882	Š3883	beton	400	24,8	6,1	15/0/85
120073	–	Š3913	Š3912	beton	600	52,8	12,7	0/50/50
120078	Loucká	Š3922	Š902	beton	600	30,7	4,0	85/5/10
120080	Loucká	Š3920	Š7272	beton	600	45,1	49,0	100/0/0
120081	Loucká	Š3921	š3920	beton	600	48,2	34,6	100/0/0
120082	Loucká	Š3922	Š3921	beton	600	48,2	21,2	55/5/40

## 5.2 Metody monitoringu

Monitoring kanalizačního systému byl proveden vizuální prohlídkou inspekční kamerou napojenou na řídicí a ovládací jednotku *Rausch ECO STAR* (Obr. 5.4). Zařízení pro ovládání a napájení robota je umístěno v mobilním vozidle, ve kterém se nachází monitor s dvěma joysticky pro ovládání robota s kamerou. Napájení zajišťují baterie nabíjené za provozu vozidla nebo je lze nabíjet generátorem. Na tento systém je napojena inspekční kamera připevněná k vozíku.

Kamera je pomocí výtahu spuštěna do startovací šachty, ze které pokračuje potrubím do koncové šachty. Během průjezdu potrubím jsou zaznamenávány poruchy. Jakmile kamera dosáhne koncové šachty, je prohlídka ukončena a kamera je vytažena na povrch. Pokud nelze prohlédnout celý úsek, například z důvodu překážky, je zbytek úseku prohlédnut z druhého konce potrubí.



Obr. 5.4: Rausch ECO STAR [55]

Součástí kanalizačních záznamů byly i protokoly vyhodnocení poruch na úsecích, které při vyhodnocení kamerových záznamů nebyly využity. Vyhodnocení bylo provedeno v příloze B.

Monitoring byl proveden pomocí standardu *ISYBAU XML CZ*, který slouží pro sjednocení a zvýšení kvality kamerových inspekcí. Jedná se o využívání modulu v inspekčním softwaru, který umožňuje import a export dat z a do GIS systému. Díky automatickému importu a exportu lze usnadnit a urychlit práci a snížit počet chyb, které vznikají při přepisování dat. Tento standard slouží také ke sjednocení způsobu provádění a vyhodnocování kamerových inspekcí.[55][56]

## 5.3 Vyhodnocování poruch

Poruchy vyskytující se na stokové síti jsou zaznamenány a následně vyhodnoceny. K vyhodnocení poruch jsou použity následující podklady:

- ČSN EN 13508-2 *Posuzování stavu venkovních systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek*;
- TNV 75 6905 *Metodika hodnocení technického stavu kanalizační sítě* (nevydaná pracovní verze).

### 5.3.1 ČSN EN 13508-2

Norma ČSN EN 13508-2 slouží k popisu stavu venkovních systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek. Platí především pro gravitační systémy stokových sítí a přípojek od místa, kde odpadní vody opouštějí budovu nebo kde vtékají do dešťové vpusti až po místo, kde vytékají do ČOV nebo do vodního recipientu.

Tato norma stanovuje kódovací systém pro popis nálezu zjištěného vizuální prohlídkou. Kódy pro popis nálezů na stokách a kanalizačních přípojkách jsou rozděleny dle ovlivnění konstrukce, provozu, detailní popis nálezů a další kódy.[52]

### 5.3.2 TNV 75 6905

TNV 75 6905 (nevydaná pracovní verze) slouží k posouzení stavu venkovních systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek. Platí především pro gravitační systémy stokových sítí a přípojek od místa, kde odpadní vody opouštějí budovu nebo kde vtékají do dešťové vpusti až po místo, kde vytékají do ČOV nebo do vodního recipientu.

Hodnocení stavu stokového systému probíhá na základě devíti technických ukazatelů  $TU$  pro tuhé trouby (beton, ŽB, kamenina, čedič, polymerbeton a zděné stoky). Technické ukazatele a jejich třídy poruch jsou specifikovány v příloze C. Každý ukazatel má svou váhu, která určuje míru důležitosti poškození a následně technický stav úseku  $TSU$ . Na základě hodnoty  $TSU$  se úsek zatřídí do pěti kategorií (Tab. 5.2).

Technický stav  $i$ -tého úseku  $TSU_i$  se počítá jako:

$$TSU_i = \sum_{j=1}^n TU_j \cdot W_j, \quad (5.1)$$

kde  $TU_j$  je hodnota třídy poruchy  $j$ -tého technického ukazatele a  $W_j$  je váha přiřazená příslušnému ukazateli  $TU_j$ .

Tab. 5.2: Kategorie zatřídění stavu potrubí a objektů na stokové síti

Kategorie	Stav	Popis
1	Velmi dobrý	Optimální stav příslušného ukazatele. Nevyžadují se žádná opatření. Nepředpokládá se výrazná změna ani v delším časovém období.
2	Dobrý	Nízká míra rizika příslušného ukazatele technického stavu. Nevyžaduje se žádné technické opatření ani v blízké budoucnosti.
3	Vyhovující	Vyhovující hodnoty příslušného ukazatele, které nevyžadují okamžitá řešení, ale v budoucnosti lze předpokládat změnu hodnoty ukazatele, pravděpodobně jeho zhoršení.
4	Nevyhovující	Nevyhovující hodnoty příslušného ukazatele. Měla by být co nejdříve naplánována a realizována opatření na vyřešení tohoto stavu.
5	Havarijní	Nefunkční stav. Je požadováno okamžité nebo velmi rychlé řešení, které povede k zajištění alespoň základní provozuschopnosti stokového systému.

## 5.4 Poruchy na stokové síti

Výskyt poruch na potrubí se odvíjí nejen od kvality provedení a druhu materiálu, ale také od stáří potrubí. V této studii se setkáme s potrubím ze 70. let na ulici Jindřicha Hořejšího a z 80. let na ulici Loucké.

Posuzované úseky mají v součtu délku 425,6 m. Materiál potrubí kruhového průřezu je po celé délce beton. Další specifikace jsou uvedeny v tabulce 5.1.

Provedený monitoring odhalil na posuzovaných úsecích několik poruch. Tyto poruchy mají různý charakter. Typy vyskytujících se poruch včetně jejich popisu a četnosti jsou sepsány v tabulce 5.3 od nejčastěji se vyskytujících po nejméně často se vyskytujících. Poruchy jsou klasifikovány dle ČSN EN 13508-2 a TNV 75 6905.

Seznam a podrobnosti všech poruch vyhodnocených z kamerových záznamů dle ČSN EN 13508-2 je sepsán v tabulce, která je součástí přílohy B. Tyto poruchy byly dále klasifikovány dle TNV 75 6905 v příloze D.

Ze seznamu nalezených poruch byly vybrány kritické úseky (Tab. 5.4). Tyto kritické úseky a jejich poruchy budou následně podrobně rozebrány a bude navržen způsob jejich sanace. Význam poruch byl vyhodnocen dle Tab. 5.2. Jako kritické poruchy jsou klasifikovány poruchy kategorie 4 (*nevyhovující*) a 5 (*havarijní*).

Tab. 5.3: Poruchy dle ČSN EN 13508-2

Hlavní kód	Popis	Četnost výskytu
BAJ	Posunutý trubní spoj	59
BAO	Okolní zemina je viditelná z důvodu poškození	9
BCA	Napojení kanalizační přípojky	6
BAG	Vyčnívající (přesazená) kanalizační přípojka	5
BDC	Prohlídka je přerušena	4
BAB	Tvorba prasklin	3
BAF	Poškození povrchu	3
BAH	Vadné napojení kanalizační přípojky	1
BBA	Kořeny	1
BCC	Zakřivení stoky	1

Tab. 5.4: Kritické poruchy

Úsek	Vybraní techničtí ukazatelé							TSU	Kategorie	NZTSU	BZ/LO/OB
	TU2	TU3	TU4	TU5	TU6	TU7	TU9				
Váha TU	0,2	0,1	0,1	0,05	0,05	0,05	0,1				
116559	1	1	4	2	1	1	1	1,35	1	4	LO
117039	4	1	4	2	1	1	1	1,95	2	4	LO
117039	4	1	1	1	1	1	1	1,60	2	4	LO
117498	4	1	1	3	4	1	1	1,85	2	4	LO
120064	4	1	4	2	1	1	1	1,95	2	4	LO
120065	1	1	4	1	1	1	1	1,30	1	4	LO
120073	4	1	4	1	1	5	2	2,55	3	5	OB
120081	4	1	1	2	1	1	1	1,65	2	4	LO
120082	4	1	1	1	1	1	1	1,60	2	4	LO

### 5.4.1 Vybrané kritické poruchy

V této podkapitole jsou zobrazeny a popsány některé vybrané kritické poruchy.

#### Porucha 1

Přesazená kanalizační přípojka o DN 150 z kameniny na úseku 116559 (Obr. 5.5). Tento úsek je tvořen železobetonovými troubami kruhového tvaru o DN 300. Prohlídka byla prováděna po směru proudění odpadní vody z šachty Š 4234 do šachty Š 4235. Délka úseku je 17,5 m a sklon 25,1 ‰. Přípojka je přesazená přibližně o 15 % průtočného profilu v poloze 9 na obvodu.



Obr. 5.5: Porucha 1 – přesazená kanalizační přípojka

#### Porucha 2

Vypadlý stěp ze stěny trouby o velikosti přibližně 30 x 15 cm na úseku 117039 (Obr. 5.6). Tento úsek je tvořen železobetonovými troubami kruhového tvaru o DN 300. Prohlídka byla prováděna po směru proudění odpadní vody z šachty Š 4235 do šachty Š 4236. Délka úseku je 18,7 m a sklon 25,1 ‰. Vypadlý stěp je na obvodu umístěn v poloze 1.



Obr. 5.6: Porucha 2 – Vypadlý střep

### Porucha 3

Vypadlý střep ze stěny trouby o velikosti přibližně 15 x 10 cm na úseku 117039 (Obr. 5.7). Tento úsek je tvořen železobetonovými troubami kruhového tvaru o DN 300. Prohlídka byla prováděna proti směru proudění odpadní vody z šachty Š 4236 do šachty Š 4234. Délka úseku je 18,7 m a sklon 25,1 ‰. Vypadlý střep je na obvodu umístěn v poloze 7.

### Porucha 4

Přesazená kanalizační přípojka obdélníkového tvaru velikosti 200 x 150 cm z oceli na úseku 120065 (Obr. 5.8). Tento úsek je tvořen železobetonovými troubami kruhového tvaru o DN 400. Prohlídka byla prováděna proti směru proudění odpadní vody z šachty Š 3882 do šachty Š 3883. Délka úseku je 24,8 m a sklon 6,1 ‰. Přípojka je přesazená přibližně o 15 % průtočného profilu v poloze 10 na obvodu.

### Porucha 5

Vzdutá hladina na úseku 120073 (Obr. 5.9). Tento úsek je tvořen železobetonovými troubami kruhového tvaru o DN 600. Prohlídka byla prováděna proti směru proudění odpadní vody z šachty Š 3913 do šachty Š 3912. Délka úseku je 52,8 m a sklon 12,7 ‰. Hladina je vzdutá do téměř 50 % průtočného profilu.





Obr. 5.7: Porucha 3 – Vypadlý střepe



Obr. 5.8: Porucha 4 – přesazená kanalizační přípojka



Obr. 5.9: Porucha 5 – vzdutá hladina

## 5.5 Sanace kritických úseků

Úseky, na kterých se nacházejí kritické poruchy, jsou nazvány *kritické úseky*. Tyto kritické úseky, potažmo kritické poruchy musí být sanovány v co nejkratším časovém rozmezí (Tab. 5.4).

Kritické poruchy jsou rozděleny na lokální a komplexní, které jsou dále podrobně rozebrány.

Důležitým aspektem sanace je výběr technologie provedení, která může být v otevřeném výkopu nebo bezvýkopová. Níže jsou popsány výhody i nevýhody těchto technologií.

### Výkopové technologie

Technologie provádění sanací v otevřeném výkopu s sebou přináší následující nevýhody:

- velké množství zemních prací;
- prostorové nároky na zábor zařízení a staveniště;
- dopravní omezení.

### Bezvýkopové technologie

Bezvýkopové technologie provádění sanací s sebou přináší nevýhody, které závisí na typu použité bezvýkopové technologie.

Mezi nevýhody se mohou řadit například:

- vysoké náklady;
- zmenšení průtočného profilu;
- omezení z hlediska geologie;
- odchylky od plánované trasy.

### 5.5.1 Lokální opravy

Lokální kritické poruchy vyžadují lokální opravy. Jelikož se jedná o poruchy malého rozsahu, budou pro jejich opravu využity bezvýkopové technologie. Výčet lokálních kritických poruch a podrobnosti o úsecích jsou uvedeny v Tab. 5.5.

Tab. 5.5: Lokální kritické poruchy

Úsek	Vybraní techničtí ukazatelé							TSU	Kategorie	NZTSU	BZ/LO/OB	Délka úseku [m]	DN
	TU2	TU3	TU4	TU5	TU6	TU7	TU9						
Váha TU	0,2	0,1	0,1	0,05	0,05	0,05	0,1						
116559 <i>četnost</i>	1	1	4 <i>1</i>	2 <i>5</i>	1	1	1	1,35	<b>1</b>	4	LO	17,5	300
117039 <i>četnost</i>	4 <i>1</i>	1	4 <i>1</i>	2 <i>2</i>	1	1	1	1,95	<b>2</b>	4	LO	18,7	300
117039 <i>četnost</i>	4 <i>1</i>	1	1	1	1	1	1	1,60	<b>2</b>	4	LO	18,7	300
117498 <i>četnost</i>	4 <i>1</i>	1	1	3 <i>4</i>	4 <i>1</i>	1	1	1,85	<b>2</b>	4	LO	38,6	300
120064 <i>četnost</i>	4 <i>2</i>	1	4 <i>1</i>	2 <i>3</i>	1	1	1	1,95	<b>2</b>	4	LO	34,0	400
120065 <i>četnost</i>	1	1	4 <i>1</i>	1	1	1	1	1,30	<b>1</b>	4	LO	24,8	400
120081 <i>četnost</i>	4 <i>2</i>	1	1	2 <i>1</i>	1	1	1	1,65	<b>2</b>	4	LO	48,2	600
120082 <i>četnost</i>	4 <i>4</i>	1	1	1	1	1	1	1,60	<b>2</b>	4	LO	48,2	600
<b>K4 a K5</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>					230,0	

Specifikace poruch:

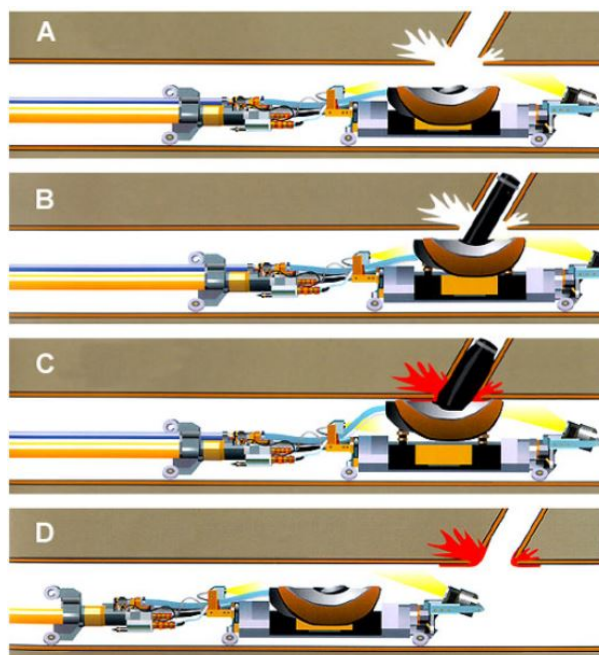
- *TU2* – chybí střepe  $> 10 \text{ cm}^2$ , výskyt 11 x;
  - z toho 2 x podélné a příčné trhliny a praskliny  $> 0,5 \text{ mm}$
- *TU4* – příčné nebo podélné přesazení konce trub vůči sobě o  $> 2 \text{ cm}$  (přesazená kanalizační přípojka), výskyt 4 x.

Dle zjištěných informací o lokálních poruchách budou navrženy způsoby jejich sanace.

Díky konzistenci typů poruch lze využít stejnou technologii pro všechny nalezené poruchy.

Úseky je před zahájením sanací nutné nejdříve vyčistit tlakovou vodou. Pro odstranění překážek v průtočném profilu a očištění míst s vypadlými střepy bude použit hydraulický frézovací robot *Hächler HF 200*. Tento robot je vhodný pro profily DN 190 – 1 100, délka kabelu 75 m. Maximální délka vstupu do kanalizační přípojky 50 cm. Pomocí hydraulického frézovacího robota budou odstraněny přesazené části kanalizačních přípojek. Místa s vypadlými střepy nejsou výrazně znečištěná ani zkorodovaná. Pro jejich přípravu tedy stačí očištění tlakovou vodou.

Po odstranění překážek a přípravě povrchu bude do kanalizační trouby zaveden injektážní robot *Hächler EL 300/600*. Tento robot je vhodný pro profily DN 200 – 600. Opravy jsou prováděny injektáží poškozených míst speciální sanační pryskyřicí. Je využíván pro opravy napojení kanalizačních přípojek (Obr. 5.10), případně jejich zaslepení a injektování dutin.[57]



Obr. 5.10: Injektáž kanalizační přípojky robotem *Hächler EL 300/600* [58]

V potrubí se opakovaně provádí monitoring po čištění (kontrola dostatečného vyčištění) a po sanaci (kontrola samotného provedení sanace).

### 5.5.2 Komplexní opravy

Komplexní kritické poruchy vyžadují komplexní opravy. Pro opravu komplexních poruch budou využity bezvýkopové nebo výkopové technologie. Výčet komplexních kritických poruch a podrobnosti o úseku jsou uvedeny v Tab. 5.6.

Tab. 5.6: Komplexní kritické poruchy

Úsek	Vybraní techničtí ukazatelé							TSU	Kategorie	NZTSU	BZ/LO/OB	Délka úseku [m]	DN
	TU2	TU3	TU4	TU5	TU6	TU7	TU9						
Váha TU	0,2	0,1	0,1	0,05	0,05	0,05	0,1						
120073 <i>četnost</i>	4 <i>2</i>	1	4 <i>1</i>	1	1	5 <i>1</i>	2 <i>1</i>	2,55	<b>3</b>	5	OB	52,8	600
<b>K4 a K5</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>					52,8	

Specifikace poruch:

- *TU2* – chybí střepe > 10 cm<sup>2</sup>, výskyt 2 x;  
– z toho 1 x podélné a příčné trhliny a praskliny > 0,5 mm
- *TU4* – příčné nebo podélné přesazení konce trub vůči sobě o > 2 cm (přesazená kanalizační přípojka), výskyt 1 x;
- *TU7* – překážky v odtoku (usazeniny) > 25 % výšky stoky, výskyt 1 x.

Dle zjištěných informací o komplexních poruchách budou navrženy způsoby jejich sanace.

Na konci kamerového záznamu je zvýšená hladina, která znemožňuje pokračování v prohlídce. Jelikož není k dispozici záznam z opačné strany poruchy, musí být příčina zaplavení odhadnuta. Byly vyhodnoceny dvě možné příčiny výskytu poruchy:

- **varianta 1** – přítomnost sedimentů, které způsobily vzduť hladiny;
- **varianta 2** – posunutí trubního spoje v radiálním směru, které znemožňuje plynulý odtok vody a způsobuje sedimentaci.

Obě příčiny mají vzhledem k zadržování odpadní vody pravděpodobně za důsledek nejen zhoršení hydraulických vlastností, ale také vznik sirovodíku a následně zápach kanalizace. Stav stěn indikuje dlouhodobé vzduť hladiny.

V případě přítomnosti sedimentů (varianta 1) stačí pouze tlakově vyčistit kritický úsek a dále sanovat poruchy jako lokální dle kapitoly 5.5.1. Pokud je stoka zanášena sedimenty, pravděpodobně má nízkou unášecí rychlost. Proto by na tomto úseku bylo po provedení sanace vhodné plánování pravidelného čištění nebo proplachování.

Pokud se jedná o posunutí trubního spoje (varianta 2), bude celý úsek vyměněn za nový. Daný úsek se nachází z 50 % v chodníku a z 50 % v nezpevněné ploše. Výměna bude vzhledem k povrchu a vhodné lokaci provedena výkopově. V průběhu sanace bude odpadní voda z lokality před touto poruchou odváděna gravitačně pomocí bajpasu uloženého v samostatném výkopu.

Jelikož však byla stoka čištěna před provedením průzkumu, je pravděpodobné, že další vyčištění stoce nepomůže a bude muset být kompletně vyměněna. Dle stavu stěn stoky je také zjevné, že se zde vzduť hladina vyskytuje dlouhodobě.

V potrubí se opakovaně provádí monitoring po čištění (kontrola dostatečného vyčištění) a po sanaci (kontrola samotného provedení sanace).

## 5.6 Ekonomické zhodnocení

V této kapitole jsou stanoveny orientační ceny poruch vyhodnocených v kapitole 5.5. Ceny jsou stanoveny dle vykomunikovaných informací od konkrétního dodavatele pro lokální sanace a z publikace Ústavu územního rozvoje *Průměrné ceny dopravní a technické infrastruktury obcí* pro komplexní sanace.[59]

Byly vybrány nejvhodnější způsoby sanace, které jsou zároveň efektivní i ekonomické. Uvedené ceny jsou pouze orientační a mohou se měnit.

Cenu ovlivňuje samotné plánování sanací a maximální využití pronajatého zařízení, doba provádění samotných sanací a jejich komplikace a také doprava zařízení. Dalším faktorem je spotřeba materiálu pro injektáž nebo velikost průtočného profilu (pro čištění).

Do ceny nejsou zahrnuty přípravné a dokončovací práce. Mezi přípravné a dokončovací práce patří:

- doprava techniky (přibližně 30 Kč za 1 km);
- demontáž a odvoz stávajícího potrubí;
- příprava šachet;
- zajištění bajpasu;
- doprava materiálů;
- osazení nezpevněných ploch, obnova chodníků a silnic.

Tab. 5.7: Ekonomické zhodnocení lokálních kritických poruch [59]

*Fr – frézování, In – injektáž*

Sanace	Četnost	DN	Materiál	Délka úseků [m]	Cena za poruchu [Kč]		Cena za 1 bm [Kč]	Cena celkem [Kč]
					Fr	In		
Monitoring	2	300 – 600	ŽB	230			25	11 500
Čištění tlakovou vodou	1	300 – 600	ŽB	230			125	28 750
Přesazená kan. přípojka	11	300 – 600	ŽB	230	4 500	12 500		187 000
Vypadlý střep	4	300 – 600	ŽB	230		12 500		50 000
								<b>277 250</b>

Tab. 5.8: Ekonomické zhodnocení komplexních kritických poruch [59]

*Fr – frézování, In – injektáž*

Sanace	Četnost	DN	Materiál	Délka úseků [m]	Cena za poruchu [Kč]		Cena za 1 bm [Kč]	Cena celkem [Kč]
					Fr	In		
<b>Varianta 1</b>								
Monitoring	2	600	ŽB	52,8			25	2 640
Čištění tlakovou vodou	1	600	ŽB	52,8			150	7 920
Přesazená kan. přípojka	2	600	ŽB	52,8	4 500	12 500		34 000
Vypadlý střep	1	600	ŽB	52,8		12 500		12 500
<b>Varianta 2</b>								
Uložení trubního vedení	2	600	ŽB	52,8			14 250	752 400
Monitoring	1	600	ŽB	52,8			25	1 320
<b>Varianta 1</b>								<b>57 060</b>
<b>Varianta 2</b>								<b>753 720</b>

---

## 6 ZÁVĚR

V práci byl představen stokový systém jako celek, jeho uspořádání a objekty, se kterými se můžeme setkat. Dále bylo podrobně rozebráno posouzení stokových systémů z několika hledisek v kapitolách 4.1, 4.2, 4.3 a 4.4. Na základě zjištěných informací o současném posuzování stokového systému bylo v kapitole 4.5 navrženo několik ukazatelů, které by bylo vhodné v budoucnosti sledovat.

Přínosem sledování zmíněných nových ukazatelů by byl nejen spolehlivější provoz stokové sítě, ale také dopad na životní prostředí a jistota v provozu a plánování stokové sítě.

V další části bakalářské práce byl na základě získaných vědomostí v teoretické části posouzen konkrétní úseky lokality.

V praktické části bylo vybráno několik úseků v městě Znojmě, které byly identifikovány a následně vyhodnocen jejich stav. Jelikož se jednalo o kanalizaci z období 70. až 80. let, byly navrženy lokální i komplexní sanace určitých úseků. Dále byly specifikovány konkrétní poruchy, které je potřeba sanovat a stanoven způsob jejich sanace. V poslední části bylo provedeno přibližné ekonomické zhodnocení sanací.

Celkově hodnotím práci jako vydařenou. Zadané úseky kanalizace se podařilo vyhodnotit a navrhnout jejich sanaci. Budoucím přínosem pro provoz stokové sítě by bylo sledování nových ukazatelů, které byly navrženy.

Z důvodu krizového stavu České republiky nebylo možné provést průzkum a posouzení vstupních šachet.



---

## LITERATURA

- [1] MIČÍN, Jan. *Stokování a čištění odpadních vod I – Stokování*. Praha: SNTL, n. p., 1980.
- [2] HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN a Petr PRAX. *Stokování a čištění odpadních vod*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. ISBN 80-214-2535-0.
- [3] *ČSN 75 6262 Odlehčovací komory*. 2019.
- [4] RACLAVSKÝ, Jaroslav. Venkovní podtlakové systémy stokových sítí - 1. část. *Sovak*. 2009, 18(11), 5.
- [5] *ČSN EN 16932-1 Odvodňovací a stokové systémy vně budov - čerpací systémy - obecně*. 2019.
- [6] KREJČÍ, Vladimír. *Odvodnění urbanizovaných území - koncepční přístup*. Brno: Noel 2000, 2003. ISBN 80-860-2039-8.
- [7] *ČSN EN 12 889 Bezvýkopové provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení*. 2001.
- [8] *TNV 75 6905 Metodika hodnocení technického stavu kanalizační sítě*. Pracovní verze. Praha: HYDROPROJEKT CZ.
- [9] RACLAVSKÝ, Jaroslav, Ladislav TUHOVČÁK a Stanislav MALNÍK. *Rekonstrukce vodohospodářských sítí: Studijní opory*. Brno, 2006.
- [10] Kanalizační maltové směsi ERGELIT. *HERMES TECHNOLOGIE* [online]. Praha [cit. 2020-06-02]. Dostupné z: <https://www.hermestechnologie.com/cz/malty/sortiment-maltovych-smesi-ergelit.html>
- [11] Zrychlené zkoušky bezporuchovosti a možnosti jejich praktické aplikace. *Česká společnost pro jakost* [online]. 2010, 39. setkání, 41 [cit. 2020-05-29]. Dostupné z: [https://www.csq.cz/fileadmin/user\\_upload/Spolkova\\_cinnost/Odborne\\_skupiny/Spolehlivost/Sborniky/Sbornik\\_192\\_39\\_Zrychlene\\_zkousky.pdf](https://www.csq.cz/fileadmin/user_upload/Spolkova_cinnost/Odborne_skupiny/Spolehlivost/Sborniky/Sbornik_192_39_Zrychlene_zkousky.pdf)
- [12] Spolehlivost a životnost betonového kanalizačního potrubí - možnosti výpočetního modelování. *BETON* [online]. 2015, 2015(5), 7 [cit. 2020-05-29]. Dostupné z: <http://www.betontks.cz/sites/default/files/2015-5-18.pdf>
- [13] ČSN EN 13508-1 (756901) A *Zjišťování a hodnocení stavu venkovních systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek*. Část 1, Obecné požadavky = Investigation and assesment of drain and sewer systems outsider buildings. Part 1,

- 
- General requirements. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>
- [14] *Posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí: Metodická příručka*. Fórum ochrany přírody [online]. Praha: Asociace čistírenských expertů České republiky, 2009 [cit. 2020-03-13]. Dostupné z: <http://forumochranyprirody.cz/sites/default/files/35.pdf>
- [15] MIKE URBAN. *MIKE Powered by DHI* [online]. Copyright ©DHI [cit. 14.03.2020]. Dostupné z: <https://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-urban>
- [16] Storm Water Management Model (SWMM) | Water Research | US EPA. *United States Environmental Protection Agency | US EPA* [online]. Dostupné z: [https://19january2017snapshot.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm\\_.html](https://19january2017snapshot.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm_.html)
- [17] Drainage System Design and Analysis Software Solutions. *Bentley - Infrastructure and Engineering Software and Solutions* [online]. Dostupné z: <https://www.bentley.com/en/solutions/drainage-design-and-analysis>
- [18] MAZÁK, Jiří. *Doporučení pro řešení zápachu z kanalizace ve zvolené lokalitě*. Ostrava, 2019. Diplomová práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.
- [19] Sulfan. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-03-16]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Sulfan>
- [20] NOVOTNÝ, Jiří. *Eliminace zápachu na stokové síti*. Brno, 2018. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [21] HUČÍNOVÁ, Lenka. *Chování ettringitu v různých vlhkostních prostředích při zvýšené teplotě*. Brno, 2016. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [22] The Effects of Sewage on Aquatic Ecosystems. In: *Sciencing* [online]. Santa Monica: Karen G Blaettler, 2018 [cit. 2020-03-18]. Dostupné z: <https://sciencing.com/effects-sewage-aquatic-ecosystems-21773.html>
- [23] Novela ukládá provozovateli odlehčovacích komor, aby požádal vodoprávní úřad o povolení | Envigroup s.r.o.. *Envigroup s.r.o. | Informační portál podnikové ekologie* [online]. Copyright ©2015 [cit. 18.03.2020]. Dostupné z: <https://www.envigroup.cz/novela-uklada-provozovateli-odlehcovacich-komor-aby-pozadal-vodopravni-urad-o-povoleni.html>

- 
- [24] PIPA, Jan. *Optimalizace návrhu odlehčovacích komor na jednotné stokové síti*. Brno, 2012. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [25] Eutrofizace. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-03-18]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Eutrofizace>
- [26] Vzorkovače. *tTechnoaqua* [online]. [cit. 2020-05-27]. Dostupné z: <http://www.technoaqua.cz/produkty/vzorkovace/>
- [27] SCHRIMPELOVÁ, Kateřina. *Drenážní efekt stokové sítě v krajině*. Brno, 2014. Bakalářská práce. Masarykova univerzita v Brně.
- [28] *ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [29] vonRoll hydro. *vonRoll hydro* [online]. Dostupné z: <http://www.duktus.cz/>
- [30] *Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)*. In: . Praha, 2001, ročník 2001, číslo 274.
- [31] PENIAŠKO, Martin. *Obnova kanalizačních sítí z pohledu minimalizace nepříznivých ekologických dopadů*. Brno, 2012. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně.
- [32] ŠIMEK, Radim. *Stavebně-technický stav stokové sítě*. Brno, 2017. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [33] *Měření tloušťky ultrazvukem NDT*. [online]. Copyright ©2017 [cit. 21.03.2020]. Dostupné z: [https://www.proinex.cz/cs/blog/3\\_mereni-tloustky-nateru-ultrazvukem-ndt](https://www.proinex.cz/cs/blog/3_mereni-tloustky-nateru-ultrazvukem-ndt)
- [34] Georadarový průzkum | RTGPR. *Geofyzikální průzkumy - RTGPR* [online]. Copyright ©2019 Vidimepodzem.cz [cit. 21.03.2020]. Dostupné z: <https://www.vidimepodzem.cz/georadarovy-pruzkum/>
- [35] *Provozní řád: Levín - splašková kanalizace*. Beroun: Vodovody a kanalizace Beroun, 2014.
- [36] Vodohospodářská zařízení II. [online]. Copyright ©2014 [cit. 22.03.2020]. Dostupné z: [http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ2/10\\_ztraty\\_a\\_cisten.html](http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ2/10_ztraty_a_cisten.html)

- 
- [37] LaserFlow - bezkontaktní rychlostní senzor | TECHNOAQUA, s.r.o.. *Specialista na vzorkovače, průtokoměry a monitorovací stanice* [online]. Copyright ©2020 TECHNOAQUA, s.r.o. [cit. 10.04.2020]. Dostupné z: <http://www.technoaqua.cz/produkty/prutokomery/laserflow/>
- [38] Měření průtoku pomocí ultrazvukové křížové korelace. *DHI - Worldwide* [online]. 2005, , 2 [cit. 2020-04-11]. Dostupné z: <https://worldwide.dhigroup.com/>
- [39] LMF (Leakage Monitor Flowmeter) přenosný průtokoměr - doba doběhu signálu. *DHI - Worldwide DHI - Worldwide* [online]. , 2 [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: [https://worldwide.dhigroup.com/-/media/shared%20content/presences/emea/czech%20republic/others/monitoring\\_nivus/pdfs/lmf%20prenosny%20prutokomer-product%20details.pdf](https://worldwide.dhigroup.com/-/media/shared%20content/presences/emea/czech%20republic/others/monitoring_nivus/pdfs/lmf%20prenosny%20prutokomer-product%20details.pdf)
- [40] PCM F přenosný průtokoměr - Dopplerova metoda. *DHI - Worldwide* [online]. , 2 [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: [https://worldwide.dhigroup.com/-/media/shared%20content/presences/emea/czech%20republic/others/monitoring\\_nivus/pdfs/pcm%20f-%20product%20details.pdf](https://worldwide.dhigroup.com/-/media/shared%20content/presences/emea/czech%20republic/others/monitoring_nivus/pdfs/pcm%20f-%20product%20details.pdf)
- [41] PTÁČEK, Tomáš. *Chyby a opravy měření atmosférických srážek*. Praha, 2012. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze.
- [42] ŽÍLA, Radim. *Možnosti odstranění zápachu na stokové síti*. Brno, 2019. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [43] Reliable H2S Odour Monitoring in Wastewater Treatment Applications Envirotech Online. *Environmental Equipment News From Envirotech Online* [online]. Copyright ©2020 Labmate Online. All rights reserved. [cit. 14.04.2020]. Dostupné z: <https://www.envirotech-online.com/news/water-wastewater/9/a1-cbiss-ltd/reliable-h2s-odour-monitoring-in-wastewater-treatment-applications/33068>
- [44] Spektrofotometrie. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-04-14]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Spektrofotometrie>
- [45] Spektrofotometr SpectroDirect, analýza vody LOVIBOND. *Ilabo - Laboratorní technika do Vaší laboratoře* [online]. Copyright © 2011 [cit. 14.04.2020]. Dostupné z: <https://www.ilabo.cz/firmy/tintometer/spektrofotometr-na-analyzu-vody/spektrofotometr-spectrodirect-analyza-vody-lovibond/>
- [46] Mapy Google . *Google* [online]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps/place/Znojmo/@48.9006489,16.0423407,9.83z/>

---

data=!4m5!3m4!1s0x476d55021054b4a7:0x400af0f66163ed0!8m2!3d48.8559107!  
4d16.0542676?hl=cs

- [47] Výběr parcely | Nahlížení do katastru nemovitostí. Nahlížení do katastru nemovitostí | Nahlížení do katastru nemovitostí [online]. Copyright © 2004 [cit. 19.04.2020]. Dostupné z: <https://nahlizenedokn.cuzk.cz/VyberParcelu.aspx>
- [48] Biotit. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-04-19]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Biotit>
- [49] Geologická mapa 1:50 000. *Geology* [online]. Praha [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: [http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show\\_map.php?mapa=g50&y=642653&x=1194747&s=1](http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50&y=642653&x=1194747&s=1)
- [50] Základní složky zemské kůry - horniny a minerály. *Geologie VSB* [online]. Ostrava [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: [http://geologie.vsb.cz/CviceniInzenyrskaGeologie/KAPITOLY/6\\_CSN%20normy/3\\_z%C3%A1kladn%C3%AD\\_slo%C5%BEky.htm](http://geologie.vsb.cz/CviceniInzenyrskaGeologie/KAPITOLY/6_CSN%20normy/3_z%C3%A1kladn%C3%AD_slo%C5%BEky.htm)
- [51] Štěrka. *Geology encyklopedie* [online]. [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl?sterk>
- [52] ČSN EN 13508-2: *Posuzování stavu venkovních systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek - Část 2: Kódovací systém pro vizuální prohlídku*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [53] ČMELÍK, Jiří. *Stanovení síry a selenu ve vzorcích životního prostředí*. Brno, 2010. Disertační práce. Masarykova univerzita v Brně, přírodovědecká fakulta.
- [54] A new technique to measure cross-section and longitudinal sediment profiles in sewers. In: *ResearchGate* [online]. 2008 [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/228773115\\_A\\_new\\_technique\\_to\\_measure\\_cross-section\\_and\\_longitudinal\\_sediment\\_profiles\\_in\\_sewers](https://www.researchgate.net/publication/228773115_A_new_technique_to_measure_cross-section_and_longitudinal_sediment_profiles_in_sewers)
- [55] ECO STAR. In: Rausch [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://rauschtv.com/en/products/cctv-inspection-systems/van-type-versions/eco-star-en-gb-9.html>
- [56] *ISYBAU* [online]. [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <http://www.isybau.cz/>
- [57] *ZEPRIS s.r.o.* [online]. [cit. 2020-05-22]. Dostupné z: <http://www.zepri.cz/robot>

- 
- [58] Anschlußkanaleinbindung. In: *UNITRACC.de* [online]. 2004 [cit. 2020-05-22]. Dostupné z: <https://www.unitracc.de/know-how/fachbuecher/instandhaltung-von-kanalisationen/sanierung/reparatur/injektionsverfahren/injektion-von-innen-bei-nichtbegehbaren-querschnitten/injektion-von-anschlusskanaelen-und-anschlusskanaleinbindungen/anschlusskanaleinbindung>
- [59] *Průměrné ceny dopravní a technické infrastruktury obcí*. Brno: Ústav územního rozvoje, 2019. ISBN 978-80-87318-79-9.
- [60] HORÁK, Marek. *Analýza stárnutí vybraných materiálů stokových sítí*. Brno, 2013. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [61] STEIN, Dietrich a NIEDEREHE, Wilhelm. *Instandhaltung von Kanalisationen*. Berlin: Ernst & Sohn Verlag, 1992. s. 814. ISBN 3-433-01177-X

---

## SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

ČSN	česká technická norma
ČSN EN	česká technická norma zavedená evropskou normou
ČOV	čistírna odpadních vod
ŽB	železobeton
TU	technický ukazatel
TSU	technický stav úseku
NZTSU	nejhorší zjištěný technický stav úseku
BZ	bez potřeby zásahu
LO	lokální oprava
OB	obnova celého úseku
DN	jmenovitý vnitřní průměr potrubí ... [mm]
Q	průtok ... [l · s <sup>-1</sup> ]
Q <sub>h</sub>	maximální bezdeštný hodinový průtok ... [l · s <sup>-1</sup> ]
Q <sub>dešť</sub>	dešťový průtok ... [l · s <sup>-1</sup> ]
Q <sub>zřed</sub>	zředěný průtok ... [l · s <sup>-1</sup> ]
n	ředící poměr ... [–]
m	násobek ředění bezdeštného průtoku odpadních vod ... [–]
h	přepadová výška ... [mm]
P	odvodňovaná plocha ... [ha]
q <sub>s</sub>	intenzita deště ... [l · s <sup>-1</sup> · ha <sup>-1</sup> ]
ψ <sub>prům</sub>	průměrný součinitel odtoku ... [–]
Q <sub>355</sub>	355–denní průtok ve vodním toku ... [l · s <sup>-1</sup> ]
BSK <sub>5</sub>	biochemická spotřeba kyslíku ... [mg · l <sup>-1</sup> ]

---

$Q_{24}$	maximální denní průtok ... [ $l \cdot s^{-1}$ ]
$c_1$	výstupní koncentrace z ČOV ... [ $mg \cdot l^{-1}$ ]



## SEZNAM OBRÁZKŮ

3.1	Typy uspořádání stokových sítí [1] . . . . .	10
3.2	Řez vstupní šachtou [2] . . . . .	13
3.3	Řez spadištěm [2] . . . . .	13
3.4	Lapák splavenin [2] . . . . .	14
3.5	Řez úplnou shybkou [2] . . . . .	16
3.6	Řez neúplnou shybkou [2] . . . . .	16
3.7	Odlehčovací komora s přímým přepadem [2] . . . . .	17
3.8	Odlehčovací komora s bočním přepadem [2] . . . . .	18
3.9	Odlehčovací komora s přepadajícím paprskem [2] . . . . .	18
3.10	Odlehčovací komora s horizontální dělicí deskou [2] . . . . .	19
3.11	Řez výustí [2] . . . . .	19
4.1	Postup zjišťování a hodnocení stavu stokových systémů [13] . . . . .	24
4.2	Bezkontaktní rychlostní senzor LaserFlow [37] . . . . .	26
4.3	Ultrazvuková křížová korelace – vysílání signálů senzorem [38] . . . . .	27
4.4	Kamerový vozík [31] . . . . .	31
4.5	Princip fungování georadarů [34] . . . . .	32
4.6	Biogenní síranová koroze [20] . . . . .	37
4.7	OdaLog H <sub>2</sub> S SL-H2S-200 [43] . . . . .	38
4.8	Plovoucí rám se sonarem a laserovým měřičem [54] . . . . .	40
4.9	Čištění kombinovaným tlakovým vozem [36] . . . . .	41
5.1	Umístění zájmové lokality v rámci Jihomoravského kraje [46] . . . . .	45
5.2	Situace posuzovaných úseků [46] . . . . .	46
5.3	Geologická mapa lokality [49] . . . . .	46
5.4	Rausch ECO STAR [55] . . . . .	48
5.5	Porucha 1 – přesazená kanalizační přípojka . . . . .	52
5.6	Porucha 2 – Vypadlý střep . . . . .	53
5.7	Porucha 3 – Vypadlý střep . . . . .	54
5.8	Porucha 4 – přesazená kanalizační přípojka . . . . .	54
5.9	Porucha 5 – vzdutá hladina . . . . .	55
5.10	Injektáž kanalizační přípojky robotem <i>Hächler EL 300/600</i> [58] . . . . .	57

**SEZNAM TABULEK**

4.1	Klíčové ukazatelé sledované v současnosti [14]	43
5.1	Specifikace posuzovaných úseků	47
5.2	Kategorie zatřídění stavu potrubí a objektů na stokové síti	50
5.3	Poruchy dle ČSN EN 13508-2	51
5.4	Kritické poruchy	51
5.5	Lokální kritické poruchy	56
5.6	Komplexní kritické poruchy	58
5.7	Ekonomické zhodnocení lokálních kritických poruch [59]	60
5.8	Ekonomické zhodnocení komplexních kritických poruch [59]	60

## SEZNAM PŘÍLOH

A	Výčet zasažených pozemků	73
B	Poruchy na stokovém systému – ČSN EN 13508-2	74
C	Technické ukazatele a třída poruch pro stokové sítě z tuhého potrubí	77
D	Poruchy na stokovém systému – TNV 75 6905	80
E	Obsah příloženého CD	81