

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ



METODY VYHODNOCENÍ STAVU GRAVITAČNÍCH
STOKOVÝCH SYSTÉMŮ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

PAVEL OTRUBA

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Karel Kříž, Ph.D.

KVĚTEN 2018



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Otruba</u>	Jméno: <u>Pavel</u>	Osobní číslo: <u>438461</u>
Zadávací katedra: <u>K144 - Katedra zdravotního a ekologického inženýrství</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Vodní hospodářství a vodní stavby</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Metody vyhodnocení stavu gravitačních stokových systémů</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Gravity sewer systems evaluation methods</u>	
Pokyny pro vypracování: Bakalářská práce bude zaměřena na problematiku vyhodnocování stavebně technického stavu gravitačních kanalizačních stok. Na základě literární rešerše bude proveden rozbor příčných průřezů, materiálů, poruch dle ČSN EN 13508-2. Hlavním cílem je zpřehlednění používaných metod vyhodnocení v ČR i ve světě, budou vzájemně porovnány a posouzeny z hlediska výhod, nevýhod, komplexnosti, technické a časové náročnosti a z hlediska použitelnosti v ČR.	
Seznam doporučené literatury: ČSN EN 13 508-2, ATV 143, ČSN 75 6101, TNV 75 6120, Existing Sewer Evaluation and Rehabilitation (ASCE/EWRI No. 62), Příručka stokování a čištění (Hlavínek a kol., 2000), Handbook for sewer system evaluation and rehabilitation (EPA, 1975), Report on condition assesment technology of wastewater collection systems (EPA 2010), Hydraulická kapacita poškozených gravitačních stokových systémů (Kříž, 2013), Stavební materiály pro výstavbu stokových sítí (ČVTVHS, 2003), Metodika vyhodnocení technického stavu stokové sítě na základě fyzického stavu (Hlušík, 2012), Provozně technický stav stokové sítě (Skařupová, 2012)	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Ing. Karel Kříž, Ph.D.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>28.2.2018</u>	Termín odevzdání bakalářské práce: <u>27.5.2018</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)
-----------------------	---------------------

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 27. 5. 2018

.....
Pavel Otruba

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Karlu Křížovi, Ph.D. za jeho odborné vedení, věcné rady a připomínky během konzultací při tvorbě mé bakalářské práce.

Anotace

Bakalářské práce je zaměřena na problematiku vyhodnocování stavebně technického stavu gravitačních kanalizačních stok. Je zde proveden rozbor příčných průřezů, materiálů, poruch dle ČSN EN 13 508-2, čištění a průzkum. Jsou zde uvedeny nástroje a metodiky pro vyhodnocování stokových systémů v ČR i ve světě. Následně jsou porovnány a posouzeny podle výhod, nevýhod, komplexnosti a z hlediska použitelnosti v ČR.

Klíčová slova:

kanalizace, porucha, technický ukazatel, priorita sanace, vyhodnocení stavu potrubí

Annotation

Bachelor thesis is focused on the evaluation of the technical condition of gravity sewer systems. The analysis of cross sections, materials, faults according to ČSN EN 13 508-2, cleaning and survey is performed here. There are presented tools and methodologies for evaluation of sewer systems not only in the Czech Republic, but also in the world. Subsequently, methods are compared and judged according to advantages, disadvantages, complexity and usability in the Czech Republic.

Keywords:

sewerage, disorder, technical indicators, priority of rehabilitation, evaluation of pipe condition

Obsah

1	Úvod	9
2	Cíle	10
3	Obecný popis stokových sítí	11
3.1	Vývoj stokových sítí	12
3.2	Životnost trub	13
3.3	Požadavky na stavební materiály stokových sítí	14
3.3.1	Statická únosnost trub	14
3.3.2	Chemická odolnost trub	16
3.4	Stokové soustavy	18
3.4.1	Jednotná stoková soustava	18
3.4.2	Oddílná stoková soustava	18
3.4.3	Modifikovaná stoková soustava	19
3.5	Materiály stokových sítí	19
3.5.1	Kameninové trouby	20
3.5.2	Betonové a železobetonové trouby	21
3.5.3	Litinové trouby (tvárná litina)	22
3.5.4	Trouby z PVC	23
3.5.5	Trouby z polypropylenu	24
3.5.6	Trouby z polyethylenu	25
3.5.7	Trouby ze sklolaminátu	26
3.5.8	Čedič	27
3.6	Způsoby připojení kanalizačních přípojek	28
3.6.1	Dodatečné připojení kanalizačních přípojek	28
3.7	Tvary stokových sítí	30
3.8	Objekty stokových sítí	31
4	Obecný popis poruch stokových sítí	33
4.1	Narušení stability stoky	33
4.2	Polohové odchylky stok vertikální a horizontální	33
4.3	Poruchy spojů trub	34

4.4	Vnitřní koroze stoky	34
4.5	Chybné napojení přípojek	34
4.6	Porušení stoky abrazí	35
4.7	Zanášení stok	35
4.8	Destrukce stoky.....	36
4.9	Netěsnost stok	36
5	Čištění stokových sítí	38
5.1	Metody hydraulického čištění	38
5.1.1	Proplachování	38
5.1.2	Vysokotlaké čištění	39
5.1.3	Sání	39
5.1.4	Řezací zařízení – vysokotlaký vodní paprsek	40
5.2	Metody mechanického čištění	40
5.2.1	Ruční nebo strojní těžení	40
5.2.2	Čištění čistícím zařízením.....	40
5.2.3	Dálkově řízená zařízení	40
5.3	Metody hydraulicko-mechanického čištění.....	40
6	Průzkum stokových sítí.....	41
6.1	Zatřídění poruch podle průzkumu	42
7	Metodiky pro vyhodnocení stavu stokových sítí.....	44
7.1	Nástroje.....	44
7.1.1	Skupina 1: Nástroje pro rozbor parametrů sítě.....	46
7.1.2	Skupina 2: Rozhodovací nástroj pro rozbor parametrů sítě	48
7.1.3	Skupina 3: Nástroje pro správu stokových sítí	50
8	Metodiky používané v ČR	52
8.1	Metodika VUT Brno	52
8.2	Metodika PVK, a.s.	54
8.3	Metodika BVK a.s.	57
8.4	Metodika ČEVAK a.s.....	58
8.5	ISYBAU XML CZ.....	59
9	Metodiky používané ve světě.....	60

9.1	Metodika ERZ	60
9.2	Metodiky dle ATV-M 149	63
9.3	KAIN	69
9.4	KAPRI.....	73
9.5	ISYBAU.....	77
9.6	Metodika RIONED	80
9.7	Metodika WSAA.....	84
10	Výsledek	87
11	Závěr práce.....	90
12	Seznam použité literatury	92
13	Seznam obrázků	94
14	Seznam tabulek	95

1 Úvod

V České republice je v současné době provozováno něco málo přes 48 000 km kanalizační sítě a je připojeno necelých 1,7 milionu kanalizačních přípojek. Pro bezproblémový provoz kanalizačních sítí je potřeba provádět pravidelný průzkum a údržbu kanalizační sítě a přípojek. Jakékoliv odstraňování poruch na stokové síti je velice nákladné. Sanace stokových systémů jsou často z důvodů finanční náročnosti nebo z nedostatečné informovanosti prioritního zásahu odkládány.

Řadě vlastníků a provozovatelům (především těm drobnějším) v ČR chybí spolehlivý systém na plánování sanace s prioritním, střednědobým a dlouhodobým výhledem, s přihlédnutím na čerpání financí a její náročnost.

Tato práce postupně popisuje vývoj stokových sítí, jejich obecný popis, požadavky na použité materiály, jejich vývoj a rozdělení. Dále jsou zde uvedeny poruchy stokových systémů s kódováním dle normy ČSN EN 13 508-2, jak vznikají, co způsobují a jak jím nejlépe předejít. Následně je zde popsáno čištění a průzkum stokové sítě.

Hlavní částí práce je zřehlednění a analyzování nalezených nástrojů a metodik pro vyhodnocení stavu stokové sítě, které jsou používány v ČR i ve světě.

Tato bakalářská práce má za úkol tyto systémy zřehlednit, posoudit jejich výhody a nevýhody (komplexnost, požadavky na vstupní data atd.) a vybrat nejspolehlivější a nejefektivnější metodiku, která by se dala využívat v ČR.

2 Cíle

Cílem bakalářské práce je zpřehlednění, komplexnost a použitelnost metodiky pro vyhodnocení kanalizačních sítí v ČR. Metodiky budou navzájem porovnány a posouzeny podle výhod, nevýhod, komplexnosti a z hlediska použití v ČR. K naplnění hlavního cíle je třeba posoudit několik dílčích cílů:

- obecný vývoj stokových sítí (z hlediska zatížení),
- trubní materiály (životnost, statická únosnost, chemická odolnost),
- obecný přehled poruch,
- příčiny poruch a jejich zařídění dle ČSN EN 13 508-2,
- seznámit se s metodami čištění a průzkumu,
- zpřehlednit a analyzovat jednotlivé nástroje a metodik pro vyhodnocení stavu stokové sítě v ČR i ve světě.

3 Obecný popis stokových sítí

Stokové systémy jsou zdravotně-technická zařízení, která slouží k hygienické dopravě tekutých odpadních produktů do míst, kde se čistí nebo se s nimi dále hospodaří. Slouží tak v souladu s požadavky bezpečného hydrologického režimu povrchových a podzemních vod, který neohrožuje zdraví, životy a majetek obyvatel v zájmovém území. Tyto systémy musí zabezpečit člověka, ale i zájmové území, před nepříznivými vlivy škodlivých hydrologických stavů. Musí také zabránit vypouštění znečištěných odváděných vod, které překračují limitní koncentrace fyzikálních, chemických a biologických parametrů a ohrožují tím kvalitu přírodních vodních zdrojů. [1]

Kanalizační systém navrhujeme na základě stanovení množství odpadních vod. Výpočet provádí projektant dle platných norem. Podle výpočtu navrhne optimální dimenzi, materiál potrubí, způsob a hloubku uložení, sklon, podkladní vrstvu atd. [2]

Úskalím, které ovlivňuje životnost a návrhovou funkčnost díla, je při samotné výstavbě díla technologická kázeň. I když materiál splňuje všechny jakostní požadavky, je třeba dodržet správný předepsaný postup. Pokud je vše dodrženo, stokový systém je pak schopen bezpečně odvádět určené vody minimálně do konce životnosti své nejslabší části. [2]

Jedním z činností provozovatele je zajištění pravidelné údržby, která vyhovuje danému materiálu. Dále provozovatel provádí pravidelné prohlídky a čištění, posuzuje, jestli není potřeba oprav nebo obnovy a popřípadě kontroluje provedené opravy. [2]

Nejstarším a zároveň i nečastějším způsobem údržby stok je jejich proplachování. Díky zvýšené rychlosti proudění dochází u proplachování k unášení sedimentů. U oddílné splaškové soustavy se využívá umělá povodňová vlna zpětným vzdutím, proplachem nebo vysokotlakým čištěním. U jednotné stokové soustavy nám tuto funkci plní povodňová vlna způsobená srážkami. Dalším možným způsobem údržby je u průlezných a průchozích stok mechanické čištění ruční, strojní nebo sání. [2]

Dalším faktorem, který nám ovlivňuje životnost a funkci stokové sítě jsou činnosti v blízkosti stokové sítě, jako je např. výstavba či oprava jiných podzemních sítí. Příčinou tohoto narušení může být nedodržování minimálních odstupových vzdáleností dle

ČSN 73 6005, špatné geodetické vytyčení, neaktuální databáze inženýrských sítí nebo technologická nekázeň. [2]

V České republice je v současné době, dle Českého statistického úřadu, provozováno něco málo přes 48 000 km kanalizační sítě a je připojeno necelých 1,7 milionu kanalizačních přípojek. [3]

Pro přehlednost je níže uvedena tabulka délek kanalizační sítě v jednotlivých krajích dle ČSÚ.

Tabulka 1: Délky stokových sítí podle krajů, dle ČSÚ za rok 2017 [3]

Území, kraj	Délka kanalizační sítě (km)	Počet kanalizačních přípojek
Česká republika	48 491	1 693 937
Hl. město Praha	3 709	123 280
Středočeský	6 865	254 707
Jihočeský	4 155	136 500
Plzeňský	3 212	101 442
Karlovarský	1 214	39 899
Ústecký	3 156	94 903
Liberecký	1 576	45 914
Královéhradecký	2 765	95 680
Pardubický	2 472	81 666
Vysočina	3 260	111 206
Jihomoravský	5 652	249 369
Olomoucký	3 112	110 032
Zlínský	3 183	122 174
Moravskoslezský	4 162	127 164

3.1 Vývoj stokových sítí

Při vývoji urbanizovaných území dochází často ke změnám zatížení nad vybudovanými stokovými systémy, což následně může zapříčinit jejich poruchu. [2]

S rozvojem měst a obcí je spojeno i rozšiřování stokové sítě. Zvětšuje se povodí, výstavbou se snižuje velké množství propustných ploch a následně se zvětšuje povrchový odtok. Stoková síť je potom přetěžována průtoky, na které nebyla dimenzována. [2]

Vlivem postupné degradace materiálu a řadou jiných vnějších vlivů může docházet k netěsnosti na stokovém systému. Následně pak mohou infiltrací do systému vnikat balastní vody, nebo naopak mohou unikat splaškové vody do okolního prostředí stok. [2]

Kvůli rozšiřování stokových systémů se prodlužuje doba toku od zdroje do čistíren odpadních vod a s tím souvisí i usazování a počátek hnilobných procesů ve stokové síti. To zatěžuje nejen čistírny odpadních vod, ale i samotné stokové sítě, kde vzniká riziko biologické koroze a ztěžuje se údržba stok. [2]

Průběhem času se mění životní úroveň obyvatelstva a složení chemických produktů a stravy (např. aviváže, farmaceutický průmysl). S tím se mění i složení odpadní vody a její kvalita. V dnešní době klesá i specifická spotřeba vody, čímž se zvětšuje koncentrace odpadních vod. To má za následek i vyšší sedimentaci materiálu, a to ovlivňuje i samotný provoz odpadních vod. [2]

3.2 Životnost trub

Doba životnosti je čas, pro konkrétní výrobek, po jehož uplynutí přestane být odolnost materiálu dostatečná. Každý výrobek je schopen odolávat v konkrétním prostředí konkrétním působícím vlivům po určitou dobu. [2]

Dobu životnosti stokové sítě ovlivňuje [2]:

- typ použitého materiálu,
- složení proudící vody,
- rychlost proudění,
- výška hladiny podzemní vody,
- chemické složení podzemní vody,
- zatížení stoky (nadloží, hydraulické přetěžování, práce v blízkosti stoky atd.),
- kvalita výrobku a provedení uložení potrubí.

Životnost materiálu či stavby je možné členit na fyzickou a ekonomickou životnost.

Fyzická životnost je doba, po kterou je stoka schopná plnit svoji funkci v rozsahu svého návrhu. Ta je přímo závislá na kvalitě výrobku a kvalitě stavebního postupu. [2]

Ekonomická životnost je doba, po kterou stoka plní svou funkci, kdy jsou náklady na její provoz a údržbu ještě únosné. [2]

Budování stokové sítě z materiálů s nejvyšší dobou životností by mělo být požadavkem vlastníka i provozovatele. I když se může zdát, že investor ušetří na materiálu

s nízkou cenou, který má nízkou životnost, opak je pravdou. Jelikož hlavní část nákladů je při výstavbě i sanacích tvořena zemními pracemi, obnovou vozovek, manipulacemi s výkopem, čerpáním vody a v případě ražené kanalizace i ražba štol. Dalšími znatelnými náklady je i dražší samotný provoz. [4]

V následující tabulce jsou uvedeny životnosti udávající výrobcem a skutečné životnosti na základě praktických zkušeností.

Tabulka 2: Orientační doby životnosti jednotlivých trubních materiálů [2]

Materiál	Udávaná životnost (roky)	Skutečná životnost (roky)	Nutná výměna během období 100 let
Kamenina	100	130	0,77
Železobeton	50-80	90	1,11
Beton	50-80	67	1,5
Zděné kanály	80	80	1,25
PVC	50	25	4,0
Polyetylen	50	25	4,0
Litina	50	50	2,0

3.3 Požadavky na stavební materiály stokových sítí

Požadavky na materiál stok definuje ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky. Obecně platí, že se požadavky určují podle dané lokality a plánované životnosti díla. Každý materiál má jiné vlastnosti a životnost. Je tedy třeba podle požadavků lokality vybrat materiál, který bude v daném místě nejlépe plnit svoji funkci a po nejdelší možnou dobu. [4]

3.3.1 Statická únosnost trub

Statická únosnost trub je základním požadavkem na jakékoliv trubní systémy. Je velmi důležité, aby projektant dobře znal místo, kde stokovou síť navrhuje. Je třeba pracovat s daným geologickým podložím, statickým a dynamickým zatížením, popřípadě poddolovaným územím. Těmto podmínkám pak musí projektant přizpůsobit statický výpočet, navrhnout správný druhu trub a jejich uložení. [4]

Statický výpočet musí uvažovat se základními zatěžovacími stavy, kterým musí odolávat navržené potrubí. Základními zatěžovacími stavy jsou svislý a vodorovný zemní tlak, boční tlak uložení, zatížení dopravou, rovnoměrné a soustředěné povrchové zatížení, vnější tlak spodní vody, vlastní tíha trouby vnitřní přetlak a vlastní tíha vodní náplně potrubí. [4]

Při návrhu potrubí je potřeba brát ohled na významné statické faktory, jako je napětí, ohybový moment, únosnost v kruhovém nebo podélném směru, odolnost vůči ztrátě stability (boulení) a vůči deformaci kruhového prstence. Nejdůležitější je vzájemné spolupůsobení tuhosti trub a tuhosti okolní zeminy. Podle chování trub vůči vnějšímu zatížení se dělí trouby do tří základních skupin [4]:

- trouby tuhé,
- trouby pružné,
- trouby polotuhé.

3.3.1.1 Trouby tuhé

V této skupině trub se nachází trouby betonové, železobetonové, kameninové a čedičové.

U trub tuhých dochází po uložení a zásypu ke koncentraci zatížení na vrcholu trouby. Vzniká vlivem hmotnosti zeminy nadloží, sedáním okolní zeminy a vlivem přitížení terénu. Zatížení se přenáší do stěn trub. Vzniká v ní napětí, které trouba musí přenést do podloží. Proto v případě použití tuhých trub je kladen důraz na kvalitní vrstvu podloží. U tuhých trub používáme jako podkladní vrstvu hlavně betonové sedlo, betonové desky nebo hutněné pískové či štěrkopískové lože. Tuhé trouby se vlivem jejich zatížení nedeformují. [4]

3.3.1.2 Trouby pružné

V této skupině trub se nachází trouby z PVC, polypropylenu, polyethylenu nebo ze sklolaminátu.

Pružné materiály jsou oproti troubám tuhým méně pevné a mají nižší kruhovou tuhost. Pružné trouby se deformují při zatížení tlakem zeminy nadloží nebo přitížení z povrchu terénu. Deformací dochází ke zmenšení průměru trub ve svislém směru a zvětšení ve směru vodorovném. Při provádění je důležité dodržet míru zhutnění podloží a obsypu, aby nedocházelo k deformaci. [4]

Trouby pružné se vyrábějí v několika třídách tuhosti. Čím větší pevnostní třída, tím je stěna trouby silnější, a to znamená větší spotřeba materiálu a vyšší cena. [4]

Deformace potrubí je proces začínající při zasypání potrubí a končící po přibližně 3 až 5 ti letech. Dlouhodobá deformace by neměla překročit 6 %. Podle ČSN EN 1401-1 deformace do 15 % nemají vliv na funkční vlastnosti potrubního systému. Deformace jsou pak ale překážkou k mechanickému čištění trub. [4]

Trouby pružné jsou nejvíce náchylné z hlediska funkčnosti a bezproblémového provozu na dodržování předepsaných technologických postupů v procesu pokládky potrubí. [4]

3.3.1.3 Trouby polotuhé

V této skupině trub se nachází trouby z tvárné litiny.

Trouby polotuhé se pod zatížením deformují jen mírně, to však postačuje, aby se část zatížení přenesla do bočních obsypů. Dochází tedy k rozložení zatížení, kde část přejímá trouba a část okolní zemina. Díky tomu je tento typ trub velmi výhodný v případě změny uložení trub nebo způsobu jejich namáhání. Výstavba stok z polotuhých trub je jednodušší než u ostatních trub a jsou méně náchylné na negativní vliv lidského faktoru. [4]

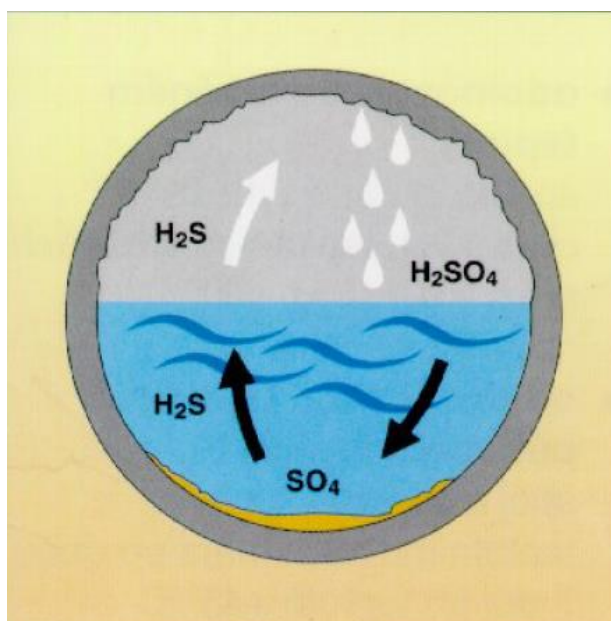
3.3.2 Chemická odolnost trub

Splaškové odpadní vody pochází z kuchyní, koupelen, WC, prádelen, technické občanské vybavenosti školy, restaurace, nemocnice (infekční odpadní vody) nebo to mohou být i balastní vody. Obsahují velké množství záchodové odpadní vody, zbytky jídel, prací prostředky, mycí prostředky a většinou velké množství nebezpečných choroboplodných zárodků. [4]

Uvedené druhy odpadních vod naznačují množství druhů chemických látek, které se vyskytují v odpadních vodách. Složení komunálních odpadních vod je známé a jejich chemickému působení odolávají všechny používané materiály trub, až na jeden. Touto výjimkou jsou betonové trouby, na které působí negativně sirovodík (H_2S) a kyselina sírová (H_2SO_4). Tyto látky vznikají v nevětraných stokových systémech rozkladem organických látek při dlouhém zdržení odpadních vod. Z tohoto důvodu se betonové trouby obkládají různými materiály, které jsou těmto látkám odolné, jako např. čedič, keramika, plasty atd. [4,5]

Faktory ovlivňující korozi betonových stok jsou [4]:

- malé průtočné rychlosti, které způsobují ukládání nánosů,
- dlouhá doba zdržení odpadních vod v nevětraných zónách,
- teplota (může být ovlivněna vypouštěním některých teplých průmyslových odpadních vod),
- hodnota pH,
- vyšší organické znečištění odpadní vody.



Obrázek 1: Biochemická koroze betonových trub [4]

Tyto negativní vlivy jsou vytvářeny i uměle. Kvůli zápachu, který se v stokových sítích vytváří, se při dopravě tlakové kanalizace dávkuje v čerpacích stanicích stokových sítí síran železitý. Ten následně reaguje s vodou a vzniká biologická koroze.

Biologické korozi lze omezit realizací opatření [5]:

- zvýšení průtočné rychlosti,
- snížení doby zdržení odpadní vody na stokové síti,
- dostatečným větráním,
- vháněním vzduchu nebo kyslíku,
- přidávání chemických látek.

Jednou z těchto chemických látek, která se dávkuje do stokové sítě je chlorid železitý (FeCl_3). Jeho přidáním vzniká reakce, která v potrubí vytváří usaditelný kal, který se následně odstraňuje sedimentací na čistírně odpadních vod. Vždy je potřeba, při použití chemikálií, posoudit jejich možný negativní vliv na životní prostředí. [5]

3.4 Stokové soustavy

Stokové sítě dělíme na stokové soustavy podle odvádění odpadních vod. Známe tři základní stokové soustavy [1]:

- jednotná stoková soustava,
- oddílná stoková soustava,
- modifikovaná stoková soustava.

3.4.1 Jednotná stoková soustava

V rámci jednotné stokové soustavy jsou odváděny veškeré odpadní vody společnou trubní sítí na čistírnu odpadních vod. Dříve, když se nehledělo tolik na ekologické požadavky, se tato soustava hojně využívala. Velkou nevýhodou je potřeba velké dimenze trubních sítí při velkém srážkovém úhrnu. Jelikož nebyly tyto sítě dimenzovány na tak velký průtok, přistoupilo se k vybudování odlehčovacích komor, které měly odlehčit zředěnou odpadní vodu. Další nevýhodou byla velká zátěž čistíren odpadních vod při velkém srážkovém úhrnu a samozřejmě i velká hygienická rizika. [1]

3.4.2 Oddílná stoková soustava

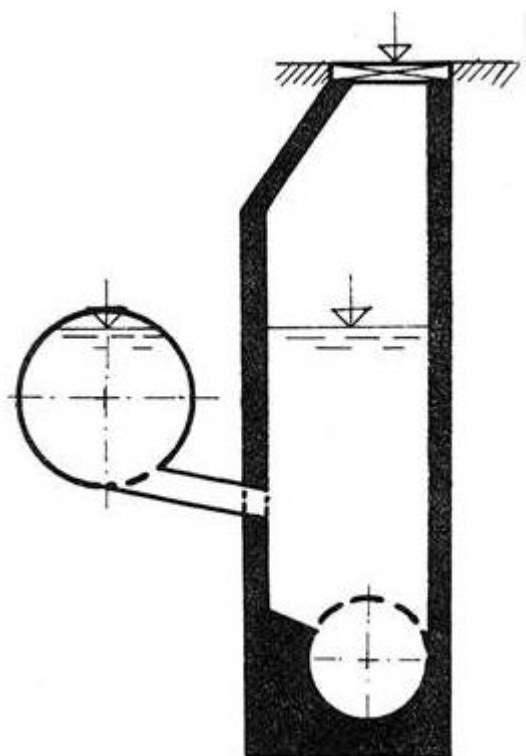
Oddílná stoková soustava odvádí v různých trubních sítích jiné druhy odpadní vody. To znamená, že v ulici mohou vést dvě i více trubní sítě. Výhodou je, že se odpadní vody mezi sebou nemísí a nemusí se zbytečně předimenzovat trubní sítě. V praxi to znamená, že jeden systém odvádí splaškové odpadní vody (případně i vody z drobných průmyslových provozoven) a druhý systém odvádí srážkové vody. [1]

Při aplikaci oddílné stokové soustavy, kdy je splašková voda zaústěna na čistírnu odpadních vod, nelze ani dešťové vody považovat za hygienicky nezávadné. I dešťové vody mohou být znečištěny splachy minerální i organické povahy, zbytky pohonných hmot, i jiných nebezpečných látek a nelze vyloučit ani přítomnost fekálního znečištění. [1]

Z výše uvedeného je tedy zcela zřejmé, že ani jedna ze soustav není ideálním řešením pro libovolné zájmové území.

3.4.3 Modifikovaná stoková soustava

Modifikovaná stoková soustava vzniká kombinací jednotné a oddílné stokové soustavy. V zahraničí se můžeme setkat s názvem polo-oddílná. Princip této soustavy je



v tom, že splaškové vody jsou odváděny hluboko zaústěným potrubím a dešťové vody mělko položeným potrubím. Při přívalu nejvíce znečištěné dešťové vody se prázdní spojovacím potrubím ze dna dešťových stok v šachtách do stok splaškových. Po jejich zahlcení nad úroveň dna dešťových stok dochází k odtoku srážkové vody dešťovými stokami přímo do recipientu. Největší znečištění z oplachu terénu na začátku deště a z výplachu dešťových stok je takto svedeno splaškovými stokami do čistírny odpadních vod. Do recipientu je již odváděna relativně čistá voda. [1]

Obrázek 2: Modifikovaná stoková soustava [1]

3.5 Materiály stokových sítí

Materiál stok se volí podle účelu a životnosti díla. Musí být vodotěsný a odolný proti mechanickým, chemickým, biologickým a jiným vlivům dopravované odpadní vody, proti agresivním vlivům okolního prostředí, proti namáhání stok, má umožnit bezpečné a účinné čištění stok. Dále je kladen důraz na těsnost spojů, vysokou životnost materiálu, mrazuvzdornost a hydraulickou hladkost vnitřního povrchu trub. Stoky mohou být trubní, monolitické, případně ze stavebních železobetonových dílců. Zděné z kanalizačních cihel na cementovou maltu, z monolitického betonu nebo železobetonu. Na zvýšení odolnosti proti obrusu a chemickým účinkům odpadních vod je možné vnitřní líc zděné nebo betonované stoky opatřit úplným nebo částečným obložením (vyzdívkou, výstelkou, povlakem apod.

z kameniny, taveného čediče, lomového kamene, sklolaminátu atd.). Při obkládání je třeba použít odolné pojivo obkladů a spár a takovou technologii, aby nedošlo k odlupování. [4]

Na trubní stoky jednotné a oddílné stokové soustavy se používají roury podle platných norem. Požadavky na materiál stok definuje ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky. Vyhovující materiály jsou:

3.5.1 Kameninové trouby

Výrobky z kameniny jsou přírodní a ekologické produkty. Jsou vyrobeny z přírodního jílu, šamotu a vody. Do směsi jílu se přidává 20 až 30 % šamotu (recyklovatelné kameninové výrobky nebo vypálený a rozemletý jíl) a 15 až 20 % vody. Kameninové trouby a tvarovky se vyrábějí podle normy ČSN EN 295. [4]

Tabulka 3: Fyzikální vlastnosti kameniny [4]

Pevnost v tlaku	100 až 200 N/mm ²
Pevnost v tahu	10 až 20 N/mm ²
Pevnost v tahu za ohybu	15 až 40 N/mm ²
Objemová hmotnost	2200 kg/m ³
Odolnost vůči vysokotlakému čištění	280 bar
Udávaná životnost trub	100 let
Skutečná životnost trub	130 let
Rozmezí dimenzí	DN 100-1400 mm
Délky trub	1-2,5 m

Výhody výrobků z kameniny:

- Velmi dobrá mezní únosnost ve vrcholovém zatížení,
- odolnost vůči kyselinám a korozi,
- vysoká chemická odolnost,
- odolnost vůči vysokotlakému čištění, nedeformují se, mají dlouhou životnost,
- ekologické, recyklovatelné, udržitelné, hospodárné, vysoká životnost prověřená dlouholetou praxí.

Nevýhody výrobků z kameniny:

- Křehkost – nízká pevnost v rázu,
- vyšší hmotnost,
- kratší výrobní délky a tím větší počet spojů,

- náročnější pokládka.

Kamenina je tradiční materiál používaný ve stokování, který plně vyhovuje provozním požadavkům. Díky dlouhodobému využívání prokazuje svoji dlouhou životnost, která je více jak 100 let. Důležité pro životnost kameniny je správná podkladní konstrukce. Lze jí uložit na betonovou desku, do betonového sedla nebo pískového lože. Při extrémních případech zatížení je třeba provést obetonování trub. [4]

3.5.2 Betonové a železobetonové trouby

Výrobky z betonu a železobetonu závisí na kvalitě betonové směsi a výztuže. Kvalita trub je závislá na druhu a kvalitě technického výrobního zařízení. Technický postup jde s dobou stále výš, a tak se i kvalita betonových trub s lepší úrovní technického vybavení zlepšuje. Betonové trouby se dodávají i s vnitřní výstelkou z taveného čediče, plastu nebo kameniny, čímž výrazně zvyšují jejich užitné vlastnosti. [4]

Tabulka 4: Fyzikální vlastnosti betonu a železobetonu [4]

Odolnost vůči vysokotlakému čištění	120 bar
Udávaná životnost trub	50-80 let
Skutečná životnost trub betonových	67 let
Skutečná životnost trub železobetonových	90 let
Rozmezí dimenzí	DN 300-1400 mm
Délky trub	1-2,5 m

Beton používaný k výrobě betonových a železobetonových trub, šachet a vpustí odpovídá svým složením a kvalitativními vlastnostmi normě ČSN EN 206-1. Beton používaný k výrobě je otěruvzdorný, odolný proti chemicky agresivnímu prostředí a odolný proti působení chemických rozmrazovacích látek. Pevnostní třída betonu se používá C40/50. Proti účinkům mrazu se používají třídy XF1 – XF4. Proti agresivitě chemické prostředí se používají třídy XA1 a proti silně agresivnímu chemickému prostředí XA2 a XA3. [1,4]

Betonové a železobetonové hrdlové trouby jsou určeny pro odvádění odpadních vod a jiných neagresivních tekutin. Trouby osazené výstelkou čedičovou, plastovou, nebo z kyselinovzdorných kameninových segmentů, která několikanásobně zvyšuje životnost trouby svojí odolností proti obrusu i chemicky agresivním látkám. Takové trouby pak plně vyhovují provozním požadavkům stokových sítí, zejména při vysokém obsahu kyselin a louhů v přepravovaném médiu, při malém nebo velkém sklonu. Ukládání

betonových trub se doporučuje na betonovou desku, kvůli její hmotnosti. Jelikož při vyplavení pískového lože může dojít k výrazným odchylkám stok. [1,2,4]

3.5.3 Litinové trouby (tvárná litina)

Tvárná litina je nástupce litiny šedé. Hlavním rozdílem těchto dvou litin je ve výskytu grafitu. Ve tvárné se vyskytuje ve shlucích kulovitého tvaru, zatímco v původní šedé litině se vyskytuje ve formě lamel. Díky přidání hořčíku do tvárné litiny grafit vykryštalizuje a zabrání se tím výskytu možných čar lomu. Díky svým vlastnostem jsou kanalizační potrubí z litiny zcela vodotěsné. [4]

Tabulka 5: Fyzikální vlastnosti litiny [4]

Odolnost vůči vysokotlakému čištění	100 bar
Udávaná životnost trub	50 let
Skutečná životnost trub	50 let
Rozmezí dimenzí	DN 80-2000 mm
Délky trub	6 m

Výhody:

- Odolnost proti korozi, obrusu a mechanickému namáhání,
- možnost uložení potrubí v extrémních podmínkách,
- minimální poruchovost,
- odolnost proti nárazům,
- dlouhá životnost.

Nevýhody:

- Vyšší hmotnost – náročná manipulace,
- výrobní délka trub je méně vhodná pro sanační práce,
- vyšší cena,
- v prostředí s výskytem agresivních půd je třeba zvolit dražší systém vnější ochrany.

Litinové trouby nejsou náchylné k praskání ani k deformaci při vyšším zatížení. Tento materiál je zcela vhodný a lze jej doporučit pro výstavbu nových stokových sítí. Užité vlastnosti daného materiálu vyvažují vyšší pořizovací cenu. [4]

3.5.4 Trouby z PVC

PVC-U je neměkčený polyvinylchlorid. PVC je z plastů nejstarší a nejrozšířenější materiál pro výrobu potrubí pro kanalizace. Pro výstavbu stokových sítí je stále často používán i kvůli příznivé ceně, vysokému modulu pružnosti a velmi dobré chemické odolnosti. Velkou nevýhodou PVC je likvidace. Zejména při spalování uvolňuje velké množství chlorovodíku. [4]

Tabulka 6: Fyzikální vlastnosti PVC-U [1]

Hustota	1400 kg/m ³
Pevnost v tahu	50-60 MPa
Odolnost vůči vysokotlakému čištění	60-100 bar
Užitná teplota bez zatížení:	
Krátkodobá	60 °C
Dlouhodobá	40 °C
Udávaná životnost trub	50 let
Skutečná životnost trub	25 let
Rozmezí dimenzí	DN 100-800 mm
Délky trub	0,5-6 m

PVC-U má dobrou chemickou i mechanickou odolnost. Odolává dobře kyselým i zásaditým vodám v rozmezí pH 2 až 12. Je odolný i proti chemickým látkám běžně se vyskytujícím v odpadních vodách. Snáší občasný průtok ropných látek, ale dlouhodobě proti nim není odolný. Potrubí je odolné proti obrusu a dá se použít jak pro jednotné, tak pro oddílné kanalizační systémy. Vyniká nízkou hydraulickou drsností a nízkou hmotností. Má ovšem menší rázovou pevnost, nelze provádět opravy a dodatečné napojování v zimním období a má omezenou únosnost. Negativně na něj působí UV záření a jeho likvidace je velmi neekologická. Nelze jej použít při teplotě vody větší jak 40 °C. V porovnání s PE a PP je odolnost PVC nejnižší. [4]

I když jiné plastové materiály překonávají užité vlastnosti PVC, vítězí u většiny rozhodnutí cena daného materiálu. Životnost PVC se odhaduje na 50 let, ale zkušenosti s ním ukazují průměrnou životnost pouze 25 let, což se následnou rekonstrukcí hluboce nevyplatí. Jeho životnost snižuje křehkost materiálu a pokládka v zimě značně zvyšuje jeho poruchu. A i když je PVC lehký materiál, a tedy má jednoduchou pokládku, lidský faktor značně ovlivňuje životnost při manipulaci a pokládce. [2,4]

3.5.5 Trouby z polypropylenu

Polypropylen (značen jako PP) je polyolefin, částečně krystalický termoplast, vyráběný z propenu získávaného krakováním lehkých ropných podílů. Pro dopravu vody a odpadní vody se používá jeden ze tří základních typů, a to blokový kopolymer PP-B. Tento materiál má vyvážené vlastnosti mezi vysokou tuhostí a velmi dobrou houževnatostí. [4]

Tabulka 7: Fyzikální vlastnosti PP [1]

Střední hustota	910 kg/m ³
Mez pevnosti v ohybu	43 MPa
Mez pevnosti v tahu	30 MPa
Odolnost vůči vysokotlakému čištění	200 bar
Užitná teplota bez zatížení:	
Krátkodobá	90 °C
Dlouhodobá	60 °C
Udávaná životnost trub	50 let
Rozmezí dimenzí	DN 100-1000 mm
Délky trub	1-6 m

PP je extrémně odolný vůči agresivním chemikáliím a ani vysoká koncentrace chemických látek v odpadních vodách nepoškodí kanalizační potrubí. Polypropylen je z plastů nejvíce odolný vůči obrusu. Trouby z PP jsou odolné vůči účinkům hydrodynamického čištění stok. PP trouby lze pokládat v mrazech, nejsou křehké ani v -5 °C. PP má vysokou teplotní odolnost. Trouby mohou odvádět vody o krátkodobé teplotě 90 °C a o dlouhodobé teplotě 60 °C. Velkou výhodou PP je jeho plná recyklovatelnost. Skládá se totiž jen z atomů uhlíku a vodíku. [4]

Výhody:

- Vysoká kruhová tuhost trub,
- dobrá houževnatost,
- chemická odolnost,
- dlouhodobě vysoký modul pružnosti,
- vysoká odolnost vůči teplotám,
- rázová odolnost a otěruvzdornost,
- recyklovatelnost,
- nízká hydraulická drsnost a hmotnost.

Nevýhody:

- Vyšší cena,
- vliv lidského faktoru při pokládce.

Polypropylen je z plastů svojí odolností a svými vlastnostmi nejlepší volba pro stokové sítě. Díky jeho teplotní odolnosti, houževnatosti a vysoké rázové pevnosti je ho možno pokládat celoročně. Jeho udávaná životnost je 50 let. [2,4]

3.5.6 Trouby z polyethylenu

Pro stokové sítě uložené v zemi se používají zásadně trouby z vysokohustotního polyethylenu PE – HD. Používání trub z nízkohustotního polyethylenu PE – LD pro stokové sítě je zcela nevhodné. Trouby z PE – HD mají ve stokování uplatnění hlavně o velkých průměrech. [4]

Tabulka 8: Fyzikální vlastnosti PE [4]

Hustota	960 kg/m ³
Minimální požadovaná pevnost	8 MPa
Odolnost vůči vysokotlakému čištění	60-120 bar
Užitná teplota bez zatížení:	
Krátkodobá	60 °C
Dlouhodobá	50 °C
Udávaná životnost trub	50 let
Skutečná životnost trub	25 let
Rozmezí dimenzí	DN 100-1200 mm
Délky trub	6-100 m

Polyethylen odolává chemickému působení běžných odpadních vod v rozmezí pH 2 až 12. Odolnost je podobná PVC. PE je dobře odolný proti obrušování, téměř jako PP. Lze ho použít i pro odvádění dešťových odpadních vod. Lze jej díky dobré rázové odolnosti pokládat i za mrazu. Maximální krátkodobá teplota je 60 °C a maximální dlouhodobá teplota je 50 °C. Teplotní odolnost je vyhovující k odvádění odpadních vod. Pokládka PP-HD trub je možná do -10 °C. [4]

Nespornou výhodou je u PE možnost výrobní délky až 100 metrů. Díky této možnosti ubude spousta nepotřebných spojů, u kterých by mohly vznikat problémy špatným provedením.

Polyethylen je vlastnostmi někde mezi PP a PVC. Jeho udávaná životnost je 50 let, ale z praktické zkušenosti je průměrně 25 let. [2]

3.5.7 Trouby ze sklolaminátu

Sklolaminátové trouby, označované též jako GRP (Glass Reinforced Pipes), se vyznačuje velkou pevností, stálostí a nízkou hmotností. Sklolaminátové potrubí je vyráběno z polyesterové pryskyřice, skleněného vlákna a křemičitého písku technologií odstředivého lití nebo kontinuálního navíjení na trn. [4]

Tabulka 9: Fyzikální vlastnosti sklolaminátu [4]

Hustota	1800 kg/m ³
Pevnost v tahu	15-40 MPa
Pevnost v tlaku	90-100 MPa
Pevnost v ohybu	15-40 MPa
Užitná dlouhodobá teplota	40 °C
Udávaná životnost trub	100 let
Nejstarší potrubí je v provozu	40 let
Rozmezí dimenzí	DN 150-3600 mm
Délky trub	0,3-18 m

Sklolaminát je vysoce pevný a tuhý i při poměrně malé tloušťce stěny. Má výbornou chemickou odolnost, je rezistentní vůči ultrafialovému záření a má velmi dobré hydraulické parametry. Díky nízké hmotnosti se mohou trouby vyrábět o délce až 18 m. Trouby ze sklolaminátu jsou v rozsahu od -40 °C do 100 °C teplotně stálé a ani při velkých teplotních rozdílech neměknou. Sklolaminát je třeba likvidovat jako nebezpečný odpad, kvůli obsahu pryskyřice. [4]

Výhody:

- Možnost výroby trub s různou silou stěny při standardním vnějším průměru,
- velmi dobrá chemická odolnost a odolnost proti obrusu,
- nízká hodnota hydraulické drsnosti,
- volitelnost kvalitativní třídy trub podle požadavků na tepelnou a chemickou odolnost,
- malá hmotnost.

Nevýhody:

- Komplikované dodatečné připojení u trub větších dimenzí,
- nižší odolnost trub proti poškození úderem a bodovému zatížení,
- nízká trvalá maximální teplota vody 35 °C,
- velký vliv lidského faktoru při pokládce,
- ekologická závadnost odpadu.

Sklolaminát se do hustých městských zástaveb příliš nehodí, kvůli problematice s napojováním přípojek. Navíc v malých průměrech je k nabídce hodně materiálů, které mají do husté městské zástavby lepší možnosti. Naopak u velkých průměrů (DN 1000) mají mnohem lepší uplatnění. U takto velkých průměrů už není tolik konkurenčních materiálů a uplatní se zde především z důvodu možnosti jejich výroby v potřebných třídách tuhosti. Životnost podle výrobce je udávána 100 let, nejstarší sklolaminátové potrubí je v provozu 40 let. [1,4]

3.5.8 Čedič

Jeden z nejlepších materiálů pro stokové sítě je čedič, popř. materiály na bázi čediče. Vyrábí se z něj obložení vnitřních stran potrubí. Díky použití obložení se výrazně prodlužuje životnost daného potrubí. Čedičové prvky se používají na stoky kruhové, vejčité i tlamové. Uplatníme ho hlavně tam, kde se dopravuje abrazivní, nebo erozivní materiál. Nebo v místech, kde dochází k velkým rychlostem v potrubí nebo objektech stokové sítě (spadiště, retardéry). Čedič je použitelný pro odpadní vody v rozmezí pH 3 až 13. Je korozivzdorný, zcela nenasákový, mrazuvzdorný a odolným proti teplotním šokům do 150° C. Díky svým vlastnostem je použitelný až do 400 °C. [4]

Tabulka 10: Fyzikální vlastnosti čediče [4]

Objemová hmotnost	2950 kg/m ³
Pevnost v tlaku min.	450 MPa
Pevnost v ohybu min.	45 MPa
Maximální obrusnost	5 cm ³ /50cm ²
Maximální odolnost proti opotřebení	110 mm ³
Užitná teplota	400 °C
Životnost	150 let

Díky svým skvělým vlastnostem je čedič nejlepší a nejodolnější materiál, který lze použít do stokových sítí. Tato kvalita je ale vyvážena vysokou cenou. Průměrná životnost čediče je 150 let. [4]

3.6 Způsoby připojení kanalizačních přípojek

Kanalizační přípojka je samostatná stavba tvořená úsekem potrubí od vyústění vnitřní kanalizace stavby nebo odvodnění pozemku k zaústění do stokové sítě. Kanalizační přípojky nejsou vodním dílem. [6]

Základním podkladem v oblasti kanalizačních přípojek je norma ČSN 75 6101 – Stokové sítě a kanalizační přípojky [7]:

- Každá nemovitost má mít vlastní kanalizační přípojku. U rozsáhlých objektů je možné napojení více přípojkami.
- Nejmenší jmenovitá světlost kanalizační přípojky je DN 150. Při světlosti větší jak DN 200 je nutné doložit hydrotechnický výpočet.
- Nejmenší dovolený sklon kanalizační přípojky u DN 200 je 1 %, u DN 150 jsou 2 %. Největší dovolený sklon kanalizační přípojky je 40 %.
- Kanalizační přípojky do DN 200 se připojují na stoky pod úhlem 45° až 90° ve směru toku stoky. Napojují se mezi šachtami.

Při výstavbě nových stokových sítí nebo při jejich opravách jsou v projektem určených místech osazeny odbočné tvarovky pro kanalizační přípojky nebo v místech, kde je budoucí připojení přípojek předpokládáno. Právě proto by měla být projektová dokumentace provedena podle co nejpodrobnější územně plánovací dokumentace, nejlépe podle regulačního plánu. Ten totiž stanovuje využití jednotlivých pozemků a podle něj pak lze určit vhodnou polohu všech odbočných tvarovek pro budoucí výstavbu kanalizačních přípojek. [4]

3.6.1 Dodatečné připojení kanalizačních přípojek

Jednou z hlavních příčin snížené životnosti kanalizací jsou špatně provedené přípojky. S přihlédnutím ke stávajícím technickým možnostem a provozním požadavkům existují následující způsoby zřízení dodatečných kanalizačních přípojek [13]:

Vkládání továrně vyráběných tvarovek

Tato metoda je ideální z hlediska hydrauliky, provozu pevnosti a čištění. Nevýhodou je jen dostupnost a cena vhodných tvarovek. Z těchto důvodů se používá na hlavní potrubí jmenovité světlosti DN 100 až DN 400 mm. Proti problémům se sedáním se vložená tvarovka upevňuje dvěma nebo třemi pružnými stahovacími spojkami nebo přesuvkami. [13]

Dodatečně vkládání šachet s odbočkou

Tento způsob je ideální pro opravy a čištění. Nevýhodou jsou velmi vysoké pořizovací náklady a zbytečně vysoké množství šachet na hlavním řadu. Možnou alternativou je vložení relativně levné inspekční a čistící šachty do vhodného místa přípojky. Při dodatečné montáži se šachta napojí dvojicí pružných stahovacích spojek nebo přesuvek. [13]

Vrtané odbočky s těsnícím kroužkem

Tato metoda se pro domovní přípojky již nepoužívá. Je velice nevhodná z důvodu průniku potrubí do profilu hlavního potrubí. Dále pak kvůli výraznému zeslabení pevnosti v místě vývrtu. Naprosto nevhodná je pro profily menší jak DN 400, jelikož poměr mezi DN hlavního potrubí a DN přípojky by měl být vždy větší jak 2,6. [13]

Nalepovaná kolmá nebo šikmá sedla

Na stavbách se tato metoda kvůli vlivu klimatických podmínek, riziku selhání lidského faktoru a dalším negativním vlivům používá minimálně. Je vhodná pouze pro tovární podmínky. [13]

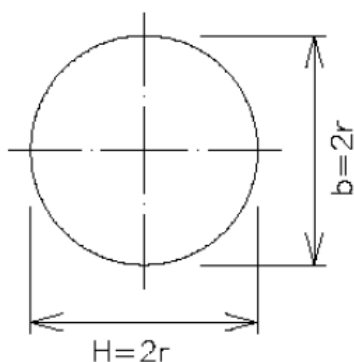
Mechanicky upevněná přípojovací sedla

Díky moderním sedlům, které se vyznačují vysokou spolehlivostí, univerzálností, odolností, regulací těsnícího tlaku, regulací hloubky zasunutí, relativně malým průměrem vrtaného otvoru i jednoduché instalaci může být tato metoda kompromisem všech kladených požadavků. [13]

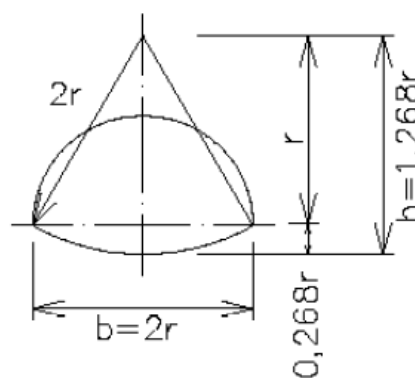
3.7 Tvary stokových sítí

Návrh tvaru příčného profilu stoky je dán konkrétními hydraulickými, provozními, stavebními (statickými), ekonomickými, geologickými a jinými požadavky. Obecně se pro stoky doporučuje používat základní tvary [1]:

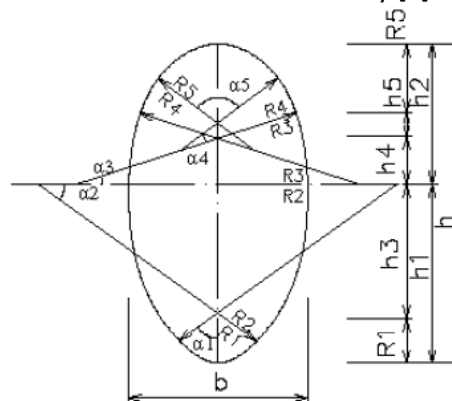
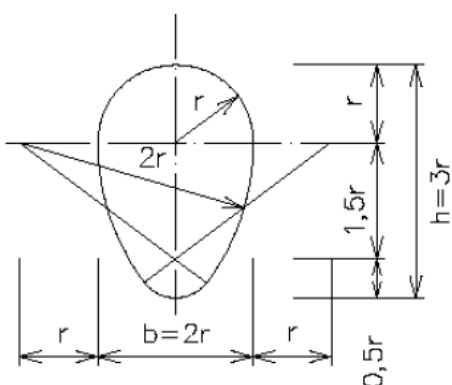
- Kruhový,
- Tlamový,
- Vejčitý.



Obrázek 3: Kruhový [1]



Obrázek 4: Tlamový [1]



Obrázek 5: Vejčitý (Viedeňský) a Vejčitý (Pražský normál) [1]

Tabulka 11: Vlastnosti vybraných profilů [1]

Tvar stoky	Klady	Zápory
Kruhový	<ul style="list-style-type: none"> • Nejjednodušší výroba prefabrikátu • Nejvýhodnější pro čištění 	<ul style="list-style-type: none"> • Staticky méně výhodný, než vejčitý
Tlamový	<ul style="list-style-type: none"> • Navrhuje se ve stísněných geologických poměrech (nízké nadloží) 	<ul style="list-style-type: none"> • Hydraulicky nejméně příznivý (koncentrace odtoku v potrubí) • Staticky nejméně výhodný
Vejčitý	<ul style="list-style-type: none"> • Nejlepší hydraulické vlastnosti (koncentrace odtoku v potrubí) • Staticky nejvýhodnější 	<ul style="list-style-type: none"> • Lze ho navrhnout při dostatečné výšce nadloží

Kruhové stoky jsou definovány vnitřním průřezem D [mm], ostatní tvary poměrem šířky k výšce ($b : H$) [mm]. Pro všechny základní profily jsou uvedeny běžně používané rozměry a údaje pro hydraulické výpočty při plném průtoku, vztahem [1]:

$$R = \frac{S}{O} \quad (1)$$

Kde R je hydraulický poloměr [m]
 S – průtočná plocha [m²]
 O – omočený obvod [m]

Za nejmenší průlezný profil stok se pokládá kruhový profil 800 mm, u ostatních tvarů profil s minimální šířkou 600 mm a minimální výškou 800 mm. Za nejmenší průchozí profil se považuje profil s minimální šířkou 600 mm a minimální výškou 1500 mm. Pro gravitační stokové sítě se používají profily DN 250 pro kameninu a plasty, DN 300 pro ostatní materiály. [1]

3.8 Objekty stokových sítí

V této práci se budeme zabývat jen nejdůležitějšími objekty, které jsou prováděny s tématem. Pro úplnost jsou zde vyjmenovány všechny objekty, se kterými se můžeme setkat na stokové síti.

Stoková síť je tvořena stokovými úseky a objekty. Objekty je nutno budovat pro zajištění spolehlivé, bezporuchové, hospodárné a nezávadné funkce stokové sítě a aby se mohly bezpečně vykonávat práce potřebné při provozu, čištění a údržbě stok. [1]

Podle účelu dělíme stokové objekty na [1]:

- Vstupní šachty
- Spojné šachty
- Spojné komory
- Rozdělovací komory
- Spadiště
- Skluzy
- Uliční vpusti
- Lapače splavenin
- Kanalizační přípojky

- Shybky
- Podchody pod dráhou a silničními komunikacemi
- Proplachovací objekty
- Odlehčovací komory
- Dešťové nádrže
- Větrací zařízení
- Sněhové svrže
- Výpustní objekty
- Čerpací stanice

4 Obecný popis poruch stokových sítí

Poruchou se rozumí stav, kdy stoková síť nemůže plnohodnotně plnit svoji funkci. [2]

Technickou úroveň, funkčnost a životnost kanalizačních staveb ovlivňují dva základní faktory [4]:

- Lidský faktor – činnost vlastníka, správce, projektanta, zhotovitele, provozovatele a uživatelů.
- Technický faktor – kvalita a úroveň technických parametrů staveních materiálů a prací. Geologické a hydrologické podmínky, změna zatížení území.

4.1 Narušení stability stoky

U tuhých a zděných stok se narušení jejich stability projevuje prasklinami a trhlinami, které se vyskytují jednotlivě nebo jako celý systém v různých směrech a velikostech. Zlomy trub v příčném směru k ose trouby, deformace trub, nejčastěji stlačením profilu ve svislém směru, vpadnutí střepe trouby, případně vnikem okolní zeminy. Poslední takovou poruchou je zborcení stoky. Příčinami narušení stability stoky mohou být [4]:

- nedostatečná pevnost trub ve vrcholovém tlaku,
- dodatečné přetížení terénu, zvýšení zatížení vlivem změny provozu nebo vlivem okolních staveb,
- špatně provedená pokládka trub,
- vyplavováním podloží a podsypu trub,
- dlouhodobě působící koroze či abraze vlivem průtoku odpadních vod.

4.2 Polohové odchylky stok vertikální a horizontální

Začátky těchto poruch jsou již při výstavbě, a to v důsledku hlavně chybně provedených podkladních konstrukcí, nevhodnému návrhu podkladních konstrukcí, nerovnoměrné únosnosti základové spáry výkopu, nerovnoměrným zhutněním podsypu a okolí trub, špatnou sousostí trub, nerovnoměrným sedáním podloží a vyplavováním podloží. [4]

Následnými důsledky jsou [4]:

- usazování materiálu ve stoce v místech jejího obráceného spádu,
- poruchy stoky ve spojích,
- porušení a netěsnost přípojky v místě jejího napojení,
- poruchy trub v místě jejich namáhání smykem.

4.3 Poruchy spojů trub

Nejčastějšími příčinami poruch trub jsou [4]:

- neodborně provedený spoj,
- poklesy jednotlivých trub v podélném směru stoky,
- velká ovalita pružných trub a nesouosost trub tuhých.

Důsledkem jsou hlavně jejich netěsnost a vnik balastních vod do stoky, nebo naopak únik odpadních vod ze stoky do podloží. Netěsnými hrdly pak mohou prorůst kořeny stromů a keřů. Poruchy v hrdlech trub brání nasazení kořenořezů a fréz. Neodstranění těchto kořenů pak může vést ke snížení kapacity trub a následnému ucpání stoky. [4]

4.4 Vnitřní koroze stoky

Dlouhodobým působením agresivních odpadních vod vede k plošnému porušení povrchu stok. Děje se tak zpravidla použitím nevhodného materiálu pro konkrétní druh odpadních vod, nedostatečným odvětráváním betonových stok, vypouštěním nedovolených látek z průmyslových podniků, na které není stoka připravena nebo při špatném návrhu stoky s minimálním sklonem, kdy dochází k biochemickému rozkladu organických látek ve stoce. [1]

Následným důsledkem je degradace vnitřního povrchu stoky a v dlouhodobém působení může dojít i k ztrátě stability. [4]

4.5 Chybné napojení přípojek

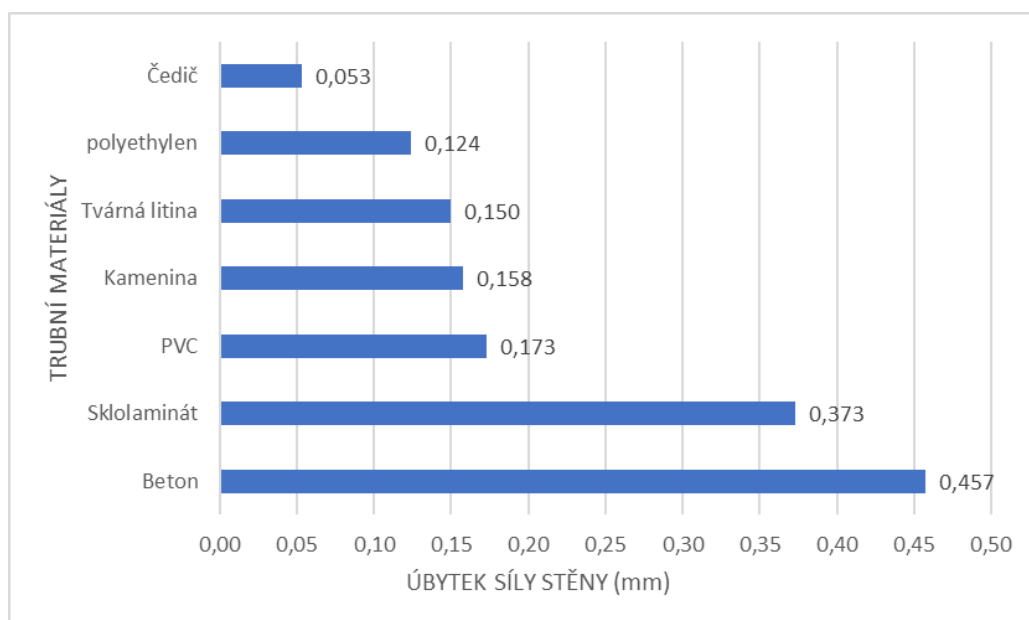
Kanalizační přípojky na jakémkoliv materiálu, které se provádí buď při výstavbě nebo dodatečně, jsou méně náchylné k chybným provedením. Velmi nevhodné provedení je při výseku do stávajícího potrubí, ať už betonového, nebo z kameniny a nasunutí potrubí přípojky do vybouraného otvoru potrubí. [4]

Častými důsledky pak jsou narušení potrubí prasklinami, zmenšení průtočného profilu stoky a vznik místa náchylného k ucpávání, vznik netěsnosti v potrubí a možný vnik balastních vod, nebo únik odpadních vod. [4]

4.6 Porušení stoky abrazi

Při transportu odpadní vody působí jemné a hrubé látky a částice a způsobují abrazi (obrus) u vnitřních stěn trub. U zděných stok vymílají spáry cihelného zdiva. Příčiny porušení stok mohou být nevhodně zvolený materiál stoky, velké rychlosti odpadní vody způsobené velkými sklony, splavování písku, šterku a jiných stavebních materiálů do stok. [4]

Důsledkem pak je špatná hydraulika trub, postupná degradace trub, která vede ke snížení statické únosnosti stoky a vznikající netěsnosti vlivem perforace dna. [4]



Obrázek 6: Průměrné hodnoty abraze trubních materiálů po 100 000 cyklech [5]

4.7 Zanášení stok

Jedná se zpravidla o důsledek špatně navržené hydrauliky stok. Při malé návrhové rychlosti dochází k usazování sedimentů odpadních vod. Pak je provozovatel stoky povinen pravidelně proplachovat tyto stoky, aby nedocházelo k zanášení a snížení kapacity. [4]

Další běžnou příčinou je vnik stavebního materiálu do stok při otevření poklopů. Ve spojení se špatným vypouštěním nevhodných látek do stokových sítí, jako jsou lepidla, tuky,

a další, se materiály nalepí na sebe a mohou vytvořit zátky, které pak snižují kapacitu a postupně ve stokách mineralizují. [4]

4.8 Destrukce stoky

K destrukci stoky dochází většinou špatným návrhem stok, špatně zvolený materiál, použitím jiného než předepsaného materiálu či postupu. Působením abraze, korozi, vymíláním podloží, občasný výskyt tlakového režimu. Jen výjimečně dochází k destrukci stok v důsledku náhlého zvýšení zatížení terénu nad stokou. [4]

Tento havarijní stav je třeba co nejrychleji odstranit. Je velmi finančně nákladný. Zborcení stok je provázeno vzduťm odpadních vod do výše položených úseků stok a do domovních přípojek. Může se projevit značným poklesem terénu, nebo v horším případě i úplnou erozí okolo stoky a následným propadem terénu u větších stok. [4]

4.9 Netěsnost stok

Důsledkem netěsnosti stok je odtok nebezpečné odpadní vody, která vymílá podloží trouby a vzniká tak nebezpečné ohrožení stability stoky, nebo naopak vnik balastních vod do stoky, které pak snižují kapacity stok a nežádoucně zatěžují čistírnu odpadních vod. [4]

Tyto netěsnosti, které vznikají při nekvalitní výstavbě stok, se zjišťují před záhozem stoky, zkouškou vodotěsnosti stoky. Netěsnost může však vzniknout i za běžného provozu, tyto netěsnosti se zjišťují kamerou. [4]

Tabulka 12: Nejčastější zjištěné vady dle United States Environmental Protection Agency [8]

Porucha	Betonové trouby	Železobetonové trouby	Tvárná litina	Kameninové trouby	Cihly	PVC	HDPE
Vnitřní povrch potrubí							
Vnik kořenů	•	•	•	•	•		•
Vytváření tuku	•	•	•	•	•	•	•
Stav stěny potrubí							
Trhliny/ prasklé potrubí	•			•			
Vnitřní koroze		•	•				
Vnější koroze		•	•				
Exfiltrace							
Celková Exfiltrace	•		•	•	•	•	
Exfiltrace ve spojích		•					
Postranní exfiltrace			•				•
Kvalita provedení							
Vadné napojení potrubí			•			•	•
Posunutý trubní spoj	•		•	•			
Nadměrná deformace						•	•
Kvalita (životnost)						•	•
Ostatní	1				2	3	4

1 - Vadný svar potrubí

2 - Chybějící cihly, chybějící malta, destrukce

3 - Boční spoje

4 - Tlaková kapacita

5 Čištění stokových sítí

Čištění je součástí údržby, průzkumu stokových sítí a podle zjištěného stavu se provádí i před každou opravou či obnovou. Jsou jím odstraňovány sedimenty, znečištění a jiné překážky uvnitř potrubí, které znemožňují určení stavu potrubí a vyhodnocení jeho vad. Volba způsobu čištění musí být zvolena podle znečištění a složení sedimentů, současně se musí dbát ohled i na druh materiálu a ostění stokové sítě. Doporučuje se používat takové čištění, které nevyžaduje obsluhu uvnitř stokové sítě. U vysokotlakého čištění je volen takový tlak vody, aby neporušil konstrukci stokové sítě. Někdy totiž dochází, kvůli nekázní obsluhy, k destrukci stok, kvůli příliš vysokému tlaku, kterému materiál není schopný odolat. [9]

Způsobů čištění podzemních trubních sítí je spousta, dělíme je do skupin na [9]:

- hydraulické,
- mechanické,
- hydraulicko-mechanické.

5.1 Metody hydraulického čištění

Všechny metody hydraulického čištění jsou na základě proplachu vody a práce s ní.

5.1.1 Proplachování

Proplachování stokové sítě je nejstarším čištěním a dnes se používá jen výjimečně.

Dělí se na dvě metody [9]:

Proplachování vlnou

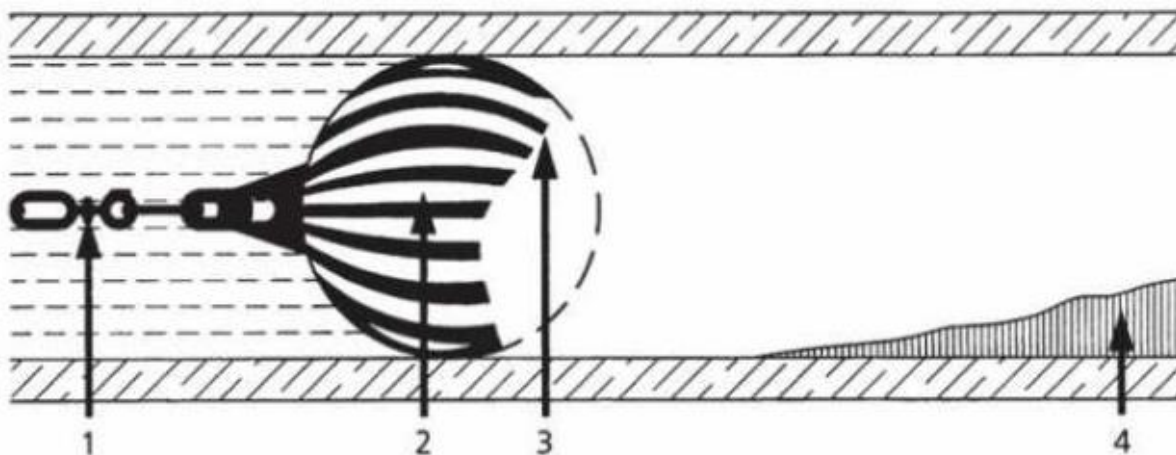
Principem u této metody je zadržení odpadní vody v proplachovacích šachtách nebo proplachovacích nádržích, které se osazují na stokovou síť právě při této metodě. Proplachovací délka se zpravidla volí v rozmezí 100 až 200 m. [9]

Proplachování zpětným vzdutím

Při této metodě se do stokové sítě zasouvají speciální nástroje, jako např. proplachovací štíty, čistící koule atd. Tyto speciální nástroje vytvářejí v toku ucpávku, za níž

je zadržována (vzdouvána) odpadní voda. Zařízení, na které působí tlakem zadržovaná voda, se pohybuje a tlačí před sebou sedimenty. [9]

Obě metody jsou založeny na zvýšené rychlosti proudění vody, při jejímž pomoci jsou odstraňovány sedimenty. [9]



Obrázek 7: Čistící kanalizační koule [9]

1 – spojka, 2 – čistící koule, 3 – žebrování, 4 - sedimenty

5.1.2 Vysokotlaké čištění

V současné době je vysokotlaké čištění vodou nejpoužívanější metoda pro čištění stokových sítí od cizích těles a sedimentů. Nepoužívá se k odstranění tvrdých sedimentů, kořenů nebo přesahujících přípojek. Principem této metody je čerpání vody vysokotlakým čerpadlem z cisternového vozidla hadicí do trysky. Tryska osazená vložkami, které vytváří vodní paprsek a působí vysokým tlakem přímo na stěnou potrubí, je umístěna uvnitř potrubí. Tryskající paprsky vytváří hydraulický účinek, obvykle o tlaku do 15 MPa (150 bar), který čistí potrubí rozpojením a rozvířením sedimentů. Pokud účinky vodního paprsku nedostačují k odstranění tvrdých sedimentů, používají se speciální tlakové trysky, frézovací nástavce a hlavice nebo řetězové čističe. Voda na čištění je brána z hydrantů. [9]

5.1.3 Sání

Čištění stokových sítí sáním je prováděno v průlezných a průchozích stokách o velikosti DN 1000 a větších. Tento způsob vyžaduje obsluhu přímo v potrubí. U této metody jsou vyžadovány minimální průtoky a technika s výkonem 2000 m³/h. [9]

5.1.4 Řezací zařízení – vysokotlaký vodní paprsek

Řezací zařízení je využíváno k řezání překážek, které brání průtoku uvnitř trub. Využívá při tom tlak vodního paprsku až 80 MPa (800 bar). Při řezání je spotřeba vody asi 70 l/min. Řezání je kontrolováno pomocí televizní kamery. [9]

5.2 Metody mechanického čištění

Mechanické čištění se dělí podle způsobu provádění a použitého materiálu.

5.2.1 Ruční nebo strojní těžení

Toto těžení funguje na principu mechanických rozrušování sedimentů v průchozích profilech stokových sítí. Rozrušené sedimenty jsou následně dopravovány na povrch. K tomuto čištění se využívají lopaty, krumpáče, sbíjecí kladiva, nakladače atd. [9]

5.2.2 Čištění čistícím zařízením

Tento způsob má dvě fáze. V první fázi dochází k porušení a nakypření usazenin a naplavenin. V druhé fázi dochází k odstranění těchto materiálů z profilů potrubí. U stokových sítích se k rozrušení a nakypření sedimentů používají lanem tažená kanalizační vědra. [9]

5.2.3 Dálkově řízená zařízení

Tato zařízení se používají především u neprůchodných profilů k odstraňování zpevněných usazenin, přesahujících přípojek a kořenů. Zařízení se dělí podle pracovního principu na úderná, vrtná a frézovací, točivě úderná a řezací mechanická. [9]

5.3 Metody hydraulicko-mechanického čištění

Tato metoda se používá u tlakových potrubí. Používají se u přímých úseků konstantního profilu a do délky 800 m. Dají se používat v profilech, kde je dostatečné množství vody a přetlak. U tohoto způsobu se uplatňují tři metody: čištění nástroji upoutanými na laně, čištění neupoutaným nástrojem s vysílačem a lasičkování, tj. čištění s použitím speciálních nástrojů z pružného materiálu. [9]

6 Průzkum stokových sítí

Průzkum stokových sítí se provádí jako kontrola stavu, za účelem posouzení rozsahu poruch a naléhavosti oprav a obnovy. Pokud byla provedena oprava, je následně proveden průzkum kvůli kontrole provedení opravy. [9]

Kontrola u průlezných profilů je jednodušší než u neprůlezných. Je totiž možné projít pracovníkem dané úseky s kamerou a vše pečlivě zaznamenat. [9]

Kontrola u neprůlezných profilů se provádí pomocí těchto metod [9]:

- vizuální prohlídka TV kamerou nebo zrcadlem,
- měření deformací profilu potrubí,
- zjišťování stavu stěny trouby a dutin za ostěním pomocí georadarů.

U neprůlezných stokových sítí je nejběžnějším způsobem průzkumu vizuální prohlídka pomocí inspekčního systému. V tomto systému jsou obsaženy kamerové vozíky a inspekční zařízení, které je buď přenosné, nebo je pevně zabudované v inspekčním voze. Obrovskou výhodou je možnost okamžitého tisku zvětšeného snímku v inspekčním voze. Na základě průzkumu je pak vyhodnocen stávající stav stokové sítě. [9]



Obrázek 8: Kamerový vozík s inspekčním zařízením [9]

Hodnocení stavu stokových systémů je možné dalšími experimentálními metodami, kterými se zabýval výzkumný projekt „Innovation and Research for Water Infrastructure for the 21st Century“. [2]

Z výzkumného projektu jsou zde shrnuty některé dostupné technologie inspekcí. Jsou to akustické technologie (detekce netěsnosti, sonarové a ultrazvukové metody), elektrické a elektromagnetické metody (elektrická metoda sledování netěsnosti), měření průtoků, ultrazvukové testovací systémy, gamma logging). V ČR tyto metody nejsou běžně využívány. [2]

Dnes je nejčastější metodou zjišťování stavu stok pravidelná preventivní prohlídka kamerovou inspekcí. Ty by se měly provádět alespoň 1 x za 5 let. Bohužel je s ohledem na velký rozsah stokových sítí, rychlost inspekce a náklady kamerové inspekce tento čas prohlídky spíše jen teoretický. [2]

Pro zaznamenávání poruch se využívá norma ČSN EN 13 508, díky které je možné získat poměrně podrobné informace na úseku stokové sítě. Informace se týkají velikosti a typu poruch, jejich staničení a polohy v příčném profilu. Pomocí kamerové prohlídky je pak možné získat protokol se všemi popsányými informacemi. [2]

6.1 Zatřídění poruch podle průzkumu

Po kamerovém průzkumu následuje zatřídění poruch konstrukcí kanalizačních potrubí a přípojek podle ČSN EN 13 508-2+A1. Tato norma má pro jednotlivé poruchy své vlastní kódy. Podrobný popis kódů se vztahuje ke konstrukcím kanalizačních stok a přípojek a k provozu stok a přípojek. Pro zpřehlednění jsou zde uvedeny. [11]

Kódy vztahující se ke konstrukci potrubí [11]:

- BAA – Deformace
- BAB – Praskliny
- BAC – Rozlomení/destrukce stok a kanalizačních přípojek
- BAD – Poškozená vyzdívka nebo zdivo
- BAE – Chybějící malta
- BAF – Poškození povrchu
- BAG – Vyčnívající (předsazená) kanalizační přípojka
- BAH – Vadné napojení kanalizačního potrubí
- BAI – Vyčnívající těsnící materiál potrubí

- BAJ – Posunutý vnitřní spoj
- BAK – Pozorované poškození vnitřní výstelky nebo obložení stok a kanalizačních potrubí
- BAL – Chybná oprava
- BAM – Vadný svar potrubí
- BAN – Porézní potrubí
- BAO – Okolní zemina je viditelná z důvodu poškození potrubí
- BAP – Z důvodu poškození potrubí je viditelný dutý prostor (kaverna)

Kódy vztahující se k provozu potrubí [11]:

- BBA – Kořeny
- BBB – Ulpívající látky
- BBC – Usazeniny
- BBD – Pronikající okolní zemina
- BBE – Jiné překážky
- BBF – Infiltrace
- BBG – Exfiltrace (průnik)
- BBH – Škůdci

Svoje zařazení má i Německá norma ATV-M 143E, která po kamerovém průzkumu zařazuje poruchy podle kódu. Kódy obsahují 1 až 4 písmena, která vyjadřují danou poruchu. Pro příklad jsou zde některé z nich uvedeny [12]:

- B – Rozlomení stoky, destrukce
- C – koroze
- D – Deformace trub
- H/HF – Překážka/pevná usazenina
- HP – Vrostlé kořeny
- R – Praskliny
- SE – Vyčnívající (přesazená) přípojka
- U – Netěsnosti
- V – Mechanický obrus
- W – Infiltrace vody

7 Metodiky pro vyhodnocení stavu stokových sítí

Po průzkumu a zjištění vad, které se zaznamenají dle normy ČSN 13 508-2, je potřeba vyhodnotit stav stokové sítě a následně určit prioritu potřeby sanace. Určuje se hlavně naléhavost opravy, jestli je třeba okamžitý zásah, nebo zda vůbec je potřeba oprav. V porovnávaných metodikách se využívá kromě ČSN EN 13 508-2, také zatřídění poruch či vad podle ATV – M 143 Inspekce, oprava, sanace a renovace stokové sítě, kanalizačních přípojek a vnitřní kanalizace. [10]

Kvůli velkému počtu kilometrů stokových sítí, je třeba při opravách jednotlivých úseků stanovit priority pro okamžitou opravu (havárie) nebo opravu v krátkodobém či dlouhodobém horizontu. [2]

7.1 Nástroje

Pro stanovení priority oprav existují různé metodiky založené na dlouhodobém pozorování se statistickou databází vyhodnocení poruch pro různé typy materiálů s různým stářím a velikostí profilů nebo jsou založeny na aktuálním stavu, který byl zjištěn při průzkumu. Některé metodiky využívají 1D hydraulický model pro stanovení přetěžovaných úseků. [2]

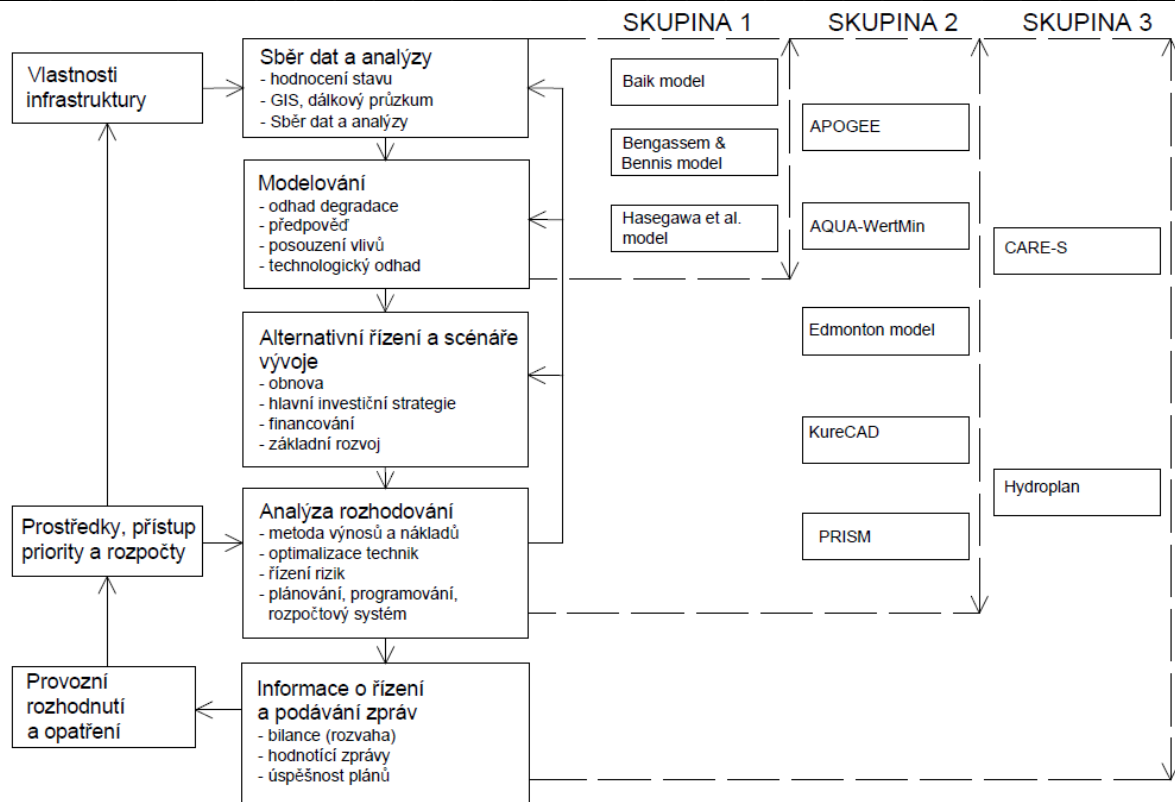
Obecně známe tři skupiny těchto nástrojů [2]:

- Nástroj pro rozbor parametrů sítě (skupina 1):
 - Baik model
 - Hasegawa et al. Model
 - Bengassem and Bennis model
- Rozhodovací nástroj pro rozbor parametrů sítě (skupina 2):
 - APOGEE
 - AQUA-WertMin
 - KureCAD
 - PRISM
- Komplexní nástroj pro provoz stokové sítě (skupina 3):
 - HYDROPLAN
 - CARE-S

Rozsah těchto nástrojů je zaznamenán v tabulce 13.

Tabulka 13: Rozsah nástrojů pro vyhodnocení stavu stokové sítě [2]

Nástroje		Popis dat																								
		Materiál trub	Stáří trub	Délka trub	Průměr trub	Tloušťka trub	Tvar trub	Hloubka potrubí	Typ potrubí	Drsnost potrubí	Sklon potrubí	Umístění potrubí	Údaje o stavu	Závady/ historie	Data průtoku	Míra úniku	Údaje o půdě	Využívání půdy	Doprava/ silnice	Lokace stromů	Údaje o podzemní vodě	Populace	Geotechnika	Typy spojů	Ekonomické údaje	Technologie opravy/ náklady
Skupina 1	Baik	•	•	•	•		•	•		•		•		•	•	•		•			•					
	Bengassem Bennis			•	•					•	•	•	•	•									•			
	Hasegawa et al.	•	•	•	•			•				•			•	•	•		•			•			•	
Skupina 2	APOGEE	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•		•					•
	Aqua-Wertmin	•	•	•	•		•				•	•	•			•	•							•	•	•
	Edmonton	•	•	•	•			•					•				•						•			•
	KureCAD	•	•	•	•						•	•	•	•					•	•				•	•	•
	PRISM	•	•	•	•				•				•													•
Skupina 3	CARE-S	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	HYDROPLAN	•	•	•	•		•	•	•		•	•	•									•				•



Obrázek 9: Obecné nástroje infrastruktury pro správu aktiv v různém období [5]

Jak je vidět z tabulky 13, nepodporují tyto nástroje veškeré funkce. Je z ní vidět, že největší spektrum zabírá nástroj CARE-S. Tyto nástroje pracují na základě dat a nejsložitější částí je tyto data shromáždit a upravit do vhodného a správného formátu, aby nástroje správně fungovaly. Data musí být kvalitní, často jsou v nich chyby, které prodlužují proces zadávání, nebo řada informací není známa. Velkým problémem je, že data u řady stok neexistují, nebo je má provozovatel pouze v rámci výkresů nebo technických zpráv z jednotlivých oprav. Dalším problémem dat je lidský faktor, jelikož data shromažďují většinou sami provozovatelé a každý člověk může danou situaci vyhodnotit jinak. Shromažďování a úprava dat může v určitých případech zabrat až 90 % práce, zbylých 10 % je samostatné použití nástroje. [2]

V poslední době většina provozovatelů data doplňuje a nechávají si zpracovávat pasporty a chybějící údaje u nezdokumentovaných úseků. Z posledních let má tedy řada provozovatelů digitální databázi s údaji výstavby a oprav. [2]

V České republice není žádná obecně platná metodika. Kvůli tomu si sami provozovatelé přebírají a upravují, nebo vyvíjejí vlastní postupy, které jsou založeny na bodování významných poruch v kombinaci s určitým typem materiálu, jeho životnosti a zkušenostech zaměstnanců. Provozovatelé ale v rámci svého know-how tyto metodiky příliš nepublikují. [2]

7.1.1 Skupina 1: Nástroje pro rozbor parametrů sítě

Baik model (US)

Model Baik byl vyvinut v roce 2006. Tento model má za cíl předpovědět budoucí stav stokových sítí tak, aby provozovatelé mohli včas a s efektivním využitím nákladů připravit průzkum a následnou opravu. Pro odhad model vyžaduje údaje z posouzení stavu existujícího systému. Hodnota stavu potrubí je zjištěna na základě vyhodnocení z průzkumu pomocí 108 kritérií, např. deformace, přítomnost kořenů atd. [15]

Podpora tohoto modelu je nedohledatelná a je tedy prakticky nepoužitelný.

Bengassem and Bennis model (Kanada)

Tento model byl vyvinut v roce 2000. Model je systematickou metodikou pro vyhodnocení konstrukčních a hydraulických podmínek stokového systému pomocí přibližného odvozovacího systému (fuzzy inference) jako pomůcky při vývoji údržbového programu. Metoda zahrnuje konstrukční kontrolu a hydraulickou simulaci pro vyhodnocení stavu stokové sítě. Fuzzy teorie se pak aplikuje všechny vyhodnocovací faktory. Při hodnocení konstrukčních vlastností jsou zohledněny tři aspekty [15]:

- 1) vnitřní (porucha potrubí),
- 2) vnější (charakteristiky potrubí a charakteristiky prostředí ovlivňující degradaci potrubí, např. geotechnické faktory, hydrogeologické faktory)
- 3) riziko místa na poruchu (tj. povaha lokality, složení půdy atd.). Každé potrubí je potom bodově ohodnoceno od 0 do 100, což značí její stav na základě tří rozdílných hledisek.

Podpora tohoto modelu je nedohledatelná a je tedy prakticky nepoužitelný.

Hasegawa et al. Model (Japonsko)

Hasegawa et al. Model byl vyvinut v roce 1999. Tento model odhaduje stupeň nutnosti opravy stávajících stokových potrubí na základě čtyř hledisek [15]:

- 1) snížení kapacity potrubí,
- 2) možnost propadu komunikací,
- 3) přetečení kanalizace ovlivněnou infiltrací
- 4) zvýšení nákladů na opravu v důsledku infiltrace

Průzkum se provádí kamerovou prohlídkou a z výsledků se zjistí snížení kapacity potrubí. To se stejně jako možný propad komunikace dělí do dalších 3 kategorií. Možnost propadu komunikace se vyhodnocuje pomocí indexu pravděpodobnosti sestaveného z poruch kanalizace. Vliv infiltrace se zjišťuje na základě simulačního modelu. Priorita je zjištěna na základě kombinace těchto čtyř hledisek. Potrubí s největší hodnotou má pak největší prioritu opravy. [15]

Model je prakticky nepoužitelný kvůli nedohledatelné podpoře.

7.1.2 Skupina 2: Rozhodovací nástroj pro rozbor parametrů sítě

APOGEE (Francie)

Tento nástroj je z roku 1989. APOGEE je systém podporující rozhodování s cílem optimalizace ročního plánování a údržby stokových sítí. Má tři základní části [15]:

- 1) Databáze – obsahuje informace shromážděné prostřednictvím průzkumů týkajících se příznaků poruch v různých částech sítě.
- 2) Odborný systém – je diagnóza stavu stokové sítě na základě údajů z databáze. Pracuje jako modelování mechanismů ovlivňujících selhání stokové sítě v pěti kategoriích: hydrologii a hydrogeologii, nadměrné zatížení sítě, abrazi a agresivité odpadních vod atd.
- 3) plánovací modul – plánuje zásahy na opravu stokové sítě a stanovuje způsob opravy. Při definování, hodnocení a výběru sanačních opatření založených na technických a environmentálních kritériích využívá přístup založený na více kritériích.

Podpora tohoto modelu je nedohledatelná a je tedy prakticky nepoužitelný.

AQUA-WertMin (Německo)

Tento nástroj je z roku 2001. AQUA-WertMin je počítačový program navržený tak, aby napomáhal provozovatelům stokové sítě při plánování inspekci TV kamerou a údržby. Je tvořen aplikací, která počítá přechod stokové sítě z jedné třídy stavu na nižší třídu stavu v čase. Uživatelé zadávají hodnocení stavu potrubí do aplikace na základě průzkumu. Program pak rozděluje potrubí do šesti kategorií. Kategorie jsou seřazeny od výborného stavu nebo bez pozorovaných závad až po destrukci potrubí nebo potřebu okamžité výměny. Program také počítá pravděpodobnost přechodu do nižší kategorie. Nástroj také obsahuje moduly, ve kterých uživatelé mohou porovnávat náklady různých sanačních strategií na základě ekonomické analýzy nákladů a času na opravu. [15]

Poslední nalezená aktualizace je z roku 2010, podpora z roku 2016 a stránky provozovatele programu jsou aktualizovány. Nástroj je tedy stále ještě možno využívat.

Edmonton modely (Kanada)

Tento model byl vytvořen v roce 2004. Je tvořen třemi modely. Tyto modely byly vytvořeny, aby pomohly městu Edmonton plánovat výdaje na údržbu stokové sítě. Hlavním cílem je odhadnout náklady na opravu stávajících potrubí pouze na základě jeho stavu. První model využívá simulaci založenou na metodě Monte Carlo, která předpovídá stav potrubí na základě věku, materiálu, délky a skutečné doby uložení. Druhý model využívá Markovovu teorii k předpovědi budoucího stavu potrubí (za 5 let), vzhledem k aktuálnímu stavu, věku, druhu materiálu atd. Třetí model předpovídá současné a budoucí náklady na opravu stokové sítě na základě výsledků modelů 1 a 2. [15]

Model je prakticky nepoužitelný kvůli nedohledatelné podpoře.

KureCAD (Finsko)

Tento nástroj byl vyvinut v roce 2001. KureCAD je nástroj založený na nástroji GIS pro řízení oprav stokových sítí s následujícími funkcemi [15]:

- 1) ukládání informací o majetku,
- 2) určení priority potrubí k opravě,
- 3) poskytování dokumentů pro realizaci rehabilitačních plánů.

Údaje o konstrukčním stavu (pevnost a tvar), funkční stav (schopnost transportovat vodu) a netěsnosti (odhadovaná exfiltrace) jsou tři základní typy dat v KureCADu. Pomocí výsledků z průzkumu uživatel zadá hodnotu od 1 (dobrý stav bez nutnosti oprav) do 4 (velmi špatný stav vyžadující okamžitou opravu). KureCAD pak kombinuje hodnoty do jednoho indexu stavu a převede ho do GIS. Z tohoto výsledku lze provést posouzení stavu potrubí včetně stanovení priorit sanace stokové sítě a výpočet nákladů. [15]

Podpora tohoto nástroje je nedohledatelná a je tedy prakticky nepoužitelný.

PRISM (Kanada)

Tento model byl vyvinut v roce 2002. PRISM je počítačový model, který stanovuje prioritu oprav stokových sítí na základě finančních výdajů. PRISM využívá roční rozpočty a nejdříve přiděluje sanační investice do nejdůležitějších tříd potrubí. Třídy potrubí jsou

definovány na základě věku, průměru, materiálu, typu odpadních vod a průměrné hloubky krytí. [15]

Podpora tohoto modelu je nedohledatelná a je tedy prakticky nepoužitelný.

7.1.3 Skupina 3: Nástroje pro správu stokových sítí

CARE-S (Evropa)

Tento nástroj byl vyvinut za podpory grantu EU v roce 2006. CARE-S (Computer-Aided Rehabilitation of Sewer Networks) je systém pro podporu rozhodování při vytváření a udržování efektivního řízení stokových sítí. Tento nástroj má za cíl zajistit, aby byly sanace na stokových sítích provedeny včas a byla zvolena správná technologie. Postup CARE-S se skládá ze čtyř fází [15]:

- 1) Počáteční plánování – tato fáze zahrnuje vytvoření rámce pro opravu stokové sítě, identifikaci a stanovení prioritních oblastí, které mají být opraveny. V této fázi nabízí CARE-S nástroj generující PI, které jsou relevantní pro rozhodnutí o rehabilitaci.
- 2) Diagnostická studie – zahrnuje zkoumání konstrukčních, hydraulických, environmentálních a provozních priorit stokových systémů (stanoveno z kroku 1). CARE-S nabízí řadu detailních modelů pro konkrétní potrubí, které umožňují vyhodnotit hydraulický stav (např. InfoWorks), podmínky životního prostředí (např. CSO Assessment Tool) a konstrukční podmínky (např. GompitZ, WATS 2.0), včetně jejich změny v průběhu času.
- 3) Vývoj řešení – vývoj možného řešení daného problému stokové sítě (stanoven v kroku 2), zahrnuje sestavení integrovaných řešení. CARE-S využívá vícekritériální rozhodovací nástroje pro zařazování prioritních potrubí pro údržbu při výběru vhodných opravných technik. Přiřazení priority pro projekty údržby vychází z konstrukčních, hydraulických, environmentálních a socio-ekonomických kritérií a dalších souvisejících kritérií.
- 4) Provádění a monitorování – zahrnuje provádění opravných prací, provádění operačního plánu, revize hydraulických a ekologických modelů, sledování klíčových ukazatelů výkonnosti, přezkoumání úspěchu plánu údržby a nezbytná revize plánu. Pro splnění těchto úkolů poskytuje modul správce oprav CARE-S obecné pokyny pro jejich provádění. [15]

Poslední zmínka o aktualizaci tohoto nástroje je z roku 2008. Podpora není dostupná a je otázkou, jak je nástroj stále použitelný.

Hydroplan (Belgie)

Tento nástroj byl vyvinut v roce 2006. Hydroplan je integrovaný přístup ke správě stokových sítí založený na posuzování konstrukčních, hydraulických rizik a rizik pro životní prostředí prováděných na strategických prvcích stokové sítě. Postup začíná seznamem aktuální situace a historickými daty, aby se vytvořila počáteční databáze aktiv. Potrubí, která mohou svojí poruchou způsobit největší následné škody, jsou hodnocena na základě několika faktorů, mezi které patří finanční, sociální a ekologické škody. Váhové faktory jsou použity na bodové hodnocení pro označení globální strategické úrovně dané stokové sítě. Po odhadnutí dopadu poruch jsou vypočteny pravděpodobnosti možného selhání stokové sítě. To se provádí na konstrukční úrovni pomocí modelů stárnutí a výsledků průzkumů a na hydraulické a ekologické úrovni pomocí kalibrovaného hydrodynamického modelu (např. InfoWorks). Bodové hodnocení je přiřazeno k poruchám podle jejich závažnosti. Výsledkem jsou dva seznamy, a to krátkodobý seznam akcí údržby a střednědobý a dlouhodobý seznam akcí údržby. Pomocí modelu celkového životního cyklu je určena dlouhodobá investice. [15]

Podpora tohoto nástroje je nedohledatelná a je tedy prakticky nepoužitelný.

8 Metodiky používané v ČR

8.1 Metodika VUT Brno

Tato metodika byla zpracována pro hodnocení technického stavu venkovních systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek, které jsou provozovány jako gravitační. Používá se od místa, kde odpadní vody opouštějí budovu až po místo, kde vtékají do čistírny odpadních vod. [16]

Vyhodnocení této metodiky rozlišuje stavební stav potrubí a hydraulické chování systému. Vyhodnocení je založeno na zjednodušeném bodovém systému, které umožňuje výsledné zařazení stavu potrubí do 5 ti kategorií (viz tabulka 14). [16]

Tato metodika doporučuje posuzované sítě rozdělit na jednotlivé samostatně ucelené celky a to na [16]:

- Kmenové stoky
- Uliční stoky přiléhající ke kmenovým stokám
- Šachty ve vybrané části stokové sítě
- Ostatní objekty
- Strojně-technické části

Tabulka 14: Kategorie zařazení stavu a objektů na stokové síti [16]

Kategorie	Stav	Popis
K1	Velmi dobrý	Optimální stav příslušného ukazatele. Nevyžadují se žádná opatření vedoucí ke změnám tohoto ukazatele. Nepředpokládá se výrazná změna hodnoty ukazatele i v delším časovém období.
K2	Dobrý	Optimální stav příslušného ukazatele. Nevyžadují se žádná opatření vedoucí ke změnám tohoto ukazatele. Nepředpokládá se výrazná změna hodnoty ukazatele i v delším časovém období.
K3	Vyhovující	Průměrné hodnoty příslušného ukazatele, které však nevyžadují okamžitá řešení, ale v budoucnosti lze předpokládat změnu hodnoty ukazatele.
K4	Kritický	Kritické hodnoty příslušného ukazatele. To znamená, že by měla být realizována, případně plánována, opatření na řešení tohoto stavu.
K5	Nevyhovující	Nežádoucí nebo nefunkční stav. Je požadováno dle možností provozovatele okamžitá řešení, které povede k dosažení lepších hodnot příslušného ukazatele.

Stejně jako ČSN EN 13 508-2 a ATV M 143 využívá tato metodika pro popis stavu provedený průzkumem stokové sítě, přípojek a vstupních šachet kódovací systém. Postup hodnocení je stanoven podle technických ukazatelů (**TU**). Dále jsou uvedeny technické ukazatele pro hodnocení technického stavu úseků stokové sítě [16]:

TU 1 – prolomení nebo zborcení trouby - chybí části stěny trouby jako následek trhlin nebo koroze,

TU 2 – trhliny v potrubí,

TU 3 – netěsnost - rozumí se vnikání nebo unikání vody do nebo ze stokového systému, které překračuje doporučené hodnoty pro test na vodotěsnost,

TU 4 – přesazení trubek - rozumí se taková odchylka přesazení trubek vůči sobě, která nebyla plánovaná v projektu ani při výstavbě,

TU 5 – nesprávné uložení v % profilu výšky: v hrdle nebo ve spádu,

TU 6 – prorůstání kořenů,

TU 7 – překážky v odtoku,

TU 8 – obrus (opotřebení) - je postupná ztráta materiálu ze svrchního povrchu tělesa, vyvolaná mechanickým působením, to znamená kontakt a pohyb pevných, tekutých nebo plynných částic tělesa,

TU 9 – koroze - pod pojmem koroze se rozumí reakce materiálu se svým okolím, která způsobí měřitelnou změnu materiálu (objeví se koroze) a může vést k poškození funkce stavebního prvku (dílce) nebo celého systému,

TU 10 – deformace - změna tvaru profilu potrubí,

Pro kanalizační šachty se používají technické ukazatele **TU 1,2,3,4,7,8,9,10** a další dva ukazatele [16]:

TU 11 – poškozené stupadlo nebo žebřík,

TU 12 – poškození poklopu nebo rámu.

Posouzení a vyhodnocení jednotlivých úseků stokové sítě je následně provedeno pomocí technických ukazatelů a pomocí třídy poruch podle kategorií (viz tabulka 15). [17]

Tabulka 15: Technické ukazatele stokových sítí [17]

Technický ukazatel	Popis poruchy		Třída poruchy 1	Třída poruchy 2	Třída poruchy 3	Třída poruchy 4	Třída poruchy 5
			K5	K4	K3	K2	K1
TU 1	Zlomená trouba, zborcení		Zborcení konstrukce	Chybějící části trouby	/	/	/
TU2	Trhliny (b = šíře trhliny v mm)		> 5 mm	2 - 5 mm	0,5 - 2 mm	0,2 - 0,5 mm	< 0,2 mm
TU 3	Viditelná netěsnost		Tekoucí voda	Vlhké, kapající voda	/	/	/
TU4	Přesazení (trubek vůči sobě)	DN < 300	/	> 2 cm	1 - 2 cm	< 1 cm	/
		300 < DN < 600	/	> 3 cm	2 - 3 cm	1 - 2 cm	< 1 cm
		600 < DN < 1000	/	> 4 cm	3 - 4 cm	2 - 3 cm	< 2 cm
		1000 < DN	/	> 5 cm	4 - 5 cm	3 - 4 cm	< 3 cm
TU5	Nesprávné uložení v % profilu výšky		/	> 50 %	25 - 50 %	10 - 25 %	< 10 %
TU6	Prorůstání kořenů	v hrdle	> 2 cm	1 - 2 cm	0,5 - 1 cm	0,1 - 0,5 cm	< 0,1 cm
		v trhlíně	> 1 cm	0,5 - 1 cm	< 0,5 cm	/	/
TU 7	Překážky v odtoku % plochy průtoku	usazeniny	> 50 %	20 - 50 %	10 - 25 %	< 10 %	/
		pevné	> 30 %	15 - 30 %	5 - 15 %	< 5 %	/
		překážky					
TU 8	Obrus		> 3 cm	1 - 3 cm	< 1 cm	/	/
TU 9	Koroze		Zborcení	Chybějící části trouby	Všeobecné napadení	/	/
TU 10	Deformace profilu		/	> 10 %	5 - 10%	< 5 %	/
TU 11	Poškozené stupadlo nebo žebřík		Chybí	Narušená statika	/	/	/
TU 12	Poškození poklopu nebo rámu		Prasklý	Trhlinky	/	/	/

8.2 Metodika PVK, a.s.

Metodika Pražských vodovodů a kanalizací byla vytvořena pracovníky společnosti, kteří vycházeli z německé normy ATV. [18]

Podklady pro tuto metodiku tvoří podklady z průzkumu, jako jsou protokoly s obrázkovou dokumentací a mapovými podklady. Hodnocení je založeno na principu bodování a výsledné vyhodnocení se zařídí do 3 kategorií. Metodiky se dělí na dvoustupňové hodnocení a posuzování stavu stokové sítě. [18]

V prvním hodnocení vznikne Návrh na odstranění závad, který posuzuje stavební stav konkrétního úseku stokové sítě. Pro Návrh na odstranění závad je zpracováno druhé

hodnocení s dalšími kritérii. Po ohodnocení body vznikne výsledná suma obou hodnocení a dále se zařadí do jedné z kategorií. [18]

Rozdělení kategorií je podle priority [18]:

Tabulka 16: Kategorie technického stavu stokové sítě [18]

Kategorie č.	Body	Stav	Realizace oprav
1	> 650	Závažná závada komplikující provozování sítě, může způsobit havárii	Do 1 roku
2	650 - 400	Závada, která bezprostředně nekomplikuje provoz sítě, ale kterou je třeba odstranit v dohledné době	Do 2 let
3	< 400	Závady místního významu neomezující provoz sítě. Ostatní zjištěné a evidované závady	Výhledově

Hodnocení stavu stokové sítě daného úseku probíhá podle těchto kritérií [18]:

- projevy statického poškození potrubí nebo zdiva stoky,
- porušení vnitřního povrchu stoky,
- deformace trub z pružných materiálů,
- netěsnost stokové sítě,
- chybné provedení přípojek,
- statické porušení objektů,
- stav šachet z hlediska bezpečnosti,
- překážky a nánosy.

Vyhodnocení stavu stokové sítě daného úseku získáme součinem bodové výše ukazatelů a četností jejich výskytu. V této části je omezeno maximum na 850 bodů, a to i v případě, že je součinem ukazatelů s více četnostmi možno získat více bodů. (viz tabulka 17) [18]

Kromě stavebně-technického stavu je posuzován i provozní význam, stáří stoky, její lokalizace, dopravní obslužnost a zatížení v místě poruchy atd. Tyto aspekty jsou bodově zhodnoceny v tabulce 18 tabulce provozně-technických kritérií. [18]

Pro příklad je uvedena část z členění kritéria „chybné provedení napojení přípojek“:

Tabulka 17: Příklad hodnotících kritérií [18]

Hodnocený ukazatel		Body	Počet jevů	Body x jevy
Chybně provedené napojení přípojek	Havarijní stav Předsazený výsek > 25 % o, porušení potrubí přípojky, porušení stoky - chybějící střep	350		0
	Předsazený výsek 10 – 25 % o, porušení přípojky v napojení, porušení a posunutí části stoky	150		0
	Předsazený výsek < 10 % o, prasklina stoky u výseku nebo na potrubí přípojky 0,1 - 0,5 cm	50		0
	Neodborně provedený výsek, prasklina stoky u výseku nebo na potrubí přípojky 0,1 - 0,5 cm	5		0
	Neodborně provedený výsek - začištěný, praskliny stoky u výseku nebo na potrubí přípojky < 0,1 cm	1		0
	Bezchybné napojení	0		0

Tabulka 18: Provozně-technická kritéria [18]

Hodnocený ukazatel			Bodové hodnocení	Dosažené body
Stáří stoky	Tuhé a zděné stoky	Stáří stoky < 80 let	0	
		Stáří stoky ≥ 80 let a < 100 let	30	
		Stáří stoky ≥ 100 let	50	
	Stoky z poddajných materiálů	Stáří stoky < 50 let	0	
		Stáří stoky ≥ 50 let a < 80 let	30	
		Stáří stoky ≥ 80 let	50	
Důležitost stoky v systému	Kmenové stoky	50		
	Sběrače	40		
	Ostatní stoky	30		
	Dopravní přípojky rodinných domů	0		
Poloha stoky v dopravním prostoru	Hlavní, rychlostní a silně frekventované komunikace	50		
	Hlavní, méně frekventované komunikace	40		
	Vedlejší komunikace místního významu	30		
	Chodníky, parkoviště, cyklistické stezky	20		
	Veřejně nepřístupné a soukromé pozemky	10		
	Zelené plochy	0		

V této části je maximum 150 bodů, součtem obou částí můžeme tedy dosáhnout maximálně 1000 bodů. Jedním z dalších ovlivňujících faktorů jsou koordinace a provozní vazby. To mohou být koordinace stavebních prací spolu s pracemi jiného správce sítí nebo komunikací či jiného zásahu v místě sítí. Velkou výhodou je možnost přenesení výsledků do GIS. [18]

8.3 Metodika BVK a.s.

Metodika Brněnských vodovodů a kanalizací je založena na základě kamerového průzkumu. Tato metoda je spíše interního charakteru a podle popisu vychází z metodiky VUT Brno. Zatřídění poruchy závisí na pracovníkovi, který čerpá ze svých zkušeností. Způsob zatřídění poruch je vidět v následující tabulce 19. [5]

Tabulka 19: Způsob klasifikace technického stavu stokových sítí. [5]

Kategorie	Druhy závad	Stav potrubí	Opatření
5	Žádné viditelné stavební nedostatky, nepatrná přesazení hrdel	Potrubí bez závad	Sanace není potřebná
4	Vlasové trhliny, chybné přípojky, lehká poškození všech typů, inkrusty, změna nivelety dna	Funkční poškození, inkrusty, vlhkost	Dlouhodobý výhled sanace
3	Trhliny po obvodu, lehká koroze, přesazení nebo odsazení a netěsnost v hrdlech, protispády, občasně vrůsty kořenů, neodborně zaústěné přípojky	Statické a funkční poškození	Střednědobý výhled sanace
2	Tvorba střeptů, rozestupování trhlin (příčně i podélně), nebezpečí ucpání, silná koroze, četné vrůsty kořenů, exfiltrace - infiltrace	Statické a funkční poškození	Sanace nutná v co nejkratší době
1	Deformace - nebezpečí zborcení, silná koroze, chybějící střepty a části stěn, zborcená kanalizace, silná exfiltrace - infiltrace	Statické poškození	Nutná okamžitá sanace

V průměru pracovníci BVK, a.s. prohlédnou za rok 100 km stokové sítě. Při přepočtu na celkovou délku stokové sítě odpovídá 12letému cyklu inspekce celé sítě, což je řadí mezi Evropskou špičku. [18]

8.4 Metodika ČEVAK a.s.

Společnost ČEVAK se rozhoduje podle teoretického opotřebení. Pro toto hodnocení vodovodní a kanalizační sítě je rozhodující kritérium tzv. procento teoretické životnosti vypočtené podle vzorce 2 [19]:

$$\% \text{ teoretická životnost} = \frac{\text{stáří potrubí}}{\text{živornost potrubí}} \quad (2)$$

Toto zjednodušení vychází z předpokladu, že stupeň opotřebení stoky je úměrný stáří stoky. Pro celý vodovod nebo kanalizaci je opotřebení vypočteno jako vážený průměr vzhledem k délce jednotlivých úseků. Orientační údaje pro hodnocení stavu objektů jsou v tabulce 20 [19]:

Tabulka 20: Orientační údaje stavu kanalizace [19]

Třída	% opotřebení	% teoretické životnosti	Stav zařízení
1	Do 20 %	Do 20 %	Velmi dobrý stav (nové nebo po rekonstrukci)
2	20-40 %	20-40 %	Dobrý stav (minimum oprav)
3	40-60 %	40-60 %	Ojedinelé opravy
4	60-80 %	60-80 %	Časté opravy
5	Nad 80 %	Nad 80 %	Havarijní stav

Tabulka 21: Teoretická životnost kanalizací dle společnosti Čevak a.s. [19]

Materiál potrubí	Udávaná životnost (roky)
Ocel	40
Litina	90
Plast (PVC, PE,...)	60
Sklolaminát	60
Kamenina	110
Železobeton	60
Beton	35
Zděný profil	100

Potřeba finančních prostředků vychází ze skutečného stáří sítí, objektů a jejich opotřebení. Dalším předpokladem je to, že sítě i objekty musí být obnovovány tak, aby se nezvyšovalo opotřebení. Meziroční zvýšení opotřebení bylo vypočteno z průměrné teoretické životnosti [19]:

$$\text{Mezní změna opotřeben} = \frac{100}{\text{živornost (\%)}} \quad (3)$$

Pokud je známa meziroční změna opotřebenění i celková hodnota stokové sítě, pak je prostým výpočtem zjištěna roční potřeba finančních prostředků [19]:

$$\begin{aligned} \text{Roční potřeba prostředků} & \quad (4) \\ & = \text{Celková hodnota majetku} \times \text{změna opotřebenění} \end{aligned}$$

8.5 ISYBAU XML CZ

Od roku 2006 je na českém trhu exportní formát ISYBAU XML CZ, který má za úkol jednoduchou přenositelnost dat z kamerových inspekcí mezi zadavateli a zhotoviteli a také umožnit jednoduchý import do GIS. Tento formát vychází z normy ČSN EN-13 508-2. [20]

Formát si klade za cíle [20]:

- definovat jednotný standard pro inspekční prohlídky od všech zhotovitelů,
- zajistit srovnatelnost práce jednotlivých kamerových vozů,
- garantovat požadovanou úroveň, rozsah a kvalitu zpracování,
- vyškolit pracovníky (operátory jednotlivých kamer) k používání přesného a jednotného značení závad.

Jedná se o zásadní usnadnění, urychlení a eliminaci chyb, které vznikají při vkládání dat z map apod. Odpadne náročná práce s vyhledáváním a se zadáváním základních údajů, tříděním výsledků a jejich přiřazováním do GIS. [20]

Jedná se o výsledek konsenzu společného úsilí několika výrobců kamerových systémů, dodavatelů GIS systémů a provozovatelů kanalizačních sítí. Po České republice se pohybují kamerová vozidla, která díky ISYBAU XML CZ dovedou snadno importovat z GIS systému základní údaje, provést monitoring a výsledky pak opět exportovat zpět do GIS. ISYBAU XML je v zahraničí již osvědčený a rozšířený exportní modul. [20]

9 Metodiky používané ve světě

9.1 Metodika ERZ

Priorita oprav a jejich plánování včetně jejich nákladů je nedílnou součástí městských stokových systémů ve Švýcarsku. Společnost města Curych Entsorgung + Recycling Zürich (ERZ), která má na starost správu stokových sítí, investuje 45 až 50 milionů CHF (švýcarský frank) do přibližně 1000 km dlouhé stokové sítě. Roční míra obnovy a výměny staré stokové sítě se pohybuje okolo 10 km. [22]

Na základě informací a znalostí provozovatelů byl pomocí GIS vypracován základní plán obnovy kanalizace pouze na kamerovém hodnocení (CCTV) kanalizace. Tento program byl používán jen zřídka, kvůli tomu, že s ním nebylo možné určit cenu nákladů, a město Curych se rozhodlo vypracovat nový systém. [22]

Pro určení priority je potřeba spojit nutnost opravy a náklady na ně samotné. Přestože priorita opravy a náklady jsou na konci spojeny v nástroji pro plánování, jsou založeny nezávisle podle různých sad parametrů. [22]

Pro určení priority oprav byly definovány různé parametry, které tuto prioritu ovlivňují. Tyto priority jsou uvedeny v tabulce 22. [22]

Následující rovnice popisuje, jak se vypočítá priorita opravy CRP pro každou kanalizaci v současném prototypu [22]:

$$\begin{aligned} CRP = & \sum(\text{hodnoty konstrukční priority}) \\ & \times \Pi(\text{faktory konstrukční priority}) \\ & + \sum(\text{speciální hodnoty}) \end{aligned} \quad (5)$$

Před rozhodnutím o tom, zda se vyplatí projekt provést, jsou pro CRP aplikovány manuální korekční hodnoty, což má za následek konečné CRP FCRP [22]:

$$FCRP = CRP + \sum(\text{manuální korekční hodnoty}) \quad (6)$$

Parametry pro konstrukční prioritu se stanovují odborníky, kteří posuzují poškození potrubí pomocí kamerové prohlídky. Každá závada je nějak bodově ohodnocena a zařazena stupňovitě, podle počtu bodů. Podle celkového počtu bodů je kanalizace zařazena do 5 ti kategorií poškození (viz tabulka 23). [22]

Tabulka 22: Parametry ovlivňující prioritu opravy [22]

	Použito v prototypu		Použito v pozdější verzi	
	Vypočítaná priorita	Ruční korekční hodnoty	Vypočítaná priorita	Ruční korekční hodnoty
Konstrukční priorita	Konstrukční stav celého potrubí	Materiál/věk potrubí	Konstrukční stav celého potrubí	Posouzení kamerovým systémem
	Místní poškození v potrubí	Koordinace s projekty ostatních inženýrských sítí	Místní poškození v potrubí	Koordinace s projekty ostatních inženýrských sítí
	Ochranné pásmo podzemní vody	Speciální konstrukční vlastnosti	Ochranné pásmo podzemní vody	Speciální konstrukční vlastnosti
	Typ odpadní vody		Typ odpadní vody	
			Materiál/věk potrubí	
Hydraulická priorita	Výsledky hydrodynamického výpočtu	Záplavy	Výsledky hydrodynamického výpočtu	
			Záplavy	
Speciální hodnoty		Předělané potrubí	Předělané potrubí	
		Charakteristika půdy (infiltrace)	Charakteristika půdy (infiltrace)	
		Potrubí uloženo trvale v podzemní vodě	Potrubí uloženo trvale v podzemní vodě	

Tabulka 23: Hodnoty pro konstrukční stav celého potrubí podle závažnosti poškození [22]

Kategorie poškození celého potrubí	Vyžadovaná akce	Hodnota
0	Okamžitá oprava	0,7
1	Oprava do 1-2 let	0,5
2	Oprava do 3-5 let	0,3
3	Dlouhodobé plánování opravy	0,1
4	Nevyžaduje žádné akce	0

Pro lokální škody platí následující pravidla (viz tabulka 24) [22]:

- Hodnota zahrnuje pouze lokální poškození, které je vyšší, než je kategorie poškození celého potrubí (např. pokud je celé potrubí v kategorii 2, jsou zahrnuty pouze lokální poškození kategorie 1 a 0).

- Hodnota je maximálně 0,2. To odpovídá maximálnímu přesunutí do vyšší kategorie poškození celého potrubí.
- Lokální poškození jsou buď omezeny na místo, nebo mají určitou míru L_i v délce potrubí L_t . Každé bodové poškození je přiděleno délce $L_i = 1\text{m}$, jiné poškození o rozsahu větším jak 1 m, je podle jeho skutečné délky. Podíl lokálních škod je tedy $\Sigma L_i / L_t$

Tabulka 24: Hodnoty lokálních škod [22]

Poměr škod související s délkou	Hodnota
$\Sigma L_i / L_t = 0$	0
$0 < \Sigma L_i / L_t = 0 < 1/3$	$0,05 + \Sigma L_i / L_t \times 3 \times 0,15$
$\Sigma L_i / L_t \geq 1/3$	0,2

Stanovení nákladů

Tabulka 25: Parametry nákladového algoritmu [22]

Hodnocení	Poznámky	Parametr / Hodnota
Geologie	Vyšší faktor v obtížných půdách	GEO = 1,0-1,5
Zóna ochrany podzemních vod	Vyšší faktor v ochranných zónách	GPZ = 1,0-1,2
Hloubka stoky	Stanovení tříd hloubky [m] 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; $a > 4,0$, stanovení nákladů na metr ze samotné hloubky – průměr – cena za metr – tabulka	CC = stavební náklady
Průměr potrubí	Stanovení tříd průměru [mm] 400, 600, 800, 1000 a > 1000 , stanovení ceny na metr odděleně od samostatné tabulky hloubky-průměr-cena-za metr	
Dopravní zatížení	Vyšší faktor vyšší provozní zátěže	TL = 1,0-1,4
Znečištěné oblasti (půda)	Vyšší faktor, kdy je třeba půdu likvidovat	PA = 1,0-1,5
Další nástroje	Dosud nebyl stanoven žádný parametr	OU
Společné staveniště	Dosud nebyl stanoven žádný parametr	JBS
Speciální okolnost	Parametr stanovený konzultantem	SPEC

Nákladová funkce použitá v nástroji pro opravu a plánování nákladů je velmi jednoduchá. Je velice obtížné specifikovat náklady na projekty v blízké budoucnosti, protože konstrukční metody a ekonomické parametry ovlivňující náklady se neustále mění. V současném nástroji se používá rovnice (C_i) založená na parametrech uvedených v tabulce 25. [22]

$$C_i = GEO \times TL \times OU \times JBS \times SPEC \times PA \times GPZ \times CC \quad (7)$$

GIS nabízí odpovídající a výkonné nástroje pro rekonstrukci kanalizace a plánování nákladů. Je možné integrovat a analyzovat geografické informace stejně jako další data dostupná v různých databázích. Doposud musely být všechny požadované informace pro vytvoření projektů oprav a sanací shromažďovány krok za krokem pomocí různých nástrojů. Nyní je možné definovat opravy podle jejich významu a přidělit je do plánovaného roku stavby. [22]

9.2 Metodiky dle ATV-M 149

S ATV-M 149 "Zustandsklassifizierung und -bewertung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden" (Klasifikace stavu a posouzení odvodňovacích systémů mimo budovy), publikovanou v dubnu 1999, technická asociace odpadních vod předkládá možný postup pro hodnocení stavu a klasifikaci. [23]

Po zatřídění poškození podle ATV-M 143E část 2 umožňuje tento model vyhodnocení stavu a pořadí priorit požadovaných sanačních opatření s ohledem na druh poškození a jeho rozsah. Po určení konstrukčního stavu a provozních podmínek stokových sítí jsou klasifikovány a vyhodnocovány s ohledem na nebezpečí pro vody a půdu v souladu se specifickými místními podmínkami. [23]

Klasifikace stavu

Popis poškození pomocí kódovacího systému podle ATV-M 143E část 2, stejně jako informace o rozsahu poškození poskytuje dočasné vyhodnocení stavu prostřednictvím klasifikace poškození do kategorií poškození. [23]

Klasifikace se provádí do 5 kategorií. Kategorie 0 (potřeba okamžitého opatření) a dalších čtyř kategorií. Do kategorie 0 spadají takové poruchy nebo takový stav kanalizace, který je potřeba neodkladně řešit. V případě zjištění takového stavu po průzkumu již nepodléhají žádnému dalšímu hodnocení. Do kategorie 0 se kanalizace dostane za podmínek uvedených v tabulce 26. [23]

Kanalizace, které mají konstrukční a provozní závady, jsou zařazeny do kategorie stavu 1, 2, 3 a 4. Kategorie stavu 1 zahrnuje ty, které mají největší poškození konstrukce. Kategorie stavu 4 zahrnuje kanalizace, ve kterých nejsou vidět žádné rozpoznatelné nebo pouze malé závady. Charakteristiky kategorie stavu jsou převzaty z tabulky 27. Klasifikace se provádí pomocí kódu v 3. pozici (informace o netěsnosti) a číselné přípony (informace o rozsahu poškození) viz tabulka 27. [23]

Tabulka 26: ATV-M 149 - Podmínky vedoucí k přidělení do kategorie stavu 0 [23]

Stav potrubí	Zkratka / číselná přípona
Zřetelná netěsnost	M: (na 3 místech) infiltrace vody s materiálem
Překážka v odtoku (sediment, vyčnívající překážky, ztvrdlé usazeniny)	> 50 % snížení průřezu
Překážka v odtoku (inkrustace, vniknutí kořene)	> 30 % snížení průřezu
Koroze	Stěny trub jsou zcela zkorodované
Deformace pružných potrubí	> 40 %
Trhliny	> 10 mm průměrného profilu
Rozlomené potrubí	Více než 5 cm
Další jednotlivé chybějící části konstrukcí	Viz tabulka 27

Tabulka 27: ATV-M 149: Limity stavových kategorií (výňatek) [23]

Typ stavu	Specifikace stavu	Kategorie stavu						
		0 okamžité opatření	1	2	3	4		
		Popis stavu						
Přidělování základní zkratky na 3. pozici, pokud číselná přípona nevyžaduje vyšší klasifikaci	Všechny poškození	M	E, A, B	F				
3	Koroze	C-	Vnitřní	/	13,33	12,22,32	11,21	/
		CC	V přípojce	/	13,33	12,22,32	11,21	/
		CK	Cihly	/	Vše	/	/	/
		CM	Malty	/	33	32	/	/

Pokud klasifikace, která je výsledkem kódu v 3. pozici, poskytuje jinou podmínku než klasifikace na základě číselné přípony, pak musí být škoda vždy přiřazena do vyšší třídy. Maximální individuální bod poškození části kanalizace určuje třídu dočasného stavu celé části kanalizace. [23]

Tabulka 28: Rozsah bodů v kategoriích stavu [23]

Kategorie stavu	Bodové hodnocení stavu
1	301-400
2	201-300
3	101-200
4	1-100

Každá kategorie má rozsah 100 bodů, takže může být přiděleno 0 až 400 bodů (viz tabulka 28). Při sestavování dočasné klasifikace stavu technik přiděluje každému úseku kanalizace určitý počet bodů v závislosti na hustotě poškození, délce a poloze poškození. [23]

Vyhodnocení stavu

Kanalizace, šachty a konstrukce stokových systémů, které jsou poškozené nebo v nich jsou překážky, mají vliv na životní prostředí. Možné dopady na životní prostředí jsou vyhodnocovány pomocí hodnotících faktorů, které berou v úvahu hydraulické podmínky v kanalizaci a složení odpadních vod. [23]

Tlaková zkouška se používá k určení hydraulického vyhodnocovacího faktoru, protože hydrostatický tlak podstatně ovlivňuje množství exfiltrace vody při netěsnosti. [23]

Pro hydraulické podmínky jsou zjištěny následující vyhodnocovací faktory H [23]:

Hodnotící faktor H 1.0

- Matematicky ověřené přetížení kanalizace pro předpověď založenou na dodatečně plánovaných, ale dosud nezastavěných oblastech.
- Matematicky neověřené přetížení kanalizací pro aktuální stav.

Hodnotící faktor H 1.1

- Matematicky ověřené přetížení kanalizace pro předpověď založenou na zvýšení hustoty osídlení.

Hodnotící faktor H 1.2

- Matematicky ověřené přetížení kanalizace pro aktuální stav.

Hodnotící faktor H 1.3

- Zjištěná přetížení a přetékání kanalizace (stížnosti rezidentů)
- Matematicky ověřena přeplněnost kanalizace

Samotná exfiltrace odpadních vod ještě neurčuje, jak moc je podzemní voda a půda ohrožena. Složení odpadních vod je stejně důležité. Rozdělení odpadních vod do skupin lze provést zjednodušeným způsobem na základě původu odpadních vod. Rozdělení na základě analytických šetření, které musí být velmi komplexní, není ekonomicky opodstatněné a nelze jej provést zcela správně na všech místech. Navíc by vyžadovalo odborné hodnocení ve všech jednotlivých případech. [23]

Na základě následujících kvalitativních charakteristik jsou stanoveny faktory posouzení vlastností odpadních vod Q [23]:

Hodnotící faktor Q 1.0

- Dešťová voda s malým zatížením v oddílné kanalizaci, např. od povrchového odvodnění čistých obytných prostorů.

Hodnotící faktor Q 1.1

- Odpadní vody z čistých obytných prostorů a kombinovaných vodních ploch (dešťové vody z povrchového odvodnění hlavních silničních komunikací a silně znečištěných dopravních ploch).

Hodnotící faktor Q 1.2

- Odpadní vody, které jsou lehce zatíženy odpadními vodami z obchodního a průmyslového sektoru nebo podniky, které spadají pod předpisy o původu odpadních vod.

Hodnotící faktor Q 1.3

- Odpadní vody, které jsou silně zatěžovány tekoucími odpadními vodami z obchodu a průmyslu nebo podniky, které spadají pod předpisy o původu odpadních vod.

Hodnotící faktory lze vypočítat podle následující rovnice [23]:

$$EP = CP + 100 \times Q \times H + 200 + 69 \times \left[\text{INT} \frac{CP - 1}{100} - 1 \right] \quad (8)$$

EP = Body vyhodnocení

CP = Bodové ohodnocení podle stavu

Q = Faktor odpadní vody

H = Hydraulický faktor

INT = celočíselná funkce, faktor, který eliminuje desetinné místo, např. INT (2,9) = 2

Podle bodů vyhodnocení se stav zatřídí do kategorie stavu (viz tabulka 29).

Tabulka 29: Klasifikace stavu stokové sítě s exfiltrací odpadních vod [23]

Kategorie stavu	Bodové hodnocení
1	739-907
2	570-738
3	401-569

Číslo vyhodnocení

Exfiltrace kanalizace v ochranných pásmech vody způsobuje škody na vyšší úrovni zájmů chráněných normami nebo zákony než v oblastech bez zásobování vodou. Péče o podzemní vodu má významně větší hodnotu než poruchy provozu odpadních vod způsobené vadami, které lze opravit pomocí technických opatření kanalizace. [23]

Následující oblasti jsou od sebe navzájem odděleny [23]:

Oblasti povodí IIIa: Stokový systém leží v ochranném pásmu vody IIIa.

Oblasti povodí IIIb: Stokový systém leží v ochranném pásmu vody IIIb.

Další vodní práva: Stokový systém neleží v ochranném pásmu vody, ale existují práva na vodu, např. zařízení pro vlastní zásobování vodou.

Zbývající exfiltrace: Stokový systém neleží v ochranném pásmu vody, ostatní vodní práva nejsou dotčena. Podzemní vodu nebo okolní půdu může ohrozit exfiltrující odpadní voda.

Infiltrace: Stokový systém se nachází v podzemních vodách. Podzemní voda vniká do kanalizace.

Provoz: Funkce stokového systému, tj. bezpečná přeprava odpadních vod, jsou narušeny. Lze ji obnovit přinejmenším dočasně pomocí provozních opatření (odříznutí vniknutého kořene, odstraňování usazenin, inkrustace atd.).

Za účelem zohlednění těchto zájmů chráněných normami nebo zákony, je zavedeno číslo vyhodnocení. [23]

$$EN = CC_f \times 105 + ST_f \times 104 + SL_f \times 103 + EP \quad (9)$$

EN = číslo vyhodnocení

CC_f = Faktor třídy stavu

ST_f = faktor typu stokové sítě

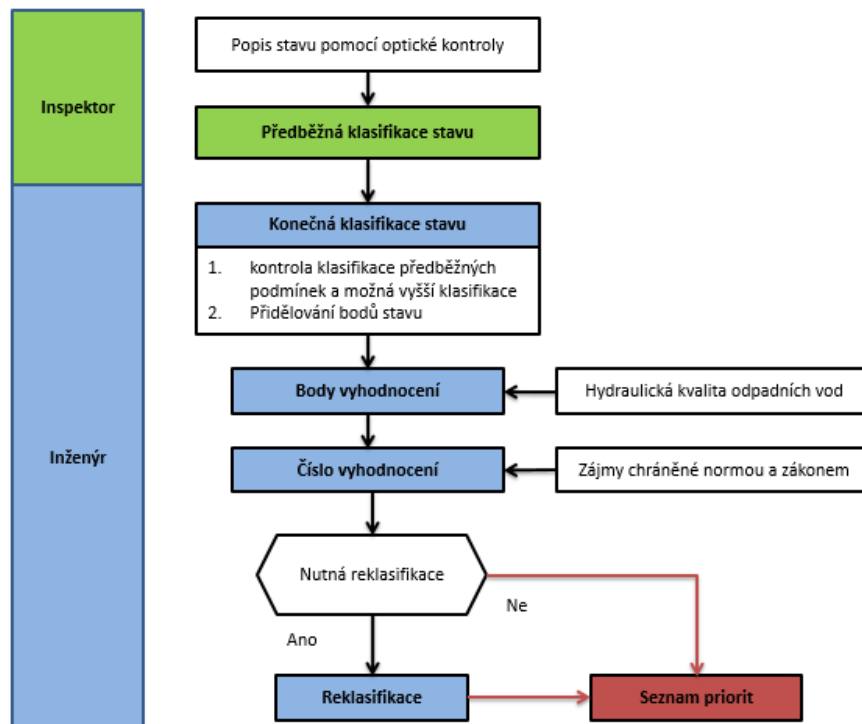
SL_f = Zájmy chráněné normami nebo zákonem

EP = body vyhodnocení (pokud nelze nalézt body vyhodnocení, mohou být použity podmínky CP).

Číslo vyhodnocení klasifikuje stokový systémy podle jejich stavové kategorie, typu stokové sítě, zájmů chráněných normami nebo zákony a bodů vyhodnocení (viz tabulka 30). [23]

Tabulka 30: Faktory pro výpočet čísla vyhodnocení podle klasifikačního stavu a modelu hodnocení ATV [23]

Faktor třídy stavu	
Kategorie stavu	CC_f
1	3
2	2
3	1
Faktor typu stokové sítě	
Typ stokové sítě	ST_f
Oddílná/jednotná stoková síť	5
Stoková síť povrchové vody	2
Faktor zájmů chráněných normami a zákonem	
Hydraulická kvalita odpadních vod Zájmy chráněné normami a zákonem	SL_f
Povodí IIIa	5
Povodí IIIb	4
Další práva k vodě	3
Exfiltrace	2
Infiltrace	1
Funkce	0



Obrázek 10: Schéma metodiky ATV-M 149 [23]

9.3 KAIN

Vyhodnocovací systém KAIN se snaží nabídnout jednotné vyhodnocení a popis poruchových modelů pro optické inspekce stokových sítí s integrací externích potenciálů ohrožení. [23]

Vyhodnocení stokových sítí z hlediska priority opravy se zpracovává podle 3 tříd. Je potřeba jasně rozlišit posouzení konstrukčního stavu stokové sítě, jejich přípojek a jejich vnějších okrajových podmínek. Hodnocení konstrukčního stavu zahrnuje interpretaci modelů, kdy stokové sítě přestávají plnit svoji funkčnost. Při externím hodnocení jsou ohodnocovány potenciální nebezpečí stability, funkčnosti a dopadu na životní prostředí. [23]

Třída hodnocení I

Základem této třídy hodnocení je katalog poškození s technickými ukazateli, který do značné míry odpovídá textům ATV-M 143 a je stejný jako tabulka 15, která se používá u metodiky VUT. Na základě této tabulky jsou při vizuální kontrole přiřazeny poškození. [23]

Pro určení naléhavosti opravy jsou zaříděny jednotlivé poruchy pomocí jednoduchého bodového systému do 5 kategorií podle poškození konstrukce viz tabulka 31. [23]

Tabulka 31: Kategorie poškození odpovídající získaným bodům [23]

Kategorie poškození	Poškození	Body
1	Velmi velké poškození	7,5
2	Velké poškození	5
3	Střední poškození	3
4	Lehké poškození	2
5	Stěží zjistitelné poškození	1

Číslo konstrukčního stavu pro jednotlivé poškození je výsledkem násobení základního počtu bodů s takzvanými váhovými faktory, které odpovídají konstrukčnímu nebezpečí poškození. [23]

Váhový faktor 1 (vše za 34 bodů): trhliny, viditelná okolní zemina, infiltrace, poškozená vyzdívka nebo zdivo, chybějící malta, destrukce.

Váhový faktor 2 (vše za 22 bodů): posunutý trubní spoj, poškození povrchu, koroze, vymílání spár, poškození obložení.

Váhový faktor 3 (vše za 12 bodů): vyčnívající přípojky, usazeniny, ulpívající látky, kořeny a jiné překážky.

Váhový faktor 4 (vše za 7 bodů): vadné napojení kanalizačního potrubí

Příklad vyhodnocení konstrukčního poškození je uveden v tabulce 32.

Tabulka 32: Příklad vyhodnocení konstrukčního poškození [23]

Vzdálenost od šachty	Poškození (ATV-M)	Číselný dodatek	Kategorie poškození	Bodové hodnocení	Váhový faktor	Bodové hodnocení
1,1	HE-L	25 %	2	5	12	60
8,6	UCTR		2-3	4	22	88
15	RL-O		5	1	34	34
19,5	BT-		1	7,5	34	255
27,4	HE-R	10 %	3	3	12	36
31	RL-O	1 cm	4	2	34	68
Suma = číslo konstrukčního stavu						541

Nakonec jsou poruchy rozděleny do pěti kategorií stavu (viz tabulka 33) podle maximálního počtu bodů. [23]

Tabulka 33: Kategorie stavu [23]

Kategorie stavu	Opatření
1	Okamžitá oprava poškození
2	Oprava v krátké době
3	Oprava ve střednědobém horizontu
4	Oprava v dlouhodobém horizontu
5	Oprava až v souvislosti s dalšími stavebními zásahy

Třída hodnocení II

Postup vnějšího hodnocení je analogický konstrukčnímu hodnocení. Podmínky jsou rozděleny mezi aspekty stability, provozuschopnosti a dopadu na životní prostředí (viz tabulka 34). [23]

Základní bodové hodnocení je zde provedeno podle umístění kanalizace v dopravním provozu (viz tabulka 35). [23]

Tabulka 34: Rizikové aspekty sloužící k vyhodnocení [23]

Rizikové aspekty	Hlavní data
Stabilita	Umístění vůči provozu
	Konstrukce
	Hloubka
Provozuschopnost	Hydraulické podmínky
	Provozní režim
	Staří
Ekologické škody	Podzemní voda
	Umístění
	Složení odpadních vod

Tabulka 35: Bodové ohodnocení podle umístění v dopravním provozu [23]

Umístění v dopravním provozu	Body
Dálnice	7,5
Hlavní silnice	5
Okresní silnice	3
Boční ulice / chodník / cyklostezka	2
Zelené pruhy	1

Pro další hodnocení jsou rizikovým aspektům přiřazeny váhové faktory, které jsou vynásobeny základními body. [23]

Váhový faktor 1 (vše za 34 bodů): situace podzemních vod, složení odpadní vody, umístění atd.

Váhový faktor 2 (vše za 22 bodů): hydraulické poměry, hloubka atd.

Váhový faktor 3 (vše za 12 bodů): provozní režim, umístění v dopravním provozu atd.

Váhový faktor 4 (vše za 7 bodů): konstrukce, stáří atd.

Následná klasifikace do kategorie stavu (viz tabulka 36) je obdobná jako hodnocení konstrukčního stavu ve třídě hodnocení I. [23]

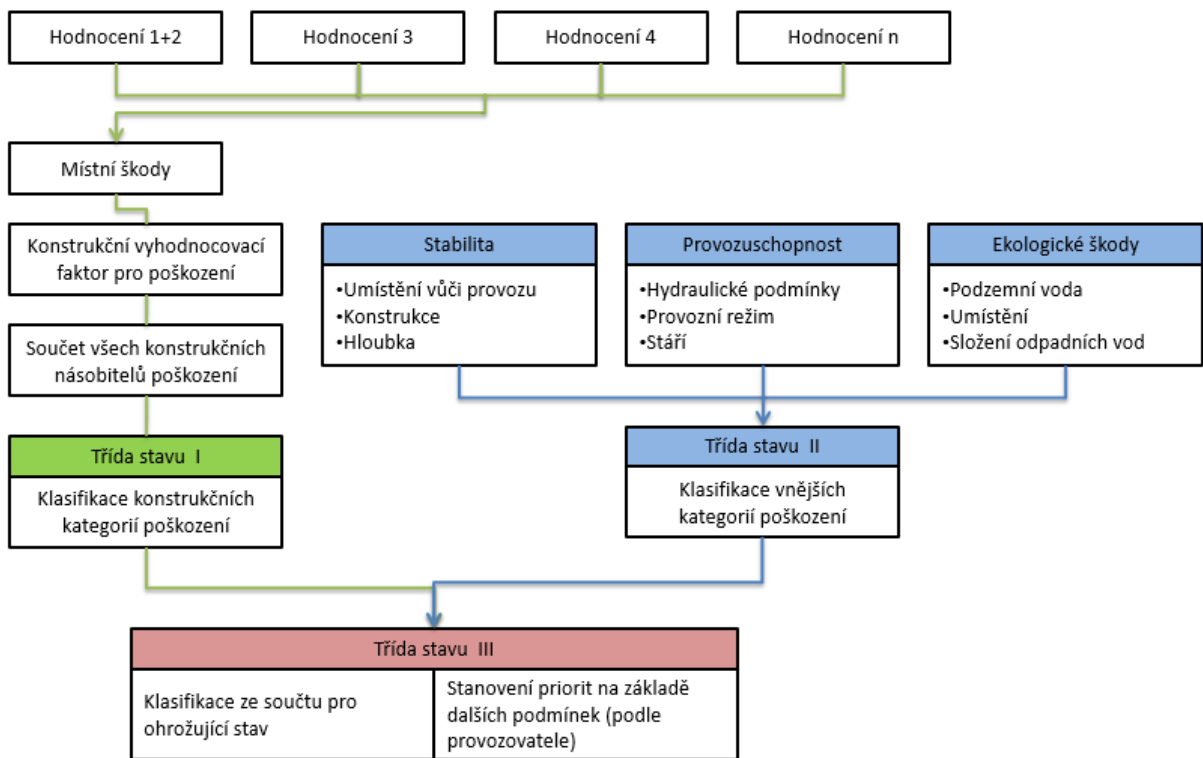
Tabulka 36: Příklad hodnocení kategorie stavu v závislosti na vnějších hraničních podmínkách [23]

Vnější hraniční podmínky poruch: Jednotná kanalizace, DN 300, chodník, 90 % hydraulické vytižení, výška krytí neznáma, odpadní voda z domácností, ochranná zóna vody I, stáří neznámé			
Data	Základní bodové hodnocení	Váhový faktor	Bodové hodnocení
Situace podzemních vod	2	34	68
Složení odpadních vod	1		34
Umístění	7,5		255
Hydraulické podmínky	1	22	22
Hloubka	0		0
Provozní režim	1	12	12
Umístění v dopravním provozu	1		12
Konstrukce	0	7	0
Stáří	0		0
Suma = číslo vnější kategorie stavu			403

Třída hodnocení III

Určení pořadí oprav nebo renovace je ponecháno na uvážení provozovatele sítě, neboť při rozhodování hrají roli další omezení nebo využití oprav jiných sítí. Předkládaný procesní model se tedy opírá o flexibilitu požadovanou uživatelem [23]:

- Volné určení všech parametrů třídy hodnocení I uživatelem
- Volné určení všech parametrů třídy hodnocení II uživatelem
- Určení priority provozovatelem sítě

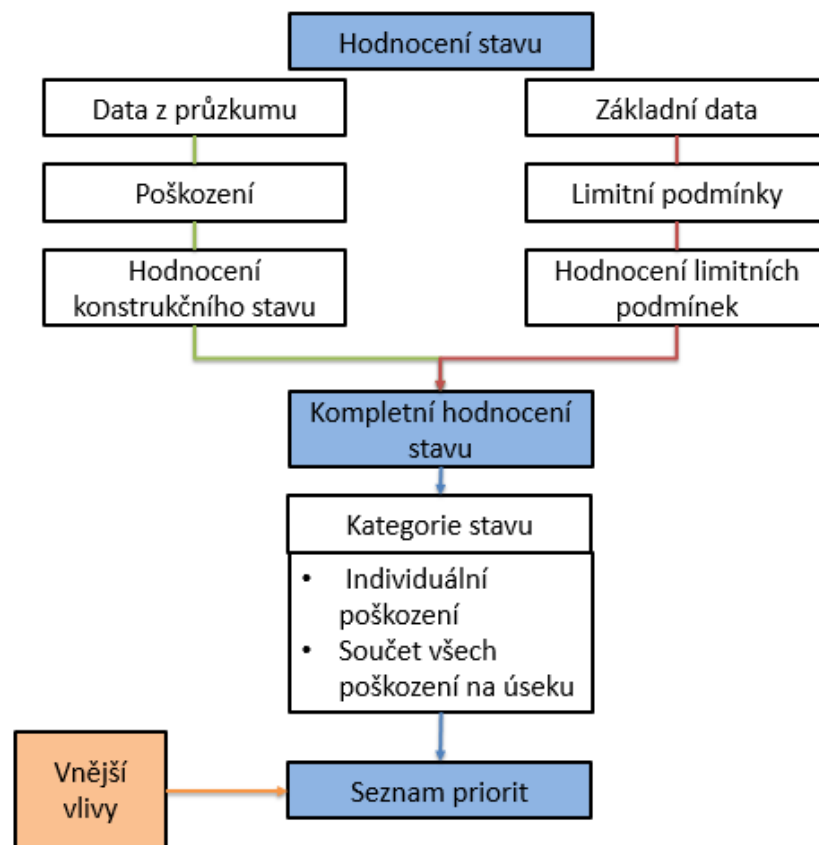


Obrázek 11: Schéma klasifikačního modelu KAIN [23]

9.4 KAPRI

Tento klasifikační systém je již přes 20 let využíván v praxi a velice se osvědčil. Je vyvinut inženýrským úřadem pro údržbu stokových sítí v Bochumi. Je v souladu s požadavky normy DIN EN 752-5. [23]

Základní myšlenkou tohoto modelu je poskytnout prioritní seznamy pro údržbu jednotlivých sítí a zjištění závažnosti podle statistické klasifikace jednotlivých poškození. Za tímto účelem se hodnotí vybraná část kanalizace z jedné strany z konstrukčního stavu prostřednictvím existujících výsledků průzkumu, přičemž se zohledňuje pouze typ poškození a jeho rozsah, a z druhé strany se posuzují vnější limitní podmínky hodnocení, které jsou vyhodnocovány u vybrané kanalizace. Kompletní vyhodnocení stavu vybrané stokové sítě a základ pro prioritní seznamy, které mají být vytvořeny, dostaneme matematickým propojením samostatně nalezených výsledků. [23]



Obrázek 12: Schéma hodnocení stavu stokové sítě podle KAPRI [23]

Tabulka 37: KAPRI – Vývoj hodnocení konstrukčního stavu pro podélnou trhlinu s různými stupni poškození [23]

	Označení podle ATV M 143, část 2					Hodnocení konstrukčního stavu					
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	TT ¹⁾
1	R	L	F	0	0,05	60		1,0	1,0	1,5	90
2	R	L	F	0	0,3	60		1,0	1,0	4,0	240
3	R	L	F	-	0,3	60		1,0	2,0	4,0	480
4	R	L	F	-	0,3	60		2,0	2,0	4,0	960

¹⁾ Matematická vazba

Vyhodnocení konstrukčního stavu je založeno na popisu poškození podle ATV-M 143 E část 2. Ve vztahu k stávajícím podmínkám a skutečnému rozsahu poškození se provádí v modelu KAPRI vyhodnocení pomocí pevného výchozího bodu a dynamické faktorizace. Nejprve je k celkovému počtu škod přiděleno kvantitativní číslo, které se na základě informací o rozsahu poškození násobí třemi variabilními faktory. [23]

Kromě vyhodnocení konstrukčního stavu je potřeba odhadnout a kvalifikovat skutečný potenciál nebezpečí pro definovaný bod poškození na základě specifického poškození životního prostředí. Hlavními aspekty pro to jsou [23]:

- Stabilita
 - Poloha v dopravním prostředí (LIV)
 - Hloubka krytí (H)
 - Jmenovitá světlost (DN)
- Zatížení životního prostředí
 - Místo (STO)
 - Poloha hladiny podzemní vody (LGW)
 - Stokový systém (ES)
 - Stupeň znečištění odpadních vod (VG)
 - Hydraulické namáhání (HYD)
 - Jmenovitá světlost (DN)
- Hydraulická funkčnost stokové sítě
 - Hydraulika (HYD)
 - Jmenovitá světlost (DN)

Tabulka 38: Faktory integrované do KAPRI pro "Umístění v dopravním prostoru" [23]

Poloha v dopravním prostředí	Faktor
Letiště	3,00
Železnice	2,10
Dálnice	1,80
Hlavní silnice	1,50
Státní silnice	1,30
Hlavní ulice	1,30
Boční ulice	1,00
Chodník, cyklostezka	0,25
Zelená plocha	0,25
Soukromá oblast	0,25
Ostatní oblasti	0,60

Model KAPRI přiděluje každému jednotlivému hlavnímu údaji "normální případ" v rozsahu hodnocení, který odpovídá statisticky nejběžnějšímu případu a dává mu faktor "1". Odchytky od tohoto normálního případu směrem nahoru nebo dolů mají vliv na jejich

význam pro vyhodnocení stavu stokové sítě odpovídající zvýšení nebo snížení faktoru (viz tabulka 38). [23]

Vyhodnocení limitních podmínek se provádí souběžně s vyhodnocením konstrukčního stavu, při kterém není zohledněna lokalita místa poškození v úseku stokové sítě a jeho rozsah. Zde je třeba vzít v úvahu skutečnost, že všechny výše uvedená kritéria nejsou pro každý typ poškození relevantní ve stejné míře jako stabilita, zatížení životního prostředí a hydraulická funkčnost. Definice spojení případů pro vyhodnocení stavu mezi druhem poškození a aspekty nebezpečí jsou uvedeny v tabulce 39. [23]

Výsledky vyhodnocení poskytují faktor, který kvantitativně kombinuje limitní podmínky specifické pro jednotlivé úseky, v nichž platí definované poškození v úseku kanalizace v rámci shody nebezpečí. Z toho vyplývá číselně velké spektrum faktoru, založené na datech vzatých v úvahu a různých případových vzájemných vazbách mezi poškozením a potenciálem nebezpečí. [23]

Tabulka 39: Vztahy mezi aspekty poškození a nebezpečí integrovanými do KAPRI [23]

Typ poškození	Zkratka ATV M 143	Stabilita	Ekologické zatížení	Funkčnost
Únik (exfiltrace)	U		•	
Překážka v průtoku	H			•
Vychýlení	L		•	•
Mechanické opotřebení	V			
Koroze	C C.B.	• •	•	
Deformace	D	•		•
Trhliny	R	•	•	•
Porušení potrubí, zhroucení	B BT	• •	• •	•
Přípojky	AR	•	•	
Hrdlo (spojovací díl)	SE SN SR		• •	•
Ostatní	W-S W-F W-G		•	•

Kompletní vyhodnocení stavu je zjištěno z propojení dvou oddělených výsledků, z hodnocení konstrukčního stavu i z limitních podmínek formou násobení. Ukazuje se, že

poškození stejného typu a stejného rozsahu, avšak s různými limitními podmínkami specifickými pro daný úsek s ohledem na jejich skutečný potenciál nebezpečí, jsou posuzovány a hodnoceny odlišně od statických, ekologických a funkčních hledisek. [23]

Konečným krokem je rozdělení takto zjištěných stavových bodů do jedné z pěti takzvaných stavových kategorií. Referenční velikost je zde v odděleném pohledu, na jedné straně části stokových sítí, a na druhé straně maximálně na jednotlivých bodech poškození v rámci stokového úseku. Nejprve se všechny stavové body úseku stokové sítě sečtou a přidělí se k podmínkové třídě podle celkového součtu. Oddělená hlediska maximálních jednotlivých bodů poškození zabraňují tomu, aby závažný individuální bod poškození poskytoval nesprávný odhad požadavků na údržbu celého úseku kanalizace. [23]

Prioritní seznamy jsou vytvářeny v souladu s výsledky a v nich jsou zahrnuty vnější vlivy, jako jsou plány ulic a opatření týkající se životního prostředí. [23]

Tabulka 40: Vývoj úplného vyhodnocení stavu podle KAPRI pro různé omezující podmínky pro jednotlivé úseky a jednotné vyhodnocení konstrukčního stavu [23]

Poškození: podélná trhlina v koruně, šířka trhliny 0,3 cm																	
Limitní podmínky																	
1. Jednotná kanalizace DN 300, chodník, hloubka krytí 4,0 m, v podzemní vodě, odpadní voda z domácností, 80 % hydraulické zatížení																	
2. Jednotná kanalizace DN 300, hlavní ulice, hloubka krytí 1,0 m, nad úrovní podzemní vody, odpadní voda z domácností, 80 % hydraulické zatížení																	
3. Oddílná kanalizace DN 400, boční ulice, hloubka krytí 2,0 m, proměnlivá zóna podzemních vod,																	
Hodnocení konstrukčního stavu	Hodnocení limitních podmínek															Σ TT	Kompletní hodnocení stavu
	Stabilita				Zatížení životního prostředí							Funkčnost					
	LIV	H	DN	TT	STO	LGW	ES	VG	HYD	DN	TT	HYD	DN	TT			
1	240	0,25	1	1,0	0,24	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8			-	1,04	250
2	240	1,3	1,6	1,0	2,11	1,0	2,0	1,0	1,0	0,8	1,0	1,6			-	3,71	890
3	240	1,0	1,5	1,3	1,92	1,0	1,5	2,0	1,1	1,0	1,3	4,29			-	6,21	1490

9.5 ISYBAU

Model klasifikace a hodnocení ISYBAU umožňuje posouzení stokových sítí, kanalizačních přípojek a šachet. Kromě toho je možné provést posouzení hydraulického stavu, který dává přehled o hydraulické kapacitě stokové sítě. [23]

Popis stavu poškození je založen ve formě kódů podle ATV-M 143 část 2. Stav stokové sítě je zjištěn z optické kontroly a následně přiřazen ke kategorii poškození (viz tabulka 41). [23]

Tabulka 41: Kategorie poškození podle největšího individuálního poškození [23]

Kategorie poškození podle individuálního poškození	Předběžné číslo poškození (HZ_{vorl})
1	0
2	100
3	200
4	300
5	400

Celkem je 5 kategorií, přičemž kategorie 1 je přiřazena škodám, které jsou malého a nevýznamného rozsahu. Kategorie 5 je přiřazena škodám, které jsou hodnoceny jako velmi velké, těžké a vyžadují okamžitý zásah. [23]

Po klasifikaci jednotlivých poškození dochází ke klasifikaci konstrukčního stavu, kdy největší jednotlivé (individuální) poškození určuje kategorii poškození. V průběhu základního posouzení je přiděleno předběžné číslo poškození podle druhu poškození. Bez zjištění poškození dostanou klasifikaci 0. [23]

Pro další posouzení stavu je konstrukční poškození souvislé s dalšími ovlivňujícími faktory. Zaprvé se bere v úvahu životního prostředí, které se zabývá ochranou podzemních vod. Patří sem [23]:

- Druh přepravované odpadní vody
- Určení ochranných zón pro pitnou vodu
- Stávající půdní podmínky
- Vzdálenost stoky od povrchu podzemní vody

Dále je třeba vyhodnotit:

- Hustotu poškození (kvocient počtu všech individuálních poškození v kategorii poškození ≥ 2 a délka poškození v metrech)
- Délka poškození (součet všech poškození na délce sekce stoky)

Pro uvedené ovlivňující veličiny jsou definovány další body, které vedou k finálnímu číslu poruchy. To se vypočítá podle následující rovnice [23]:

$$HZ_{endg} = HZ_{vorl} + M + SC + U + GW + SD + SL \quad (10)$$

M = druh odpadní vody

SC = ochranná zóna

U = podzemí

GW = hladina podzemní vody

SD = hustota poškození

SL = délka poškození

Zde platí podmínka: $HZ_{endg} = 0$, pokud $HZ_{vorl} = 0$

Faktory ovlivňují hodnocení tím, že zahrnují škody na životní prostředí, které zvyšují prioritu opravy na místech, kde je vyžadována čistota prostředí (např. zdroj pitné vody). [23]

Tabulka 42: Další body pro ovlivnění proměnných při hodnocení stavu [23]

Velikost účinku	Kritérium	Extra body
Druh odpadní vody	Dešťové vody	0
	Špinavá / smíšená voda	40
	Látky nebezpečné pro vodu	150
Ochranná zóna	Mimo pásmo	0
	Ochranná zóna IIIb	20
	Ochranná zóna IIIa	40
	Ochranná zóna II	250
Podzemí	Jíl	0
	Jemný písek	20
	Střední / hrubý písek, jemný štěrk	40
Hladina podzemní vody	Umístění vždy nad HPV	
	Ano	0
	Ne	10
Hustota poškození	Do 0,05 m	0
	0,05 m – 0,2 m	10
	Větší než 0,2 m	20
Délka poškození	Do 10 %	0
	10-50 %	10
	Více než 50 %	20

Konečné výsledky jsou seskupeny do jednotlivých kategorií, které jsou uvedeny v tabulce 43. Poruchy, které spadají do třídy 5 obvykle vedou k okamžité potřebě opravy. [23]

S přihlédnutím k různým délkám sekcí stok a příslušným přihlédnutím polohy lze nakonec vypočítat systémové číslo poruchy s váženým počtem délek podle vzorce č. 11. [23]

$$SYH = \frac{1}{L_{ges}} \times \sum_{i=1}^n (HZ_{endg,i} \times L_i) \quad (11)$$

SYH = Systémové číslo poruchy

$HZ_{endg,i}$ = porucha i

L_i = délka poruchy i v metrech

L_{ges} = celková délka poruch v metrech

n = počet zanedbaných poruch

Systémové kategorie se odvozují z čísla systému analogicky ke kategorii poškození (viz tabulka 43). Použití modelu hodnocení stavu ISYBAU je ukázáno v tabulce 44, kde je zobrazeno určení kategorie poruchy a určení kategorie sekce stokové sítě. [23]

Tabulka 43: Rozdělení poruch podle kategorie poškození [23]

Hodnota poruchy	Kategorie poškození
0	1
100-199	2
200-299	3
300-399	4
400-890	5

Tabulka 44: Určení systémové kategorie poruchy [23]

Kategorie poškození	Priorita	Hodnotící číslo (HZ)	Délka poškození (L)	HZ × L
4	2.	320	27,6	8832
3	3.	290	37,1	10759
4	2.	390	45,6	17784
5	1.	490	32,7	16023
4	2.	390	23,4	9126
Součet			166,4	62524
Systémové číslo			62524/166,4 =	376
Systémová kategorie				4

9.6 Metodika RIONED

Tato metodika byla vyvinuta společností RIONED v Nizozemí. V Nizozemsku se posuzuje stav stokové sítě na základě kamerového průzkumu. Hodnotí se zde gravitační stoková síť z betonu a PVC. Poškození zjištěné při prohlídce jsou klasifikovány bez

zohlednění místních okolností. Za tímto účelem byl vyvinut podrobný katalog poškození, který analyzuje možné škody ve třech kategoriích poškození [23]:

- Vodotěsnost
- Stav stěny potrubí
- Překážka, usazenina

Celkově obsahuje katalog poškození 18 typů poškození, které v závislosti na rozsahu poškození obsahují 5 kategorií poškození. Kategorie 1 znamená, že nebylo zjištěno žádné poškození, kategorie 2 označuje mírné poškození a kategorie 5 označuje velmi vážné poškození (viz Tabulka 45) [23].

Katalog obsahuje příklad pro každý typ poškození a vyhodnocení ve formě barevné fotografie jako referenční stupnice (Obrázek 13, Obrázek 14, Obrázek 15). Vyhodnocení údajů podle závažnosti poškození subjektivně provádějí zkušení pracovníci, kteří v závislosti na místních podmínkách přiřazují tzv. vyhodnocovací faktory. Interpretace takto získaného bodového hodnocení poškození je založena na návrhu normy NPR 3398. Zde se uvádí, že určení termínu zahájení opravy poškození se vyhodnocuje podle dvou kapitol "Dodatečná údržba" a "Opravná opatření při poškození". [23]



Obrázek 13: Příklad posouzení poškození, Kategorie poškození 5 – koroze [23]



Obrázek 14: Příklad posouzení poškození, Kategorie poškození 5 – trhliny [23]



Obrázek 15: Příklad posouzení poškození, Kategorie poškození 3 – infiltrace [23]

Tabulka 45: Posouzení konstrukčních škod v Nizozemsku [23]

	Poškození	Třída poruchy					
		1	2	3	4	5	
Vodotěsnost	A1: infiltrace	žádná	trhlinou, kloubem	kapající voda	tekoucí voda	infiltrace pod tlakem	
	A2: Překážky v průtoku % plochy průtoku	žádné	≤ 5 %	5%	15%	> 25 %	
	A3: Posunutý trubní spoj (vodorovný směr)	Viz tabulka Posunutý trubní spoj ve vodorovném směru					
	A4: Posunutý trubní spoj (svislý směr)	žádné	≤ 10mm	/	/	> 10mm	
	A5: Zakřivení stoky	žádné	/	/	/	přítomno	
	A6: Vyčnívající těsnící kroužek	žádné	/	částečně vyčnívá do potrubí	/	zcela vyčnívá do potrubí	
	A7: Vyčnívající těsnící materiál	snížení příčného průřezu ≤ 5 %	snížení příčného průřezu > 5%; v délce 0-25%	snížení příčného průřezu > 5%; v délce 26- 50%	snížení příčného průřezu > 5%; v délce 51- 75%	snížení příčného průřezu > 5%; v délce > 75%	
Stav stěny potrubí	B1: Poškození (kromě B2-B4)	žádné	/	/	/	přítomno	
	B2: Koroze betonu	Beton	žádné	drolení betonu	rozpad betonu	viditelná výztuž	chybějící části trouby
		PVC	žádná	/	/	/	přítomna
	B3: Trhliny	žádné	vlasové trhlínky	nevýrazné trhliny	zřetelné trhliny	rozlomení, destrukce	
B4: Deformace	žádná	snížení příčného průřezu ≤ 5 %	5%	10%	snížení příčného průřezu > 15 %		
Hydraulická účinnost	C1: Vyčnívající přípojka	Předsazení ≤ 10% než DN	/	Předsazení je 10-25 % DN	/	Předsazení > 25 % DN	
	C2: Prorůstání kořenů	žádné	ojedinělé vlasové kořínky	ojedinělé kořeny	omezení 25%	omezení > 50%	
	C3: Usazeniny	≤ 5 %	5%	10%	25%	> 50 %	
	C4: Inkrustace	≤ 5 %	5%	10%	25%	> 50 %	
	C5: nánosy písku	≤ 5 %	5%	10%	25%	> 50 %	
	C6: Překážky	≤ 5 %	5%	10%	25%	> 50 %	
	C7: sklon, proti sklon	h ≤ 10 % DN	10%	25%	50%	h > 75 % DN	

h = skutečná hladina vody

Dodatečná údržba je zapotřebí, pokud jsou zjištěny hodnoty konstrukčního poškození podle uvedených hodnot v tabulce 47. [23]

Tabulka 46: Výňatek z tabulky Posunutý trubní spoj ve vodorovném směru (v mm) [23]

Materiál	Beton										PVC				
	Hrdlový spoj					Drážkový spoj									
Kategorie poškození	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
DN/rozměry															
250	0	20	30	50	70	0	5	10	15	20	0	10	20	30	50
500	0	20	40	60	80	0	5	10	15	20	0	10	30	50	70
1500	0	20	40	65	90	0	5	20	30	40					
250/375	0					0	5	10	15	20					
1000/1500	0					0	5	20	30	40					

Tabulka 47: Podskupina "Dodatečná údržba" [23]

	Konstrukční poškození
Prorůstání kořenů	2
Usazeniny	3
Inkrustace	3
Nánosy	3
Překážky	3

Při zařazení poškození podle kapitoly "Opravná opatření při poškození" se rozlišuje mezi dvěma podskupinami "Nutný rozsáhlejší průzkum" a "Nutná opravná opatření při poškození". [23]

Vzory poškození s hodnotami pro posouzení poškození konstrukcí, které spadají do podskupiny "Nutný rozsáhlejší průzkum", jsou uvedeny v tabulce 48. [23]

Tabulka 48: Podskupina "Nutný rozsáhlejší průzkum" [23]

	Konstrukční poškození
Koroze (beton)	4
Koroze (kromě betonu)	5
Příčné trhliny	4
Deformace	5
Podzemní infiltrace	4
Posunutý trubní spoj (odsazení)	5
Posunutý trubní spoj (podélný posun)	5

Odpovídající poškození a hodnoty poškození pro podskupinu "Nutná opravná opatření při poškození" jsou uvedeny v tabulce 49. [23]

Tabulka 49: Podskupina "Nutná opravná opatření při poškození" [23]

	Konstrukční poškození
Koroze (beton)	5
Příčné trhliny	5
Podélné trhliny	4
Podzemní infiltrace	5
Vnik okolní zeminy	5

Pro různé typy poškození lze vytvořit model chování, které berou zřetel na časovou změnu životního prostředí, složení odpadních vod a materiál potrubí. K tomu je potřeba určit limitní stavy odvozené z funkčních požadavků stokové sítě. Z krátkodobého hlediska se zdá, že použitelnost tohoto modelu je malá kvůli nedostatku velkého množství datových údajů. [23]

Z tohoto důvodu byl vyvinut empirický model, který umožňuje vypočítat zbytkovou životnost pro všechny stokové sítě na základě výsledků inspekce. Základem tohoto modelu je obecný model degradace. Bodové hodnocení, které se vypočítá na základě výsledků inspekci a váhových faktorů, je vloženo do modelu. Výsledkem je zbytková délka životnosti stokové sítě, kterou lze použít k plánování a upřednostnění údržby. [23]

Model je založen na předpokladu stálé degradace opotřebením. Vzhledem k tomu, že tento předpoklad nemusí být vždy platný, je nutné zaznamenat skutečné odchylky stavu prostřednictvím inspekci. Předpověď doby, kdy stoka nebude plnit svoji funkčnost, např. kvůli destrukci tento model neumožňuje. [23]

9.7 Metodika WSA

V roce 2002 mělo v Egyptě 85 % budov nějaký typ sociální zařízení. Z toho 10 % mělo kanalizační systém a zbylých 75 % využívalo jiné možnosti jako septik, či jímky na vyvážení. S rostoucím rozvojem se vláda Egypta zavázala k realizaci Národního programu pro sanitaci venkova („*National Program for Rural Sanitation in Egypt*“), hlavně v okolí delty Nilu. [24]

Celkový přístup k posuzování stavu stokových sítí se dělí na konstrukční stav a její provozuschopnost. Typickými problémy jsou rozlomené potrubí, trhliny, deformace a průhyb. Pro posuzování stavu stokové sítě se postupuje následovně [24]:

- 1) Určení četnosti sledování
- 2) Výběr kontrolní techniky
- 3) Klasifikace stavu potrubí

Vyhodnocení stavu je zde prováděno na základě bodového systému, který vyvinula WSA (Water Service Association of Australia). Bodový systém umožňuje výsledné zatřídění stavu potrubí do 5 ti kategorií (viz tabulka 50). Pomocí kamerového průzkumu jsou zjištěny jednotlivé závady nebo překážky. Každá závada má své vlastní bodové

hodnocení a je automaticky nebo manuálně přiřazena podle své závažnosti. Pro příklad konstrukční závady, jako jsou trhliny, jsou hodnoceny 5 body. Všechny závady jsou shrnuty pro dvě podmínky, a to maximální bodové výsledky a průměrné bodové výsledky. Maximální bodové výsledky označují největší bodové hodnocení z jedné závady nebo více závad na jednom místě (často v délce jednoho metru) v potrubí. Průměrný bodový výsledek je součet všech závad dělený délkou sítě. [24]

Tabulka 50: Popis stavu podle WSAA [24]

Kategorie stavu	Konstrukční stav	Provozoschopnost
1	Došlo k zanedbatelnému zhoršení kanalizace. Zdá se, že je v dobrém stavu.	Nevznikla nebo došlo bezvýznamné ztrátě hydraulického výkonu. Zdá se, že je v dobrém stavu.
2	Došlo k malému poškození kanalizace.	Jsou zde malé závady způsobující menší ztrátu hydraulického výkonu.
3	Došlo k mírnému zhoršení, ale chyby neovlivňují krátkodobou konstrukční celistvost.	Přítomné závady způsobují mírnou ztrátu hydraulického výkonu.
4	Došlo k vážnému zhoršení kanalizace, které ovlivňuje konstrukční celistvost.	Významné závady způsobují vážnou ztrátu hydraulického výkonu.
5	Došlo k havárii kanalizace nebo je tato havárie vysoce hrozící.	Došlo k havárii kanalizace nebo je tato havárie vysoce hrozící.

Fyzikální stupeň kanalizačního potrubí s kombinací účinků konstrukčního stavu a provozuschopnosti je vyjádřen v rovnici 12, tabulce 51 a tabulce 52 [24].

Kategorie stavu potrubí (KSP) (fyzická podmínka):

$$KSP = \sqrt{0,541 + 0,273(R_{str.})^2 + 0,37(R_{ser.})^2} \quad (12)$$

Tabulka 51: Hodnocení konstrukčního stavu R_{str} [24]

Rozsah bodových výsledků	Hodnocení konstrukčního stavu R_{str}
0	0
1-4	1
5-9	2
10-14	3
15-19	4
20	5

Tabulka 52: Hodnocení provozně-schopného stavu R_{ser} [24]

Rozsah bodových výsledků	Hodnocení provozně-schopného stavu R_{ser}
0	0
1-2	1
3-4	2
5-6	3
7-8	4
9-10	5

Pomocí optimalizačního modulu je možno vidět celý rozhodovací proces globálněji. Tyto modifikace umožňují modelu vypracovat hodnocení stavu na úrovni celé sítě. Konkrétně se k určení optimálního času a nákladu používá genetický algoritmus [24].

Genetický algoritmus je navržen tak, aby analyzoval náklady na opravu a vyhodnotil jejich stav. Cílovou funkcí je tedy minimalizovat celkové náklady na životní cyklus při zachování přijatelného stavu potrubí [24].

10 Výsledek

Porovnané metodiky v České republice se příliš neliší. Všichni provozovatelé provádí průzkum pomocí kamerové inspekce. K zařídění poruch po průzkumu používají provozovatelé jiné postupy. VUT Brno vyvinulo vlastní kódovací systém založený na technických ukazatelích, když to ostatní provozovatelé používají kódovací systém podle ČSN EN 13 508-2 nebo ATV M 143.

Metodiky vyvinuté VUT Brnem je založena na jednoduchém bodovém systému, který umožňuje výsledné zařídění stavu potrubí do 5 ti kategorií.

Metodika společnosti BVK a.s. vychází z metodiky VUT Brno.

Metodika společnosti PVK a.s. pracuje na základě bodového systému, ve kterém zohledňuje kromě důležitosti stoky také polohu v dopravním prostoru.

Metodika společnosti Čevak a.s. posuzuje prioritu oprav hlavně z teoretického opotřebení a životnosti potrubí.

U většiny metodik používaných ve světě je možné nalézt více kritérií, podle kterých hodnotí prioritu sanace. Jako v ČR i u těchto metodik se provádí průzkum stokové sítě pomocí kamerové inspekce. Následné zařídění se provádí buď podle normy ATV 143 nebo u metodiky RIONED podle vlastního katalogu s 18 typy poškození.

Metodika ERZ vyhodnocuje prioritu sanace podle nejvíce kritérií. Využívá k tomu nástroj GIS. Kromě stáří, poruch a polohy stoky v dopravním prostoru bere ohled na hydraulickou prioritu a na životní prostředí. Následně zahrnuje do vyhodnocení i cenovou nákladnost.

Metodika ATV-M 149 též pracuje s více kritérii. Při vyhodnocení klade ale důraz hlavně na životní prostředí, kde stav vyhodnocuje podle místa u vodních zdrojů, znečištění odpadních vod a hydraulickém přetížení stok. Tato metodika též myslí na budoucí osídlení a zvýšení zatížení stokových sítí.

Metodika KAIN vyhodnocuje podle 3 tříd hodnocení, kdy jedna je založená na vyhodnocení podle zaznamenaných poruch a druhá je kombinací stability,

provozoschopnosti a zatížením na životní prostředí. Ve třetí třídě hodnocení je podle kombinace předchozích dvou následně vyhodnocena prioritá sanace podle uvážení provozovatele.

Metodika KAPRI je velmi podobná metodice KAIN. Porovnává stranu konstrukčního stavu a limitních podmínek (poloha v dopravním prostředí, znečištění odpadních vod atd.). Kombinací těchto dvou stran pak vznikne seznam priority sanace.

Metodika ISYBAU je prakticky srovnatelná s metodikou KAIN a KAPRI. Také porovnává konstrukční stav a podmínky jako je životní prostředí a hydraulická kapacita.

Metodika RIONED posuzuje prioritu oprav hlavně z teoretického opotřebení, životnosti potrubí a podle vážnosti poruch.

Metodika WSAA posuzuje prioritu sanace kanalizace kromě vážnosti poruch a dopadu na životní prostředí, též podle cenové nákladnosti na základě genetického algoritmu.

Výsledek je porovnání všech uvedených metodik podle kritérií vyhodnocení, které jednotlivé metodiky při vyhodnocení priority sanace stokové sítě využívají. (viz tabulka 53).

Tabulka 53: Rozsah metodik pro vyhodnocení stokové sítě

Metodika	Místo užívání	Kritéria vyhodnocení							
		Podle stáří	Podle poruch	Podle důležitosti stoky	Podle polohy stoky v dopravním prostoru	Podle provozuschopnosti	Podle dopadu na životní prostředí	Předpověď budoucího zvýšení zatížení osídlením	Podle cenové nákladnosti
8.4 Čevak a.s.	ČR	•	•						
8.3 BVK a.s.	ČR	•	•	•					
8.1 VUT Brno	ČR	•	•	•					
8.2 PVK a.s.	ČR	•	•	•	•				
9.6 RIONED	Nizozemsko	•	•						
9.5 ISYBAU	Německo	•	•	•		•	•		
9.3 KAIN	Německo	•	•		•	•	•		
9.4 KAPRI	Německo	•	•		•	•	•		
9.7 WSSA	Egypt, Austrálie	•	•			•	•		•
9.2 ATV-M 149	Německo	•	•	•		•	•	•	
9.1 ERZ	Švýcarsko	•	•	•	•	•	•		•

11 Závěr práce

V této práci bylo provedeno zpřehlednění uvedených nástrojů a metodik pro vyhodnocení stokových sítí, které se používají v České republice a ve světě. V průběhu práce bylo provedeno seznámení se s obecným vývojem stokových sítí, přehledem trubních materiálů, s obecným přehledem poruch, jejich příčinami a jejich zatříděním dle ČSN EN 13 508-2 a seznámení s metodami průzkumu.

Mnoho nástrojů bylo vyvinuto provozovateli států a měst pro vlastní potřebu a rozvinulo se dále. Velmi slibným nástrojem byl CARE-S, který byl vyvinut díky grantu EU, a podílelo se na něm mnoho Evropských měst, mezi nimiž bylo i Brno. Tento nástroj zvládal propojit velmi mnoho požadavků a zpřesnit tak vyhodnocení stavu stokové sítě. Ale stejně jako u mnohých jiných nástrojů se s ukončením grantu tento nástroj přestal dále vyvíjet. U většiny nástrojů v kapitole 7.1 se nepodařilo najít žádné informace o současné podpoře, aktualizacích, vývoji a jsou tedy prakticky nepoužitelné. Nadějí na usnadnění, zpřesnění a sjednocení práce nabízí tak exportní formát ISYBAU XML CZ, který se stále vyvíjí.

Všechny posuzované metodiky jsou si podobné. Všechny pracují na zatřídění poruch podle vyhodnocení provedených kamerových průzkumů, které se provádí podle určitých katalogů, programů nebo na základě praxe zkušených provozovatelů stokové sítě. Stejně tak mají všechny metodiky určeny kategorie poškození, které jsou založeny na zatřídění poruch podle stavu poškození kanalizační sítě. U všech až na metodiku společnosti PVK a.s. se stav stokové sítě dělí na 5 kategorií (1-5; 0-4; u PVK 1-3). Všechna hodnocení pracují na stejném principu a jediným rozdílem je posloupnost zadávání, kdy 1. kategorie je velmi dobrý stav a 5. kategorie je zcela nevyhovující stav, či naopak.

Posuzování jednotlivých metodik se však liší, jak je vidět v tabulce 53. Z metodik používaných v ČR pracuje při vyhodnocování s nejméně údaji metodika společnosti Čevak a.s. Může to být dáno i rozsáhlostí pole působnosti. Společnost Čevak a.s. sídlí v Českých Budějovicích a stejně jako metodika VUT Brno, či metodika BVK neuvažuje o umístění stok v dopravním provozu, i když přes tyto města vedou důležité dopravní sítě. Na rozdíl od toho s tímto ukazatelem pracuje metodika společnosti PVK a.s. Tento provozovatel sídlí v oblasti s nejhustší dopravní sítí v ČR. Žádná z uvedených metodik využívaných v ČR však nepočítá

s dopady na životní prostředí. Tímto směrem, uvažuje metodiky ATV-M 149, která klade velký důraz při vyhodnocení provozuschopnosti a dopadu na životní prostředí. Velký důraz na životní prostředí berou všechny zahraniční metodiky až na metodiku RIONED. V metodice ERZ a WSAA při vyhodnocování berou v potaz i cenové náklady.

Pro vyhodnocování stokových sítí v ČR by se dobře hodila metodika ERZ, která zahrnuje nejvíce údajů hodnocení. Také ATV-M 149, či ISYBAU jsou vyhovující, ale postrádají vyhodnocení na základě polohy v dopravním provozu. Metodiky používané v České republice mohou být dostatečnými, ale nezahrnují dopady na životní prostředí. Tyto dopady na životní prostředí jsou dalšími údaji, které je třeba zjistit, přiřadit a zaberou tedy další čas. Ale v oblastech, kde jsou vodní zdroje, vysoce propustná půda, nebo je kanalizace vedena v úrovni hladiny podzemní vody by se tyto poruchy měly řešit přednostně a měl by se na ně v celkovém vyhodnocení stavu stokové sítě brát ohled.

Optimálním řešením je zvolit nebo vyvinout nejlépe jednu metodiku, která by byla tak kvalitní, že by se podle ní mohli, a hlavně chtěli řídit všichni provozovatelé stokových sítí v České republice. Bohužel v dnešní době většina provozovatelů vyhodnocuje stav stokových sítí podle svých firemních metodik, které si samy vyvinuly a v rámci svého know-how je nepublikují.

12 Seznam použité literatury

- [1] HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN a Petr PRAX. Příručka stokování a čištění. Brno: NOEL 2000, c2001. ISBN 80-860-2030-4.
- [2] KŘÍŽ, Karel. Hydraulická kapacita poškozených gravitačních stokových systémů. Praha, 2013. Disertační práce. ČVUT.
- [3] Vodovody, kanalizace a vodní toky - 2016. ČSÚ [online]. 2017, 02.05.2017 [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/vodovody-kanalizace-a-vodni-toky-2017>
- [4] Stavební materiály pro výstavbu stokových sítí: technický podklad pro řešení výstavby, rekonstrukci a dostavby stokových sítí v malých a středních obcích. Praha: Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, Odborná skupina pro kanalizace, 2003. ISBN 80-020-1585-1.
- [5] HORÁK, Marek. ANALÝZA STÁRNUTÍ VYBRANÝCH MATERIÁLŮ STOKOVÝCH SÍTÍ. Brno, 2013. Disertační práce. VUT.
- [6] ŠKAŘUPOVÁ, Karolína. PROVOZNĚ-TECHNICKÝ STAV STOKOVÉ SÍTĚ. Brno, 2012. Bakalářská práce. VUT.
- [7] ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky. Praha: HYDROPROJEKT CZ, 2013.
- [8] Feeney, C. S., S. Thayer, M. Bonomo, K. Martel, AND DENNIS LAI. WhitePaper on ConditionAssessmentofWastewaterCollection Systems. U.S. Environmental ProtectionAgency, Washington, D.C., EPA/600/R-09/049, 2009.
- [9] HORÁK, Marek a Lucie HOŘÍNKOVÁ. Čištění a průzkum stokových sítí. Asb-portal.cz: odborný stavební portál [online]. Brno, 2007, 14.12.2007 [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/inzenyrske-stavby/inzenyrske-site/cisteni-a-pruzkum-stokovych-siti>
- [10] TNV 75 6120 Renovace a oprava stokových sítí a kanalizačních přípojek. Praha: HYDROPROJEKT CZ, 2010.
- [11] ČSN EN 13508-2+A1 Zjišťování a hodnocení stavu venkovních systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek. Praha: HYDROPROJEKT CZ, 2011.
- [12] ATV-M 143E, Part 2 Optical Inspection - Inspection, Repair, Rehabilitation and Replacement of Sewers and Drains. Praha: Publishing Company for Wastewater, Waste and Water Pollution Control, 1999.
- [13] Sedla pro kanalizační přípojky. In: Www.rexcom.cz [online]. Břeclav [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.oblibene.com/userdata/shopimg/rexcom/file>

- [14]ROLAND K. PRICE AND ZORAN VOJINOVIĆ. Urban hydroinformatics: data, models, and decision support for integrated urban water management. London: IWA Publishing, 2011. ISBN 1843392747.
- [15]ANA, E. a W. BAUWENS. Sewer Network Asset Management Decision Support Tools: A Review. [online]. Paříž, 2007 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/228988087_Sewer_Network_Asset_Management_Decision_Support_Tools_A_Review
- [16]HLUŠTÍK, Petr. Metodika vyhodnocení technického stavu stokové sítě na základě fyzického stavu. Vodovod.info - vodárenský informační portál[online]. 1.8.2012, 08/2013, [cit. 2018-04-01]. Dostupný z WWW: <http://www.vodovod.info>. ISSN 1804-7157.
- [17]HORÁK, Marek a Jiří KOZELSKÝ. Průzkum a vyhodnocení technického stavu stokových sítí. *Urbanismus a územní rozvoj* [online]. 2008, 04/2008, **XI**(4), 49-52 [cit. 2018-04-26]. Dostupné z: https://www.uur.cz/images/5-publikacni-cinnost-a-knihovna/casopis/2008/2008-04/10_pruzkum.pdf
- [18]VACEK, Martin. *Inspekce kanalizační sítě*. Olomouc, 2012. Bakalářská práce. MVŠO.
- [19]Interní materiály společnosti Čevak a.s.
- [20]Informace o ISIBAU XML CZ [online]. 2006 [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://www.isybau.cz>
- [21]EPA. Handbook for sewer system evaluation and rehabilitation. Washington, DC: EPA, 1975.
- [22]BURKHARD, R. a S. GONZÁLEZ LAKEHAL. Sewer rehabilitation planning – priority and cost planning using GIS. *Water Practice & Technology*. 2006, 1(1), 1-8. DOI: 10.2166.
- [23]STEIN, Dietrich a Robert. STEIN. Technicalinformationsystem: rehabilitation and maintenanceofdrains and sewers [online]. Berlin, Germany: Ernst, c2001. [cit. 2018-04-21]. ISBN 3433014558. Dostupné z: <https://www.unitracc.com>
- [24]IBRAHIM, Elbeltagi, Elbeltagi EMAD a Dawood MAHMOUD. Frame Work of Condition Assessment for Sewer Pipelines. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)* [online]. 2013, 3(4), 1833-1844 [cit. 2018-05-20]. ISSN 2248-9622. Dostupné z: www.ijera.com

13 Seznam obrázků

Obrázek 1: Biochemická koroze betonových trub [4]	17
Obrázek 2: Modifikovaná stoková soustava [1]	19
Obrázek 3: Kruhový [1]	30
Obrázek 4: Tlamový [1].....	30
Obrázek 5: Vejčitý (Vídeňský) a Vejčitý (Pražský normál) [1].....	30
Obrázek 6: Průměrné hodnoty abraze trubních materiálů po 100 000 cyklech [5].....	35
Obrázek 7: Čistící kanalizační koule [9]	39
Obrázek 8: Kamerový vozík s inspekčním zařízením [9].....	41
Obrázek 9: Obecné nástroje infrastruktury pro správu aktiv v různém období [5]	45
Obrázek 10: Schéma metodiky ATV-M 149 [23]	69
Obrázek 11: Schéma klasifikačního modelu KAIN [23].....	73
Obrázek 12: Schéma hodnocení stavu stokové sítě podle KAPRI [23]	74
Obrázek 13: Příklad posouzení poškození, Kategorie poškození 5 – koroze [23]	81
Obrázek 14:Příklad posouzení poškození, Kategorie poškození 5 – trhliny [23]	81
Obrázek 15: Příklad posouzení poškození, Kategorie poškození 3 – infiltrace [23].....	81

14 Seznam tabulek

Tabulka 1: Délky stokových sítí podle krajů, dle ČSÚ za rok 2017 [3]	12
Tabulka 2: Orientační doby životnosti jednotlivých trubních materiálů [2]	14
Tabulka 3: Fyzikální vlastnosti kameniny [4]	20
Tabulka 4: Fyzikální vlastnosti betonu a železobetonu [4].....	21
Tabulka 5: Fyzikální vlastnosti litiny [4]	22
Tabulka 6: Fyzikální vlastnosti PVC-U [1].....	23
Tabulka 7: Fyzikální vlastnosti PP [1]	24
Tabulka 8: Fyzikální vlastnosti PE [4]	25
Tabulka 9: Fyzikální vlastnosti sklolaminátu [4]	26
Tabulka 10: Fyzikální vlastnosti čediče [4].....	27
Tabulka 11: Vlastnosti vybraných profilů [1].....	30
Tabulka 12: Nejčastější zjištěné vady dle United States Environmental Protection Agency [8].....	37
Tabulka 13: Rozsah nástrojů pro vyhodnocení stavu stokové sítě [2]	45
Tabulka 14: Kategorie zatřídění stavu a objektů na stokové síti [16]	52
Tabulka 15: Technické ukazatele stokových sítí [17]	54
Tabulka 16: Kategorie technického stavu stokové sítě [18].....	55
Tabulka 17: Příklad hodnotících kritérií [18]	56
Tabulka 18: Provozně-technická kritéria [18].....	56
Tabulka 19: Způsob klasifikace technického stavu stokových sítí. [5]	57
Tabulka 20: Orientační údaje stavu kanalizace [19].....	58
Tabulka 21: Teoretická životnost kanalizací dle společnosti Čevak a.s. [19]	58
Tabulka 22: Parametry ovlivňující prioritu opravy [22].....	61
Tabulka 23: Hodnoty pro konstrukční stav celého potrubí podle závažnosti poškození [22]	61
Tabulka 24: Hodnoty lokálních škod [22]	62
Tabulka 25: Parametry nákladového algoritmu [22].....	62
Tabulka 26: ATV-M 149 - Podmínky vedoucí k přidělení do kategorie stavu 0 [23]	64
Tabulka 27: ATV-M 149: Limity stavových kategorií (výňatek) [23].....	64

Tabulka 28: Rozsah bodů v kategoriích stavu [23]	65
Tabulka 29: Klasifikace stavu stokové sítě s exfiltrací odpadních vod [23].....	67
Tabulka 30: Faktory pro výpočet čísla vyhodnocení podle klasifikačního stavu a modelu hodnocení ATV [23]	68
Tabulka 31: Kategorie poškození odpovídající získaným bodům [23]	70
Tabulka 32: Příklad vyhodnocení konstrukčního poškození [23]	70
Tabulka 33: Kategorie stavu [23]	71
Tabulka 34: Rizikové aspekty sloužící k vyhodnocení [23]	71
Tabulka 35: Bodové ohodnocení podle umístění v dopravním provozu [23]	71
Tabulka 36: Příklad hodnocení kategorie stavu v závislosti na vnějších hraničních podmínkách [23].....	72
Tabulka 37: KAPRI – Vývoj hodnocení konstrukčního stavu pro podélnou trhlinu s různými stupni poškození [23]	74
Tabulka 38: Faktory integrované do KAPRI pro "Umístění v dopravním prostoru" [23]	75
Tabulka 39: Vztahy mezi aspekty poškození a nebezpečí integrovanými do KAPRI [23]....	76
Tabulka 40: Vývoj úplného vyhodnocení stavu podle KAPRI pro různé omezující podmínky pro jednotlivé úseky a jednotné vyhodnocení konstrukčního stavu [23]	77
Tabulka 41: Kategorie poškození podle největšího individuálního poškození [23]	78
Tabulka 42: Další body pro ovlivnění proměnných při hodnocení stavu [23].....	79
Tabulka 43: Rozdělení poruch podle kategorie poškození [23]	80
Tabulka 44: Určení systémové kategorie poruchy [23].....	80
Tabulka 45: Výňatek z tabulky Posunutý trubní spoj ve vodorovném směru (v mm) [23] .	83
Tabulka 46: Posouzení konstrukčních škod v Nizozemsku [23]	82
Tabulka 47: Podskupina "Dodatečná údržba" [23]	83
Tabulka 48: Podskupina "Nutný rozsáhlejší průzkum" [23]	83
Tabulka 49: Podskupina "Nutná opravná opatření při poškození" [23].....	83
Tabulka 50: Popis stavu podle WSAA [24].....	85
Tabulka 51: Hodnocení konstrukčního stavu R_{str} [24].....	85
Tabulka 52: Hodnocení provozně-schopného stavu R_{ser} [24]	85
Tabulka 53: Rozsah metodik pro vyhodnocení stokové sítě	89