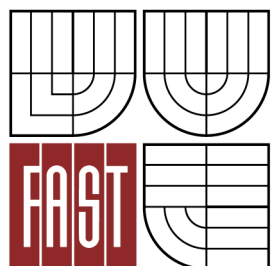




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

TECHNICKÝ STAV KANALIZAČNÍHO POTRUBÍ

TECHNICAL CONDITION OF SEWER PIPES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

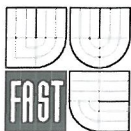
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN DOŠEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PETR HLUŠTÍK, Ph.D.

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Jan Došek

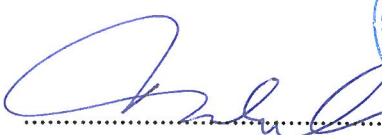
Název Technický stav kanalizačního potrubí

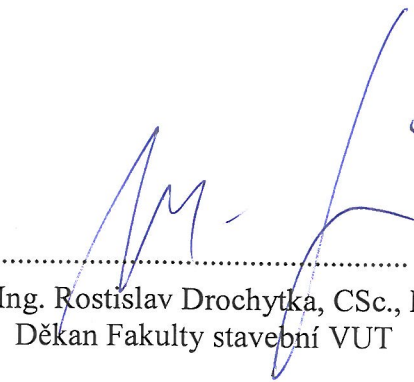
Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Hlušík, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce 30. 11. 2013

Datum odevzdání bakalářské práce 30. 5. 2014

V Brně dne 30. 11. 2013


.....
doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu


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



Podklady a literatura

- [1] MAYS, Larry. Stormwater collection systems design handbook. McGraw-Hill. 2001. ISBN 0-07-135471-9
- [2] STRÁNSKÝ, David. Metodická příručka - Posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí.
- [3] KREJČÍ, Vladimír a kol. Odvodnění urbanizovaných území-moderní přístup, ISBN 80-86020-39-8, NOEL 2000 s.r.o. Brno 20022.
- [4] STEIN, David. Rehabilitation and Maintenance of Drains and Sewers. Brelín: Ernst & Sohn Verlag, 2001. ISBN 3-433-01316-0
- [5] BERÁNEK, Josef. PRAX, Petr. Navrhování tlakové kanalizace. NOEL 2000, ISBN 80-86020-08-8
- [6] HLAVÍNEK, Petr. MIČÍN, Jan. PRAX, Petr. Příručka stokování a čištění, NOEL 2000, 2001, 251 s., ISBN 80-86020-30-4.
- [7] Vybraná čísla časopisů SOVAK a Vodní hospodářství vztahujícími se k uvedené problematice
- [8] Platné normy a legislativa k dané problematice

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

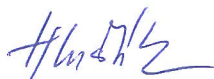
Student v rámci práce zpracuje problematiku na téma vady a poruchy na stokové síti. Definuje technické parametry pro poruchy a vady na tlakové i beztlakové síti, kterými jsou především destrukce, zborcení a ohyby potrubí.

Pro vypsání typů poruch a vad kanalizace student určí jejich mezní stavy pro jednotlivé výrobní řady a různé materiály, které graficky zpracuje.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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



.....
Ing. Petr Hluštík, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je definovat poruchy na kanalizačním potrubí z konstrukčního hlediska a u vybraných poruch stanovit jejich mezní hodnoty podle v současné době platných norem v ČR. Na začátku práce je seznámení s příslušnou legislativou a objasnění základních pojmů. Dále je zde charakterizace jednotlivých trubních materiálů a poruch, které na nich vznikají. Jedná se o ovalitní deformaci, ohyb, polohové vychýlení, obrus, korozi, praskliny, rozlomení a zborcení. Hlavní náplň práce je výpočtové části, kde jsou určovány mezní hodnoty vybraných poruch pro jednotlivé materiály zvlášť. Výstupem jsou souhrnné tabulky, které zobrazují tyto mezní hodnoty a jsou uspořádány tak, aby sloužily jako určité porovnání pro zkoumané trubní materiály.

Abstract

The aim of this bachelor thesis is to define damages of sewer pipes from the constructional point of view and by selected damages set the limits according to valid standards in the Czech Republic. The beginning of this work is an introduction to the legislative and setting of the basic concepts. Another point of this part is to characterize particular materials and damages by which are they effected. It is the questions of ovalisation, longitudinal bending, positional deviation, mechanical wear, corrosion, crack, pipe break and collapse. The main point of this work are calculation part, where the limits for selected damages of particular materials are set one by one. The result are the summary tables that shows the limits and allow the comparison of these analysed sewer pipe materials.

Klíčová slova

Kanalizace, vodotěsnost, trubní materiály, porucha, životnost potrubí, mezní stavy.

Keywords

Sewerage, watertightness, pipe materials, damage, pipe life, limit states.

Bibliografická citace VŠKP

DOŠEK, Jan. *Technický stav kanalizačního potrubí*. Brno, 2014. 54 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Petr Hlušík, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 26. 1. 2014

.....
podpis autora

Jan Došek

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval svému vedoucímu práce, Ing. Petru Hlušíkovi, Ph.D, za jeho cenné rady a za čas, který mi věnoval při konzultacích. A také bych poděkoval své přítelkyni Ludmile Mašterové za vizuální a textovou kontrolu při dokončování této práce.

OBSAH

1	ÚVOD	10
1.1	ZÁKLADNÍ POŽADAVKY FUNKČNOSTI	10
1.2	POLITIKA PROVOZOVÁNÍ	10
1.3	LEGISLATIVNÍ A NORMALIZAČNÍ POŽADAVKY ČR	11
2	MATERIÁLY POTRUBÍ A JEJICH PORUCHY	12
2.1	DEFINICE POJMŮ	12
2.1.1	Porucha	12
2.1.2	Mezní stav	12
2.1.3	Životnost	13
2.1.4	Procento opotřebení	13
2.2	TECHNICKÉ PARAMETRY	14
2.3	ROZDĚLENÍ MATERIÁLŮ	14
2.3.1	Tuhé potrubí.....	15
2.3.2	Polotuhé potrubí	15
2.3.3	Poddajné potrubí	16
2.4	PREFERENCE MATERIÁLŮ	17
2.5	ŽIVOTNOST MATERIÁLŮ	18
2.6	VÝPIS PORUCH	18
2.7	PORUCHOVOST MATERIÁLŮ	19
2.8	ZASTOUPENÍ PORUCH	20
3	TEORETICKÁ ČÁST POSUZOVÁNÍ PORUCH	21
3.1	OVALITNÍ DEFORMACE.....	22
3.2	PODÉLNÁ DEFORMACE - OHYB.....	24
3.3	POLOHOVÉ VYCHÝLENÍ.....	25
3.4	MECHANICKÉ OPOTŘEBENÍ - OBRUS	26
3.5	KOROZE.....	28
3.6	PRASKLINY, ROZLOMENÍ A ZBORCENÍ	29
4	VÝPOČTOVÁ ČÁST POSUZOVÁNÍ PORUCH	32
4.1	OVALITNÍ DEFORMACE.....	32
4.1.1	Litina (tvárná)	32

4.1.2	Sklolaminát GRP	34
4.1.3	Plasty	35
4.2	OHYB.....	37
4.2.1	Kamenina	37
4.2.2	Beton	37
4.2.3	Tvárná litina.....	38
4.3	PRASKLINY, ROZLOMENÍ A ZBORCENÍ	39
4.3.1	Kamenina	39
4.3.2	Beton	39
4.3.3	Plasty	40
4.4	ÚHLOVÉ VYCHÝLENÍ	42
4.4.1	Plasty	42
4.4.2	Kamenina	42
4.4.3	Beton	42
4.4.4	Tvárná litina.....	42
4.4.5	Sklolaminát.....	43
5	CELKOVÉ VYHODNOCENÍ.....	44
6	ZÁVĚR.....	46
	POUŽITÁ LITERATURA.....	48
	SEZNAM TABULEK	50
	SEZNAM GRAFŮ	51
	SEZNAM OBRÁZKŮ	52
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	53
	SUMMARY.....	54

1 ÚVOD

Fungující stoková síť je podstatnou součástí infrastruktury každého města a každé vesnice, která chce udržovat krok se současnou úrovní civilizace. Poruchy na kanalizačním potrubí správné fungování stokové sítě omezují. Z toho důvodu je důležité tyto poruchy umět charakterizovat, znát jejich mezní hodnoty, a vědět, kde mají příčiny a jaké sou jejich důsledky. A to je právě cílem této práce.

Udržovat stokovou síť ve funkčním stavu je úkolem jejího provozovatele, kterým může být příslušná obec, nebo specializovaná společnost. V ČR jsou tyto společnosti často součástí velkých nadnárodních skupin (Veolia Voda, SUEZ Environnement, Energia AG, Aqualia a další).

1.1 ZÁKLADNÍ POŽADAVKY FUNKČNOSTI

Základním požadavkem pro všechny stokové sítě vybudované z jakéhokoliv materiálu je vodotěsnost všech konstrukčních objektů sítě. Pro kanalizační potrubí je zásadní podmínkou, aby použité trouby po celou dobu své životnosti:

- byly dostatečně staticky únosné,
- nedocházelo k nadměrným deformacím trub, nebo k jejich mechanickému poškození,
- nedocházelo k porušení vodotěsnosti spojů trub.

1.2 POLITIKA PROVOZOVÁNÍ

Kromě praktických zkušeností s jednotlivými stavebními materiály, s konstrukčním řešením objektů, se sklonovým a situačním řešením stokových sítí, provozovatelé hodnotí také vlastnosti stavebních materiálů s cílem zajistit u vlastníků a investorů budování kanalizačních staveb, zaručujících jejich dlouhou životnost, bezpečné odvádění odpadních vod a minimální nároky na údržbu a provoz. Doporučení a požadavky provozovatelů jsou však v současnosti často v rozporu s názory účastníků výstavby, kteří preferují minimalizaci cen materiálů a stavebních prací před optimalizací užitečných vlastností materiálů a dalších provozních vlastností dokončených staveb. Proto jsou dále uvedeny často opomíjené vlastnosti materiálů, které ale mají význam pro provozovatele v průběhu celého životního cyklu kanalizačních staveb [1].

Významnou položku nákladů každého provozovatele tvoří opravy stokové sítě vyvolané vzniklými poruchami. Proto každý provozovatel z vlastního zájmu, nebo i z důvodu plnění smluvních ujednání s vlastníkem, se věnuje průzkumu stokových sítí a evidenci poruch. Technické prostředky průzkumu se stále modernizují a rozšiřují, přesto však je v ČR poměrně dlouhá doba k prohlédnutí celého provozovaného systému. Pokud pomíneme lhůty 10 až 15 roků dosahované v některých vyspělých evropských městech, pak jako střednědobý cíl bychom měli považovat dobu cca 20 až 25 roků potřebnou k prohlédnutí celého systému [1].

1.3 LEGISLATIVNÍ A NORMALIZAČNÍ POŽADAVKY ČR

Zde jsou uvedeny platné legislativní a normalizační požadavky, týkající se kanalizačního potrubí, zejména jeho stavebně-technického stavu:

Zákony a vyhlášky

- Zákon č. 274/2001 Sb. Tento zákon upravuje některé vztahy vznikající při rozvoji, výstavbě a provozu vodovodů a kanalizací sloužících veřejné potřebě, přípojek na ně, jakož i působnost orgánů územních samosprávných celků a správních úřadů na tomto úseku [32].
- Vyhláška č. 428/2001 Sb. Vyhláška vydaná ministerstvem zemědělství k provedení některých ustanovení ze Zákona č. 274/2001 Sb. [32][33].

Normy

Statický návrh potrubí:

- ČSN EN 1295-1 Statický návrh potrubí uloženého v zemi pro různé zatěžovací podmínky - Část 1: Všeobecné požadavky

Technický stav kanalizace:

- ČSN EN 13 508-1 a 2. Zjišťování a hodnocení stavu venkovních systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek

Požadavky na vodotěsnost stokových sítí a její zkoušení:

- ČSN EN 1610 Provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení.
- ČSN EN 12889 Bezvýkopové provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení.
- ČSN EN 1671 Venkovní tlakové systémy stokových sítí.
- ČSN EN 1091 Venkovní podtlakové systémy stokových sítí.

Dále se této problematice významně týkají normy k jednotlivým výrobkům. Je jich velmi mnoho. Názvy norem použitých v této práci se nacházejí v seznamu použité literatury na straně 48 a 49.

2 MATERIÁLY POTRUBÍ A JEJICH PORUCHY

Tato kapitola je věnována vlastnostem jednotlivých materiálů, jejich rozdělení a poruchovosti kanalizačního potrubí obecně. Mimo jiné jsou zde uvedené také statistiky, které se poruchovosti stokových sítí týkají.

2.1 DEFINICE POJMŮ

Na začátku je třeba definovat některé pojmy, které se této problematice týkají a které budou v dalším textu uplatněny. Pojmy, které jsou zde uvedené, se týkají stavebních a technických konstrukcí obecně. Lze je aplikovat i pro účely této práce.

2.1.1 Porucha

Porucha je jev, který ukončuje schopnost výrobku nepřetržitě plnit požadovanou funkci. Poruchový stav nastává, když výrobek není schopen plnit požadovanou funkci s výjimkou neschopnosti během preventivní údržby nebo jiných plánovaných činností nebo způsobený nedostatkem vnějších zdrojů [3].

Rozbory jednotlivých případů poruch ukazují, že jejich příčiny je možno rozdělit do čtyř základních skupin [3]:

- vadný nebo nevhodně použitý materiál,
- chyby v projektu a konstrukci,
- chyby ve výrobě a při montáži,
- nevhodné nebo příliš dlouhé provozování.

Málokdy je porucha vyvolána pouze jednou příčinou – obvykle se jedná o kumulaci dvou nebo více příčin [3].

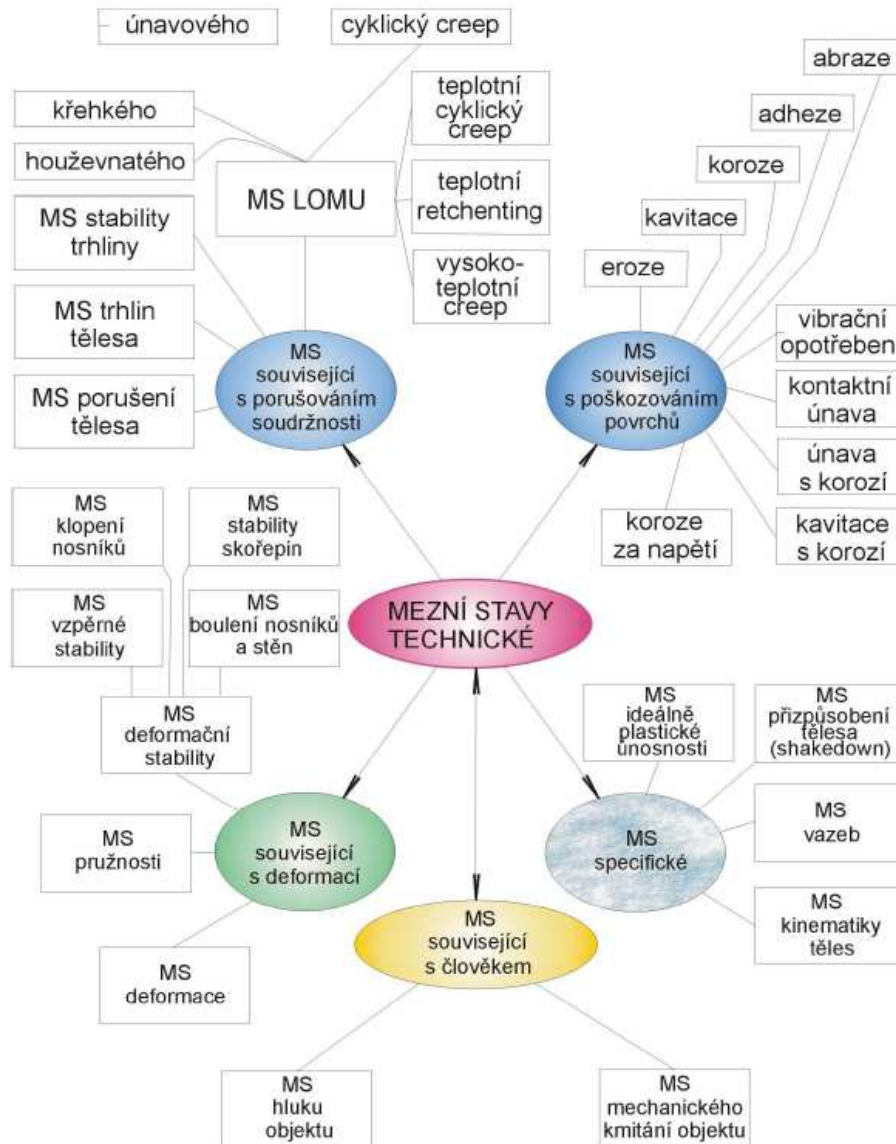
2.1.2 Mezní stav

Mezní stav výrobku je takový jeho stav, kdy stavová veličina dosáhne své mezní hodnoty. Příslušná kritéria (související se schopností výrobku plnit předepsanou funkci z technických, ekonomických, ekologických a jiných závažných důvodů) a mezní hodnoty musí být stanoveny v technických podmínkách, které jsou dány normami, předpisy, směrnici nebo vzájemným ujednáním [3].

Z MS uvedených v Obr. 1 by se v této práci dalo mluvit zejména o následujících [3]:

- **MS boulení stěn** může nastat při jejím namáhání tlakem nebo smykem vybočením z původní střednicové roviny,
- **MS trhlin tělesa** je takový stav tělesa, při němž v tělese existuje trhlinka znemožňující plnit předepsanou funkci,
- **MS lomu tělesa** je takový stav tělesa, při němž z celistvého tělesa vznikají minimálně dvě samostatná tělesa,
- **MS abrazivního** opotřebení tělesa je charakteristický změnou kvality povrchu tělesa. Změna kvality funkčního povrchu je charakterizována odřezáváním povrchových vrstev tělesa, tvorbou rýh, důlků, apod.

Mezní stavy můžeme třídit podle způsobu projevu, jako je deformace, porušení atd. Na následujícím obrázku je uveden jejich přehled.



Obr. 1: Přehled vybraných technických stavů technických objektů [3]

2.1.3 Životnost

Životnost je schopnost objektu plnit požadovanou funkci v daných podmínkách používání a údržby do mezního stavu, který lze charakterizovat ukončením užitečného života. Celkový užitečný život opravovaného objektu je potom dán součtem dob provozu (mezi jednotlivými opravami) až do vzniku mezního stavu objektu [3].

2.1.4 Procento opotřebení

Procento opotřebení je podíl stáří objektu (skutečné doby užívání) a předpokládané (teoretické) životnosti. [4]

$$\text{procento opotřebení [\%]} = \frac{\text{výchozí rok} - \text{rok pořízení}}{\text{teoretická životnost}} \times 100 \quad (1)$$

2.2 TECHNICKÉ PARAMETRY

Volba vhodného trubního materiálu kanalizace je vždy závislá na odborném posouzení konkrétních místních podmínek stavby.

V přehledné tabulce jsou vypsány parametry jednotlivých trubních materiálů tak, jak je udávají příslušní výrobci. Podle těchto hodnot jsou prováděny některé výpočty v kapitole 4.

Tab. 1: Technické parametry trubních materiálů [1][18][20][38][39][40]

materiál	pevnost v tahu za ohybu	modul pružnosti		objemová hmotnost	životnost
		krátkodobě	dlouhodobě		
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[kg/m ³]	[roky]
Kamenina	15 - 40	50 000		2 200	120 - 150
PVC-U	45	3 200	1 750	1 400	40 - 60
PP		1 250		900	50 - 70
PE		800	150	940	40 - 60
Litina	420	170 000		7 200	80 - 100
Beton	3	30 000		2 400	80 - 120
GRP	15 - 40	11 000	6 000	1 770	70

2.3 ROZDĚLENÍ MATERIÁLŮ

Materiály potrubí se ze statického hlediska dají rozdělit na tři základní druhy: tuhé, polotuhé a poddajné (pružné). Liší se způsobem, jak přenášejí především vnější zatížení od zeminy, a také jaké deformace se u nich projevují.

Stabilita stok a nepřekročení určené trvalé deformace trubních stok z poddajných materiálů po celou dobu životnosti stok jsou základní užité vlastnosti požadované vlastníkem i provozovatelem. Tuhé trubní systémy se vyrábějí pouze ve dvou až třech pevnostních skupinách, např. trouby s normální únosností, se zvýšenou únosností a trouby protlačovací. V běžných případech jejich použití a při dodržení obvyklých, nikterak náročných způsobech jejich uložení, nedochází k jejich statickému poškození [1].

Naopak poddajné trubní systémy, u nichž se deformační vlastnosti vyjadřují kruhovou tuhostí, se vyrábějí ve více pevnostních skupinách lišících se právě kruhovou tuhostí (SN4, 8, 10, 12, 16). U trub ze skelného laminátu je dokonce možné vyrobit trouby jakékoliv stanovené kruhové tuhosti. Velký vliv lidského faktoru při pokládce poddajných trub, zejména při pokládce trub nižších kruhových tuhostí, je v současnosti hlavním rizikem vzniku nepřípustných deformací. Logickým důsledkem této skutečnosti jsou tendence používat trouby vyšších kruhových tuhostí a předepisovat poměrně nízké přípustné hodnoty trvalé deformace [1].

2.3.1 Tuhé potrubí

Mezi tuhé trouby patří výrobky z betonu (prostý beton, železobeton a přepjatý beton) a z kameniny.

Chování

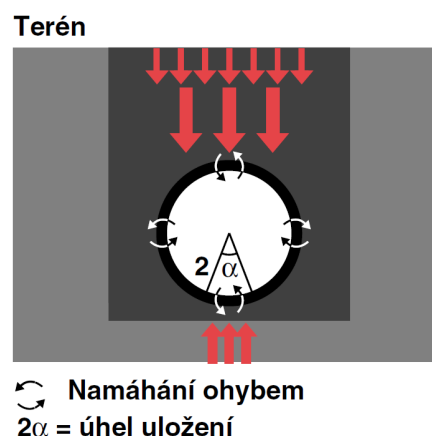
Tuhé trouby dovolují jen velmi malou ovalizaci před porušením. Tato deformace nestačí k tomu, aby mohly působit reakce bočního opření trouby o zásyp. Veškeré svislé zatížení zeminou se přenáší na podloží a tím vznikají silná namáhání ohybem ve stěně trouby. Tuhé trouby koncentrují zatížení na horním a dolním vrcholu trouby [2].

Kritérium pro navrhování

Obvykle se používá maximální zatížení při porušení [2].

Výrobci

- Steinzeug-Keramo,
- Harsch Steinzeug,
- Prefa Brno,
- BETONIKA,
- BETONIKa plus,
- EUROBETON MAaA a další.



Obr. 2: Chování tuhých trub [2]

2.3.2 Polotuhé potrubí

Příkladem polotuhých trub jsou trouby z šedé a tvárné litiny. V současnosti se však používá litina jenom tvárná.

Chování

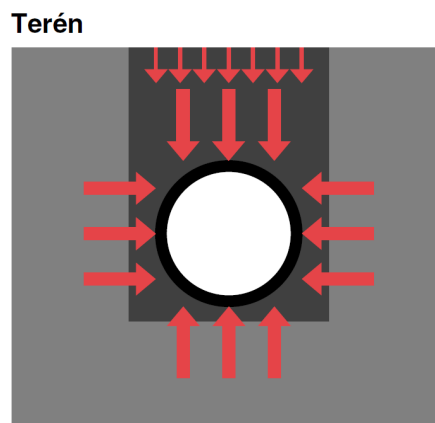
Polotuhé trouby se vyznačují mírnou ovalizací, která je dostatečná k tomu, aby část svislého zatížení zeminou vyvolala boční reakci v místě opření o obsyp. V tomto případě působí jednak pasivní reakce o opření o obsyp a jednak vnitřní ohybová napětí ve stěně trouby [2].

Kritérium pro navrhování

Používá se maximální přípustné napětí v ohybu (případ malých průměrů), nebo maximální přípustná ovalizace (případ velkých průměrů) [2].

Výrobci

- SAINT-GOBAIN PAM,
- Duktus a další.



Obr. 3: Chování polotuhých trub [2]

2.3.3 Poddajné potrubí

Typické poddajné trouby jsou vyrobeny z plastu, patří sem PVC-U, PP, PE. Dá se sem ale zařadit také sklolaminát – GRP (Glass Reinforced Plastic).

Chování

Pružné trouby dovolují značnou deformaci, aniž by došlo k jejich porušení. Tím způsobem je svislé zatížení vyrovnáno pouze reakcí bočního opření trouby o okolní obsyp. Stabilita tohoto systému je přímo závislá na modulu reakce (E') obsypu a tedy na kvalitě obsypu, jeho hutnění a způsobu odstranění pažení. Modul reakce zeminy je také ovlivněn přítomností spodní vody [2].

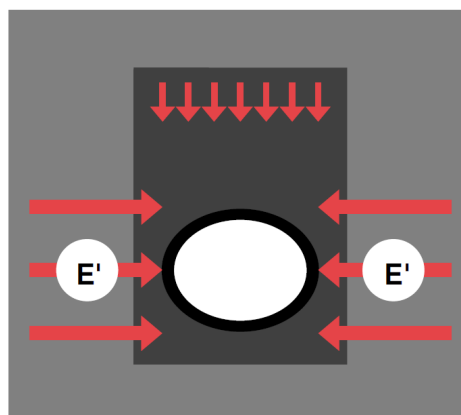
Kritérium pro navrhování

Používá se maximální přípustná ovalizace nebo maximální přípustné ohybové napětí, ale též pevnost ve vzpěru [2].

Výrobci

- Pipelife Czech,
- WAVIN,
- WAVIN Ekoplastik,
- OSMA,
- Maincor,
- HOBAS,
- Amiantit a další.

Terén



Obr. 4: Chování poddajných trub [2]

2.4 PREFERENCE MATERIÁLŮ

Hlavním cílem všech Městských standardů je prosazení výstavby stok a vodovodů s dlouhou životností, používání stavebních materiálů požadovaných užitných vlastností a omezení poruchovosti stok na nejmenší míru. Výběr požadovaných stavebních materiálů v jednotlivých lokalitách podle Městských standardů uvádí obrázek 11. V roce 2009 provedla většina společností (červená pole v Tab. 2) aktualizaci Městských standardů, podle kterých lze usuzovat na určité vývojové tendence v názorech souvisejících s výstavbou stok. sítí [1]:

- Základními trubními materiály zůstávají kamenina, beton a železobeton s výstelkou, tvárná litina, skelný laminát a plasty.
- Betonové a železobetonové trouby bez výstelky se mohou používat jen pro dešťové stoky.
- Praha jako první město v ČR zavádí požadavek na používání kameninových trub se zvýšenou únosností ve vrcholovém tlaku s cílem dlouhodobě snížit riziko mechanického poškození kameninových trub a prodloužit tak životnost stok z kameniny.
- Obdobně se v aktualizovaných Městských standardech Prahy prvně v ČR objevuje doporučení preferovat trubní systémy s certifikovanou značkou jakosti, to znamená preferovat systémy nadstandardní kvality.
- Nově se zařazuje do některých Městských standardů polymerbeton.
- Všechny další podstatné změny se týkají trubních systémů z plastů s cílem zvýšit jejich odolnost proti mechanickému poškození, odolnost proti obrusu a negativním účinkům tlakového čištění – tedy zvýšit jejich provozní bezpečnost.
- Důvody zvyšování požadavků na stavební materiály a provádění staveb souvisejí se snahou společností budovat stokové sítě s dostatečnou životností, ale také čelit poklesu kvality stavebních prací: Ten je způsoben jak cenovou politikou stavebních firem, tak výběrem subdodavatelů akceptujících minimalizaci cen svých dodávek.

Tab. 2: Preference stavebních materiálů v jednotlivých lokalitách [1]

Lokalita	Materiál	plasty												použití materiálu dle typu území	použití materiálu dle dimenze		
		kamenina	beton a železobeton	beton a železobeton s výstelkou	polymerbeton	ocel, nerez, ocel	tvárná litina	skelný laminát	PVC	PE	PP	konstrukce stěny					
												hladké plnost.	hladné strukturované			žebrované	korugované
Praha	PVS 2009	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	×	×	×	■	■	
Brno	Mag. m. Br. 2007	■	■	■	■		■	■		(■)	■	×	×	×			
Ostrava	OVAK 2009	■	■	■			■	■		■	■	×	×	×			
Plzeň	SIMP 2009	■		■		■	■	■	■	■	■	●	●	×	■	■	
Hradec Králové	VaK 2004	■	■	■			■	■	■	■		●			■		■
Kladno	VKM 2009	■	■	■	■		■	■	■	■	dohodou se SVAS					■	
Teplice	SVS 2009	■		■			■	■	■	■	■						

2.5 ŽIVOTNOST MATERIÁLŮ

Technická životnost stavby vyjadřuje omezení doby funkčnosti stavby vlivem fyzického opotřebení za předpokladu, že se bude průběžně uskutečňovat žádoucí údržba a opravy. Čím delší bude životnost stavby (nebo její části), tím delší bude doba od uvedení stavby do provozu po provedení její obnovy [1].

Obnova systému nebo jeho části je proces vybudování nových stok a přípojek ve stávajících nebo jiných trasách při zachování jejich původní funkce. Jen ve výjimečných případech se přistupuje k obnově stavby na konci její technické životnosti. Z ekonomického hlediska je účelné k rozhodnutí o provedení obnovy použít dlouhodobé sledování poruchovosti a nákladovosti oprav jeho dílčích částí. K obnově stok z ryze ekonomických důvodů se zpravidla přistupuje v době, kdy suma nákladů na opravy a renovace od počátku uvedení díla do provozu dosáhly cca 60–70 % nákladů potřebných na vybudování nového díla [1].

Tab. 3: Životnosti různých trub podle zkušeností s provozováním pražské stok. sítě [1]

MATERIÁL A KONSTRUKCE	ŽIVOTNOST
Čedičové trouby	150 let
Kameninové trouby normální únosnosti	120 let
Kameninové trouby protlačovací	150 let
Betonové trouby	80 let
Betonové trouby s čedičovou výstelkou 360°	120 let
Zděné stoky cihelné	80 let
Zděné stoky cihelné s čedičovou výstelkou	120 let
Trouby litinové	80 let
Trouby z tvárné litiny	100 let
Trouby GRP odstředivě lité	70 let
Trouby PVC, hladké, vnitřně strukturované	40 let
Trouby PVC, hladké, plnostěnné	60 let
Trouby PE, vně strukturované (korugované)	40 let
Trouby PE, vícevrstvé, s ochranným pláštěm	60 let
Trouby PP, vně strukturované (korugované)	50 let
Trouby PP, vícevrstvé, s ochranným pláštěm	70 let

2.6 VÝPIS PORUCH

Druhy poruch stavebního stavu kanalizačního potrubí jsou definovány více způsoby. Jako příklad zde uvádím dva různé výpisy poruch, jeden podle ČSN, druhý podle ATV. Je zde vidět veliká odlišnost ve způsobech, jakými jsou poruchy v těchto normách rozříděny.

Podle ATV-M 143E

- Netěsnost
- Překážky v průtoku
- Odchyly polohy
- Mechanické opotřebení
- Koroze
- Trhliny
- Deformace
- Prolomení trouby
- Zřícení, zborcení trouby [27]

Podle ČSN 13 508-2+A1

- Deformace
- Tvorba prasklin
- Rozlomení/destrukce stok a kanalizačních přípojek
- Poškozené zdivo
- Chybějící pojivo
- Poškození povrchu
- Vyčnívající (přesazená) kanalizační přípojka
- Vadné napojení kanal. přípojky
- Vyčnívající těsnící materiál potrubí
- Posunutý trubní spoj
- Poškozená vnitřní výstelka nebo obložení stok, popř. kanalizačních přípojek
- Chybná oprava
- Vadný svar potrubí
- Porézní trouba
- Okolní zemina je viditelná z důvodu poškození
- Dutý prostor (kaverna) je viditelný z důvodu poškození [5]

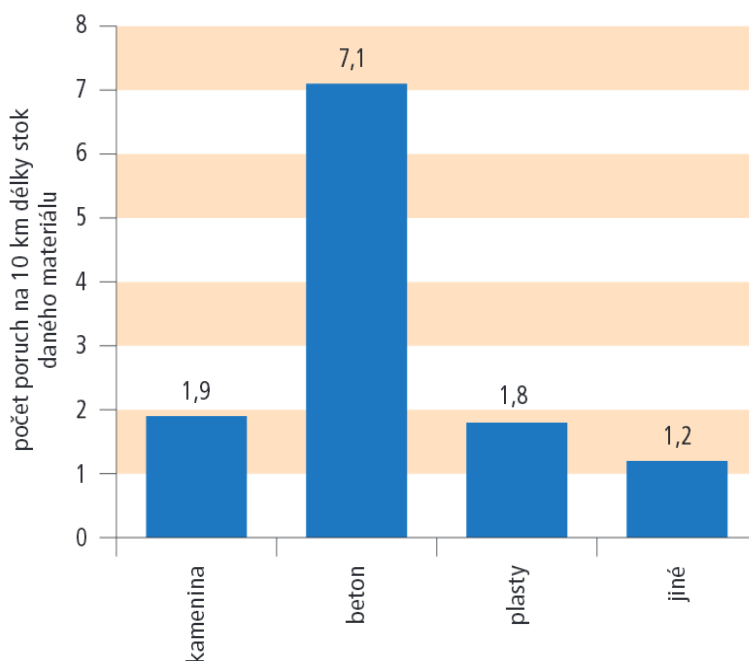
2.7 PORUCHOVOST MATERIÁLŮ

V následujícím grafu je přehledné srovnání trubních materiálů v počtu poruch na 10 km potrubí.

V případě betonových trub se zřejmě jedná o trubní stoky menších dimenzí z prostého betonu, které bývaly používány v minulosti při výstavbě stokových sítí malých obcí (akce Z), které jsou nyní již na hranici životnosti [1].

Stejná poruchovost plastových a kameninových trub je pouze zdánlivá, neboť kameninové trouby se v ČR používají více než 100 let, avšak plastová potrubí podstatně kratší dobu. Uvedené hodnoty ukazatelů neberou totiž v úvahu časový faktor. Pro správné porovnání poruchovosti jednotlivých druhů trubních materiálů by bylo třeba porovnávat poruchovost stok stejného stáří [1].

Graf 1: Poruchovost trubních materiálů. [1]

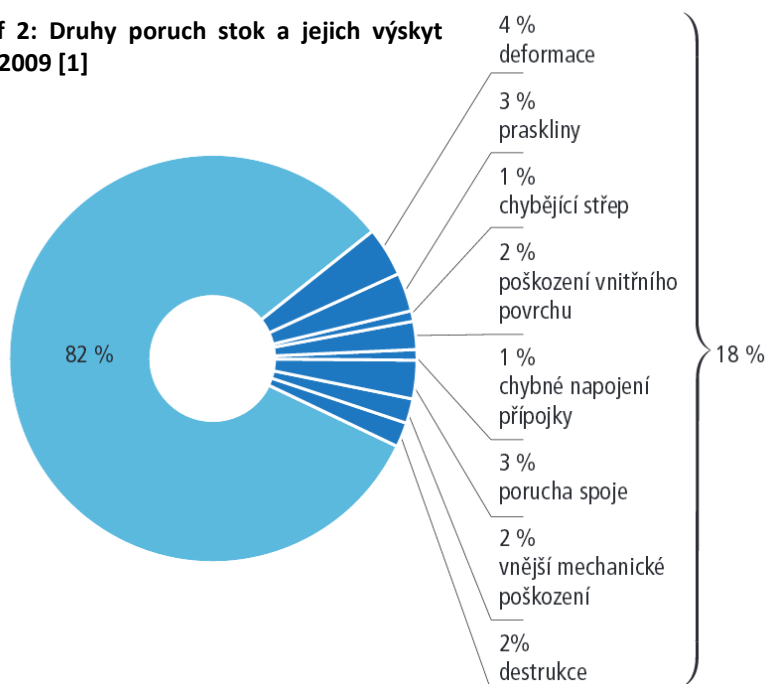


2.8 ZASTOUPENÍ PORUCH

V časopise SOVAK byly uveřejněny statistiky o poruchách za rok 2009. Znárodnují je grafy 2 a 3. Světle modré pole v grafu 2 s hodnotou 82 % představuje odstraňování překážek průtoku a totálních ucpávek na stokových sítích. Jelikož tento druh poruch se na stokových sítích vyskytuje nejčastěji, měla by být tato skutečnost signálem k účinnému a racionálnímu způsobu výkonu této činnosti [1].

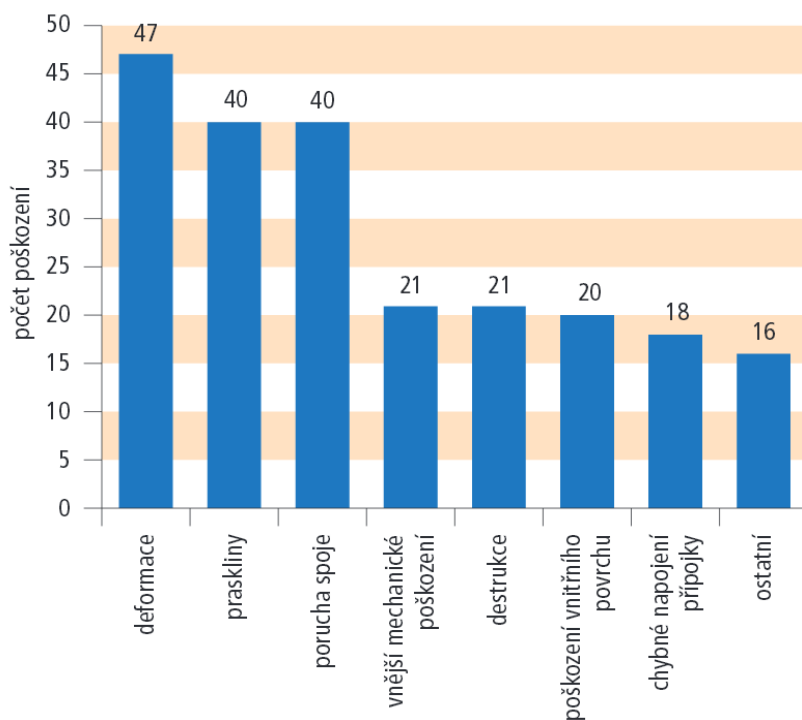
Poruchy stavebního stavu, který zde představuje zbylých 18 %, srovnává podrobněji graf 3.

Graf 2: Druhy poruch stok a jejich výskyt v r. 2009 [1]



Z výskytu jednotlivých druhů poruch lze orientačně usuzovat nejčastěji se vyskytující příčiny:

- volba poddajných trubních systémů s nedostatečnou kruhovou tuhostí;
- nekvalitně provedené uložení trub a jejich montáž;
- poškození způsobená třetími osobami při stavební činnosti;
- vadné napojování přípojek nekvalifikovanými stavebními firmami.



Graf 3: Druhy a počty poškození stavebního stavu stok v r. 2009 [1]

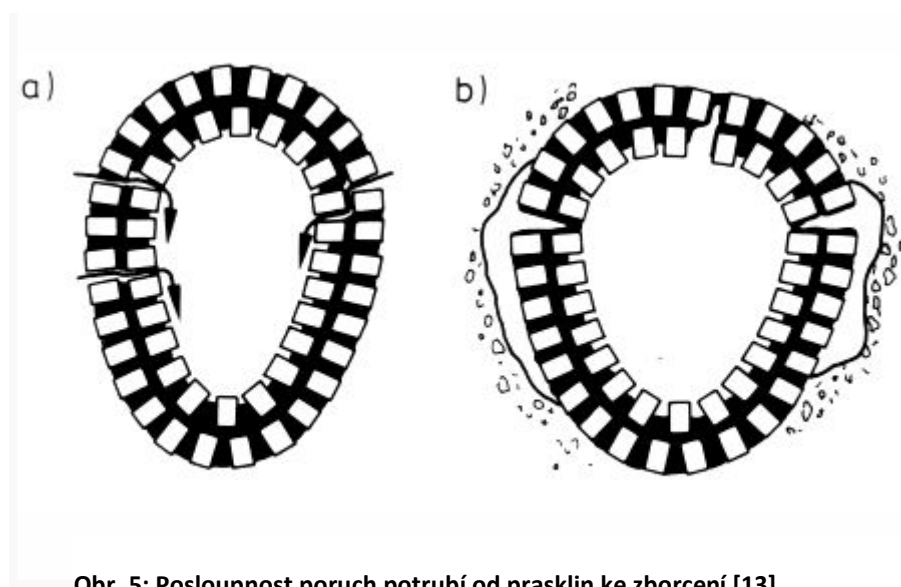
3 TEORETICKÁ ČÁST POSUZOVÁNÍ PORUCH

Jak je vidět, druhů poruch je mnoho. Obsahem této kapitoly je charakterizace vybraných poruch stavebního stavu potrubí. Jedná se o:

- ovalitní deformaci,
- podélnou deformaci – ohyb,
- polohové vychýlení,
- mechanické opotřebení – obrus,
- korozi,
- praskliny, rozlomení a zborcení.

Tyto poruchy jsou zde jednotlivě charakterizovány podle různých norem ČSN, norem ATV, prospektů některých výrobců a podle příslušné odborné literatury. Ke každé poruše je napsaná definice, příčina vzniku, jakým způsobem se měří a hodnotí a jaké jsou možné následky. Pro některé jsou pak ve výpočtové části určovány jejich mezní stavy.

Poruchy se vzájemně ovlivňují. Lze to vyčíst i z výpisů možných příčin a následků poškození. V některých případech by se dalo i říci, že se stupňují. Jedná se o praskliny, po kterých následuje rozlomení a posledním stupněm je zborcení trouby. Na obrázku 5 je uveden příklad možné posloupnosti poruch v případě zděného potrubí. V důsledku mechanického namáhání vznikají ve stěnách potrubí praskliny, jejichž následkem jsou průsaky balastních vod. S vodou se do potrubí dostává i okolní zemina a vznikají tak duté prostory (kaverny). Mimo to může skrz praskliny nastat i prorůstání kořenů a tím dochází k rozšiřování prasklin a rozlomení potrubí. U takto poškozeného potrubí s vyplaveným okolím může už poměrně snadno nastat zborcení.



Obr. 5: Posloupnost poruch potrubí od prasklin ke zborcení [13]

3.1 OVALITNÍ DEFORMACE

Charakterizace deformace podle ČSN EN 12 508-2+A1: Příčný profil stoky se oproti původnímu stavu zdeformoval [5].



Obr. 6: Ovalitní deformace plastových kanalizačních trub [10]

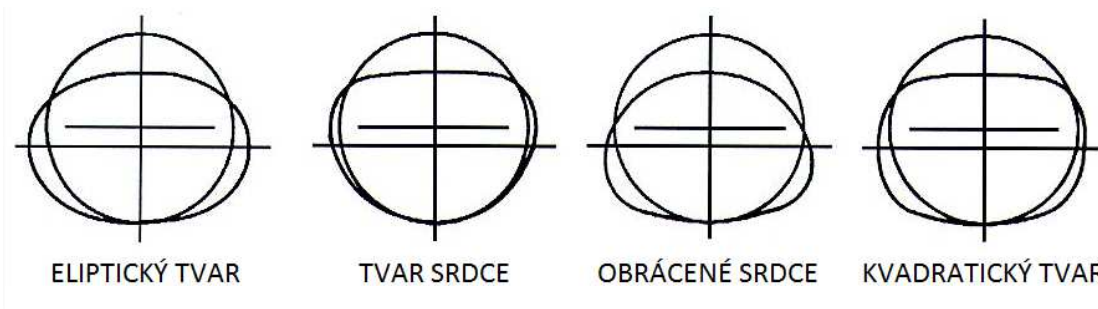
Příčiny poruchy

Podle ATV-M 143E rozlišujeme tyto příčiny [27]:

- chybějící nebo žádné statické výpočty,
- použití nevhodného nebo vadného potrubí,
- neprofesionální pokládka potrubí,
- špatné podloží potrubí nebo nevhodně provedený zásyp a hutnění,
- účinky teploty,
- důsledek netěsností, mechanického opotřebení nebo koroze.

Kvantifikace a hodnocení

Jak je vidět níže na Obr. 7, profil potrubí může být deformován do různých tvarů. Pro účely snadné kvantifikace určujeme pouze změnu průměru deformovaného potrubí oproti potrubí původnímu a udáváme ji v procentech.



Obr. 7: Tvary deformace [26]

Podle ČSN 14 364 rozlišujeme 3 různé mezní stavy [12]:

- počáteční deformace (v čase 2 minuty) před porušením vnitřního povrchu trubky,
- počáteční deformace před strukturálním porušením,
- dlouhodobá limitní deformace.

Podle TNV 75 0211 se mezní hodnoty deformací určují v závislosti na řadě kritérií, rozhodují zejména [7]:

- požadavky na užitné vlastnosti potrubí, zvláště pak na stálost tvaru, odolnost spojů a možnosti čištění,
- přetvárné vlastnosti materiálu trub a celého systému potrubí - zemina, včetně jejich časové proměnlivosti,
- požadavky na chování okolních stavebních prvků, například na možné deformace povrchu komunikací.

Podle ČSN 13 476-1: „Deformace do 15 % neovlivní řádnou funkci potrubního systému.“ [6]

Doporučené hodnoty deformace uvádí TNV 75 0211. Jsou uvedeny v následující tabulce:

Tab. 4: Doporučené mezní hodnoty svislého stlačení podle TNV 75 0211 [7]

Návrhová situace (zatížení)	hodnoty stlačení [%]				
	ocel	šedá litina	tvárná litina	sklolaminát	PVC,PE
Přechodná- během výstavby, zejména při hutnění	4,0	2,0	4,0	6,7	6,7
Trvalá při působení pouze stálého zatížení	2,0	1,0	2,0	3,3	3,3
Trvalá při působení veškerého provozního zatížení	4,0	2,0	4,0	6,7	6,7
Mimořádná během provozu při působení mimoř. zatížení	5,0	2,5	5,0	10,0	10,0

POZNÁMKA: pro tuhá potrubí (beton, železobeton, kamenina) se hodnoty stlačení neuvádějí

Ovalitní deformaci standardně měříme pouze pro potrubí z polotuhých a poddajných materiálů. Ve skutečnosti však k této deformaci dochází i u tuhých materiálů. Podle výzkumu profesora Dietricha Steina může dojít ke ztrátě stability betonových a kameninových trub při překročení hodnoty 5% deformace [24][25].

Vnitřní přetlak přispívá u netuhých trub k vyšší odolnosti proti boulení. Protože se však vnitřní přetlak někdy v potrubí nevyskytuje, navrhují se potrubí obvykle tak, aby odolávala boulení i bez vnitřního přetlaku [8].

Následky poruchy

Podle ATV-M 143-1 známe tyto možné následky [27]:

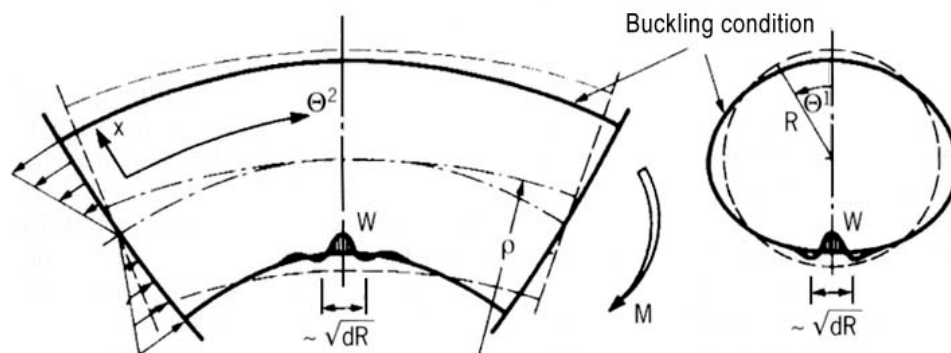
- snížení hydraulické účinnosti,
- blokády,
- pracnější údržba,
- boulení,
- netěsnosti,
- praskliny, rozlomení, zborcení,

3.2 PODÉLNÁ DEFORMACE - OHYB

Jedná se o deformaci v podélném směru, která se u tuhých potrubí může projevit rozlomením.

Příčiny poruchy

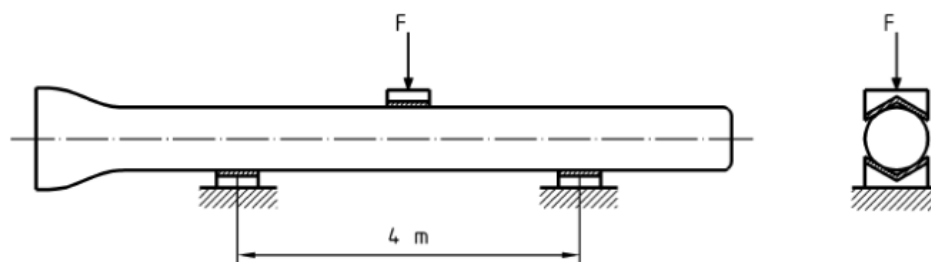
Příčinou ohybové deformace je překročení meze pevnosti v ohybu. Tenkostěnné potrubí selže v ohybu v důsledku vzpěru [24], jak je vidět na Obr. 8.



Obr. 8: Ohybová deformace potrubí [28]

Kvantifikace a hodnocení

Odolnost potrubí proti podélnému ohybu určujeme pouze pro menší profily. Největší posuzovaný profil pro betonové potrubí je DN 250, ale třeba pro litinové potrubí je to jen DN 200. Proto se podélný ohyb týká spíše jen kanalizačních přípojek. Některé normy udávají přímo mezní ohybový moment, některé jen výpočetní vztahy. Tyto hodnoty jsou uvedeny ve výpočtové části.



Obr. 9: Zkušební zařízení na ohýbání trub z tvárné litiny [11]

Zkouška potrubí proti ohybu se provádí na zkušebních zařízeních, jako je vidět na Obr. 9.

Následky poruchy

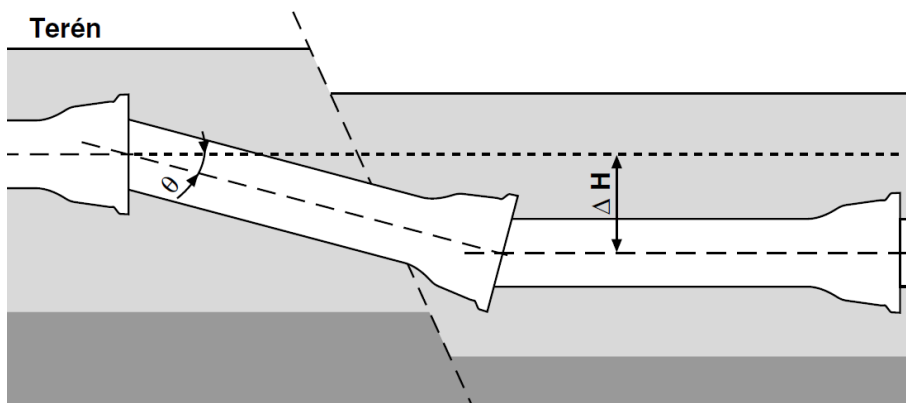
Napětí jako důsledek podélného ohýbání může tedy být viděno jako zanedbatelné pro flexibilní potrubí, takže se to bere v úvahu jen v mimořádných případech v průběhu pokládky [24].

U tuhých potrubí může namáhání potrubí v ohybu způsobit praskliny, rozlomení a destrukci.

3.3 POLOHOVÉ VYCHÝLENÍ

Charakterizace posunutého trubního spoje podle ČSN EN 13508-2+A1: Vzájemně spojené trouby jsou oproti předpokládané poloze posunuty [5].

Polohovým vychýlením se rozumí neplánovaná odchylka potrubí z plánované polohy, nebo z polohy při pokládce potrubí [24].



Obr. 10: Polohové vychýlení potrubí [20]

Příčiny poruchy

Možné příčiny poškození podle ATV-M 143E [27]:

- nesprávné plánování a stavební práce,
- hydro-geologické změny,
- změny zatížení,
- sedání a zemětřesení,
- v důsledku netěsností.

Trasa potrubí může vést nesoudržnými, nebo nestabilními terény (bažinaté zóny, poklesy čerpáním spodních vod, poddolovaná území, konsolidace silničních násypů...) [20].

Kvantifikace a hodnocení

Polohové odchylky jsou přípustné pouze v rámci odchylky stanovené smluvní stranou nebo normami, směrnici a pracovními listy. Tyto odchylky jsou uvedeny, například v důsledku změny podélných vlivu teploty, k axiálnímu posunutí, pro úhlové změny, odchylky kolmo ke směru osy nebo účinky gravitace [24].

Nejčastěji uváděné je úhlové vychýlení (Obr. 10). Stanoveno je příslušnými normami a listy od výrobce. Z důvodu dostupnosti těchto hodnot pro všechny typy potrubí, je ve výpočtové části této práce uvedeno právě úhlové vychýlení.

Následky poruchy

Možné následky poškození [27]: odlamování spojů potrubí, zvýšení intenzity údržby, netěsnosti, překážky proudění, praskliny, havárie potrubí.

3.4 MECHANICKÉ OPOTŘEBENÍ - OBRUS

Charakterizace podle ČSN EN 13508-2+A1: Vnitřní plochy stok nebo kanalizačních přípojek byly poškozeny vlivem mechanického nebo chemického působení [5].

V tomto případě je pozornost věnována mechanickému působení, chemické působení je uvedeno zvlášť jako následující porucha.

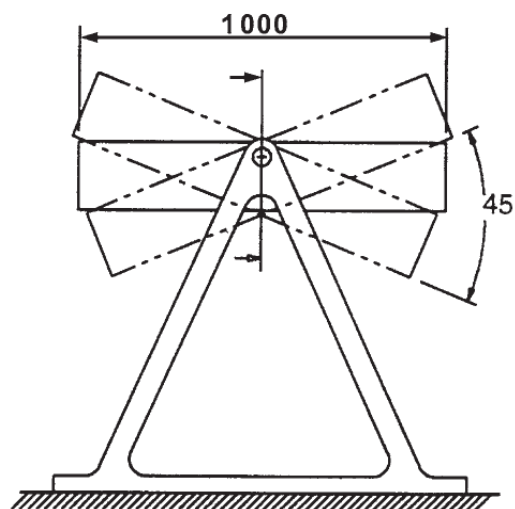
Příčiny poruchy

Obrus potrubí především třením různých pevných látek obsažených v proudící vodě, jako je písek, štěr, různé pevné částice atd. [24] Nejvíce je potrubí vystaveno tomuto opotřebení v úsecích s velkými sklony, kde je vyšší rychlost proudění.

Kvantifikace a hodnocení

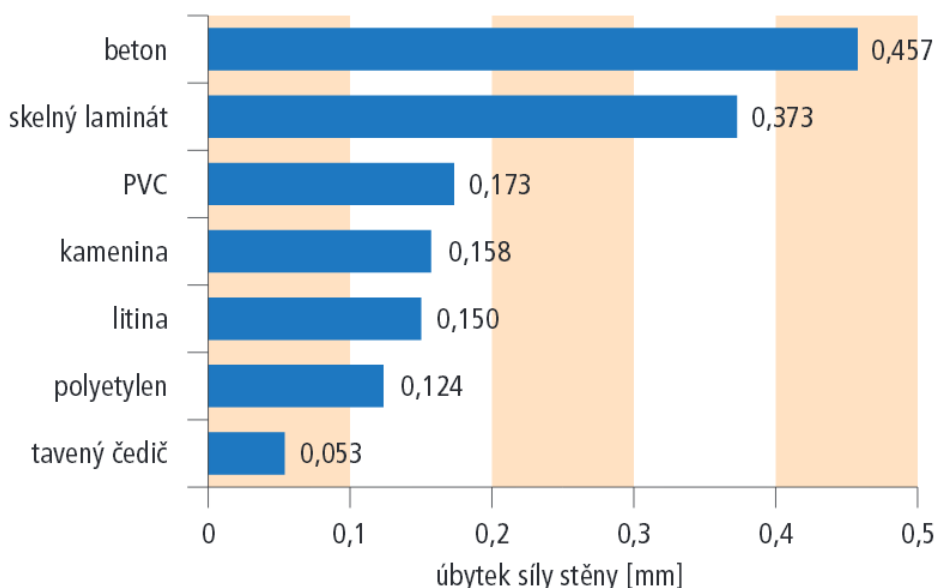
Obrus obvykle měříme jako redukcí tloušťky stěny potrubí v místě vystaveném opotřebení (omočená vnitřní strana potrubí, nejvíce dno). Při laboratorních zkouškách se provádí měření například podle kapitoly 15 v normě EN 295-3 (Obr. 11). Hodnotíme pak buď pouze samotnou hodnotu úbytku tloušťky, nebo také relativní obrus, který je dán poměrem úbytku tloušťky k původní tloušťce.

Provedené zkoušky různých stavebních materiálů prokázaly, že nejvyšší absolutní odolnost proti obrusu vykazují měkké a také nejtvrdší materiály. Orientační hodnoty odolnosti různých materiálů jsou patrné z grafu 4 [1].



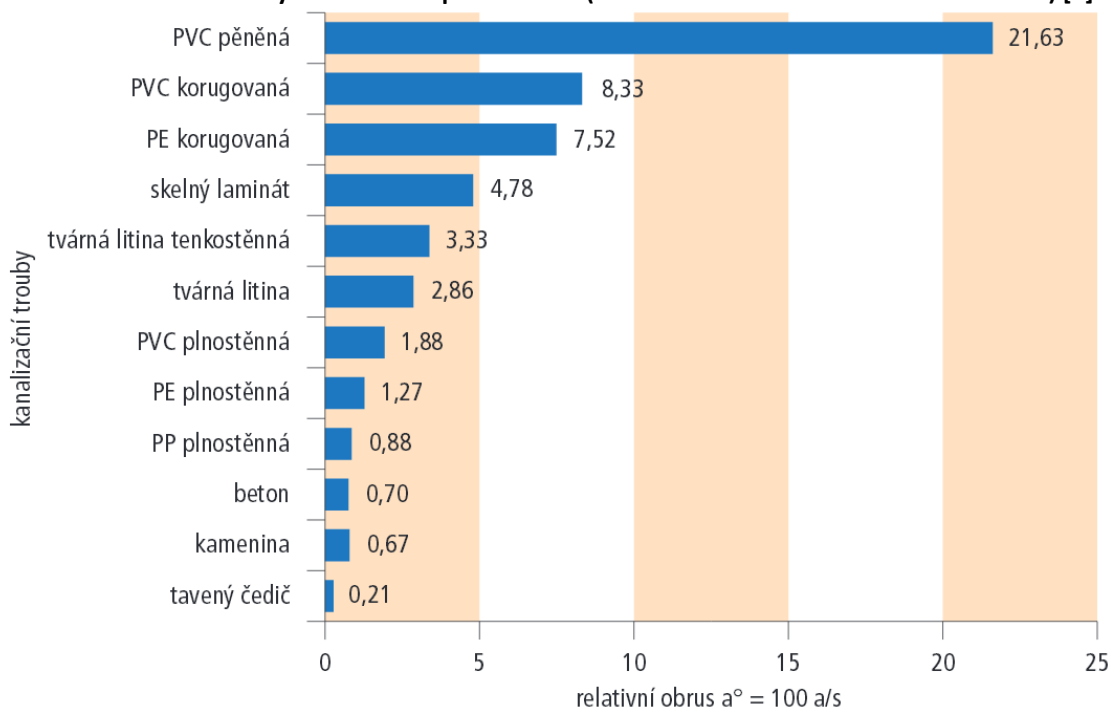
Obr. 11: Zkouška otěruvzdornosti podle EN 295-3 [16]

Graf 4: Odolnost trubních materiálů proti obrusu [1]



Ale po zahrnutí síly stěny do posouzení odolnosti trub se výrazně změní pořadí jednotlivých výrobců. Obecně platí, že síla stěny je měřítkem míry bezpečnosti stoky, a to nejenom proti poškození obrusem [1].

Graf 5: Odolnost trub různých konstrukcí proti obrusu (relativní obrus kanalizačních trub DN 300) [1]



Následky poruchy

Důsledky obrusu podle ATV-M 143E jsou [27]:

- zvýšení drsnosti stěn a tím snížení hydraulické účinnosti,
- snížení tloušťky stěny (snížení únosnosti a vodotěsnosti).

Při snížení tloušťky stěny může dojít k prasklinám, rozlomení a také zborcení potrubí (viz následující kapitoly).

Dalším nebezpečím je také poškození protikorozi ochrany [24].

3.5 KOROZE

Definice dle ATV-M 143E: „Pod pojmem koroze kanalizačního potrubí jsou chápány reakce všech kovových i nekovových konstrukcí s jejich prostředím, které díky chemickým, elektrochemickým a mikrobiologickým procesům vedou k poškození těchto materiálů. Poruchy v důsledku mechanických činností, jako je obrus, eroze nebo mráz, musejí být posuzovány zvlášť. Nelze vyloučit, že koroze nevznikla v kombinaci mechanických činností a chemických, elektrochemických a mikrobiologických procesů.“ [27]

Nejvíce jsou korozi ohroženy materiály na bázi cementu (beton, eternit, vláknitý cement, malta) a kovové materiály (ocel, litina). Glazované kameninové trouby a obklady jsou zpravidla vůči korozi odolné, s výjimkou při kyselině fluorovodíkové. Potrubí z plastů nelze obecně považovat za odolné proti korozi. Jejich odolnost je ovlivněna teplotou a koncentrací přiváděných látek a také mechanickým namáháním [24].



Obr. 12: Koroze na vnitřním povrchu betonového potrubí [30]

Příčiny poruchy

Vznik a rozsah koroze závisí především na [24]:

- agresivitě dopravovaného média,
- použitém materiálu potrubí.

Kvantifikace a hodnocení

Koroze je stanovena vnitřní prohlídkou a hodnocena s ohledem na tvar trouby, zbývající tloušťku stěny, způsob odstranění betonu (v případě betonových trub) a pevnost betonu z konstrukčního hlediska [24].

Při hodnocení stok rozlišujeme dva případy [24]:

- stabilní potrubí (není požadováno stavební opatření pro zlepšení únosnosti),
- nestabilní potrubí (nutná okamžitá opatření).

Následky poruchy

Možné následky škody vzniklé v důsledku koroze značně závisí na druhu koroze. Její projev a rozsah podle ATV-M 143E jsou [27]:

- netěsnosti,
- snížení tloušťky stěny a tím i snížení únosnosti a následně možností prasklin, rozlomení a zborcení.

Vnitřní koroze způsobuje další zvýšení drsnosti stěny a tím snížení hydraulické účinnosti [24].

3.6 PRASKLINY, ROZLOMENÍ A ZBORCENÍ

Charakterizace prasklin (trhlin) podle ČSN EN 13508-2+A1: Linie praskliny jsou viditelné, popř. je patrná mezera, ale části potrubí jsou stále na místě [5].

Tento typ poškození vzniká především u potrubí z tuhých materiálů. Podle ATV-M 143E, i podle ČSN EN 13508-2+A1 rozlišujeme tyto různé formy prasklin, které mohou předcházet rozlomení a zborcení trouby [27][5]:

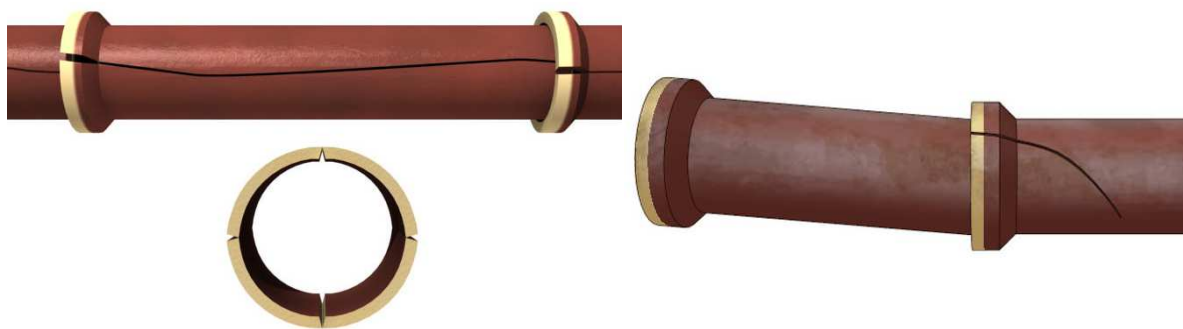
- podélné praskliny,
- příčné praskliny,
- praskliny pocházející z bodu.

Příčiny prasklin jsou úzce spojeny s jejich typem. Forma prasklin a její rozměry vypovídají o její příčině. Možné také je, že prasklina může mít několik příčin [24]. Bez ohledu na typ praskliny to mohou být následující příčiny [27]:

- nedodržování norem a předpisů,
- poškození potrubí při dopravě, skladování, pokládce, podestýlání, zasypávání nebo hutnění,
- účinek obrusu.

Podélné praskliny

Podélné praskliny v tuhém potrubí se z uvedených typů vyskytují nejčastěji. Ve většině případů vznikají ve čtyřech bodech profilu. Horní a dolní praskliny se otevírají na vnitřní straně, boční na straně vnější (Obr. 13). Obvykle začínají u spoje trub a mohou se buď omezit jen na tuto oblast (Obr. 14), nebo se mohou rozšířit po celém potrubí (Obr. 13) [24].



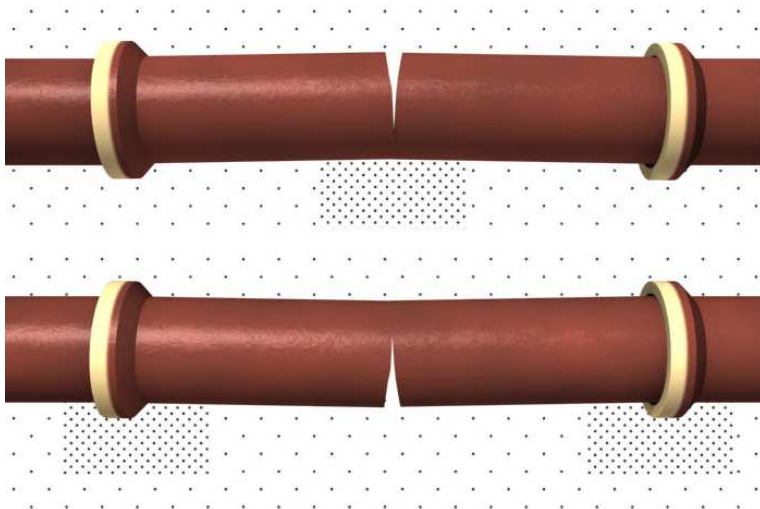
Obr. 13: Podélná prasklina potrubí [29]

Obr. 14: Prasklina spoje trub [29]

Podle ATV-M 143E je příčinou podélných prasklin překročení prstencové pevnosti. Kromě toho mohou praskliny vzniknout v důsledku odchylky polohy způsobené změnami v podloží, zapříčiněnými například netěsnostmi, nebo pohybem zeminy [27].

Příčné praskliny

Příčné praskliny většinou obsáhnou celý obvod potrubí. Místa vzniku bývají uprostřed trubky (Obr. 15), na spojích, u přípojek, u šachet a na převodech na jinou konstrukci [24].

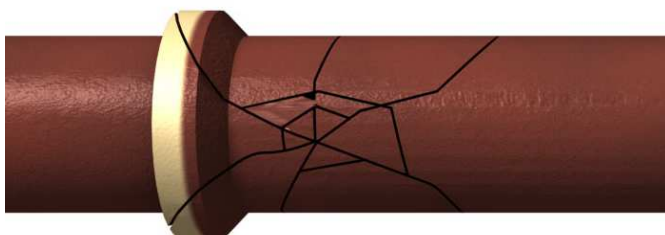


Obr. 15: Příčné praskliny potrubí [29]

Příčné praskliny vznikají v důsledku překročení mezní pevnosti v ohybu, tažné síly v podélném směru nebo smykové pevnosti trubky [24].

Praskliny pocházející z bodu

Kromě podélných a příčných prasklin, které mají fixní směr praskliny, se vyskytují také takové, které buď pocházejí v bodě a šíří se ven (Obr. 16), nebo praskliny zcela nepravidelného směru. V obou případech, když jsou díly zcela obklopeny prasklinami, jsou výsledkem téměř vždy zlomeniny potrubí [24].

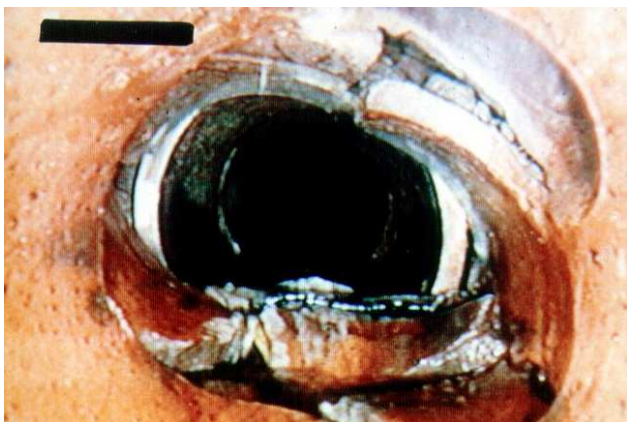


Obr. 16: Prasklina na potrubí vzniklá v bodě [29]

Hlavní příčiny vzniku těchto prasklin, jsou kromě výše uvedených také vlivy jednotlivých bodových zatížení, nesprávné napojení přípojky, anebo silné prorůstání kořenů [24].

Rozlomení

Charakterizace rozlomení podle ČSN EN 13508-2+A1: Části potrubí jsou viditelně posunuty, ale nechybí [5].

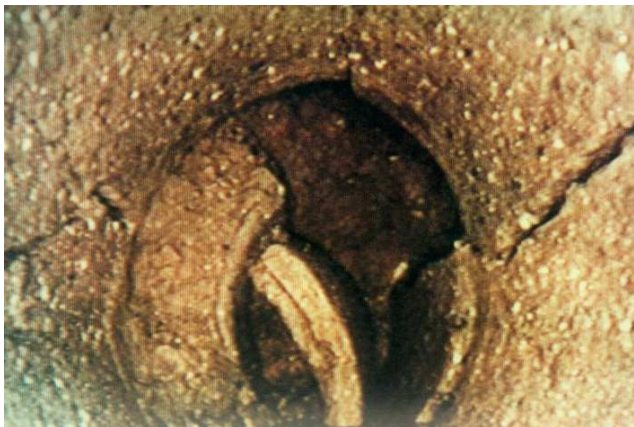


Obr. 17: Rozlomení kanalizačního potrubí [30]

Rozlomení potrubí je způsobeno dodatečnými poruchami nebo změnami vnitřního či vnějšího zatížení již poškozeného potrubí (praskliny) [24]. Kromě toho, v souladu s ATV-M 143E, také dochází k rozlomení v důsledku netěsností, mechanického opotřebení, koroze a prasklin [27].

Zborcení (Destrukce)

Charakterizace destrukce podle ČSN EN 13508-2+A1: Konstrukce je zcela zničena [5].



Obr. 18: Zborcení kanalizačního potrubí [31]

Zborcení je závěrečná fáze existence potrubí. Dochází k němu následkem prakticky jakéhokoli typu poškození, či jejich kombinací (rozlomení, praskliny, deformace, obrusu, koroze, polohové vychýlení...) [24].

4 VÝPOČTOVÁ ČÁST POSUZOVÁNÍ PORUCH

Výpočtová část je věnována určení mezních hodnot pro poruchy z předchozí kapitoly. Jsou použity výpočetní vztahy a tabulkové hodnoty z příslušných norem a od některých výrobců potrubí.

4.1 OVALITNÍ DEFORMACE

Ovalitní deformace (ovalita) vzniká u polotuhých a poddajných trub. Následující výpočty jsou pro tvárnou litinu, sklolaminát a plastové materiály.

4.1.1 Litina (tvárná)

Vzájemný vztah prstencové tuhosti, vertikální výchylky a působícího zatížení je podle ČSN EN 598+A1 vyjádřen následujícím vzorcem:

$$S = 0,019 \frac{F}{Y} \quad (2) [11]$$

Kde

S je prstencová tuhost k kN/m²
F působící zatížení v kN na metr délky trubky
Y vertikální výchylka v m

Prstencová tuhost trubky S se vypočítá z následujícího vztahu (rovněž podle ČSN EN 598+A1):

$$S = 1000 \frac{E \cdot I}{D^3} = 1000 \frac{E}{12} \left(\frac{e_{\text{calc}}}{D} \right)^3 \quad (3) [11]$$

kde

S je prstencová tuhost v kN/m²
E Modul pružnosti materiálu v MPa (170 000 MPa)
I moment setrvačnosti stěny trubky na jednotku délky v mm³
e_{calc} tloušťka stěny trubky pro účely výpočtu
D střední průměr trubky (DE – e_{calc}) v mm
DE jmenovitý vnější průměr trubky v mm

Norma ČSN EN 598+A1 již udává hodnoty v tabulkách – pro tlakové a gravitační potrubí.

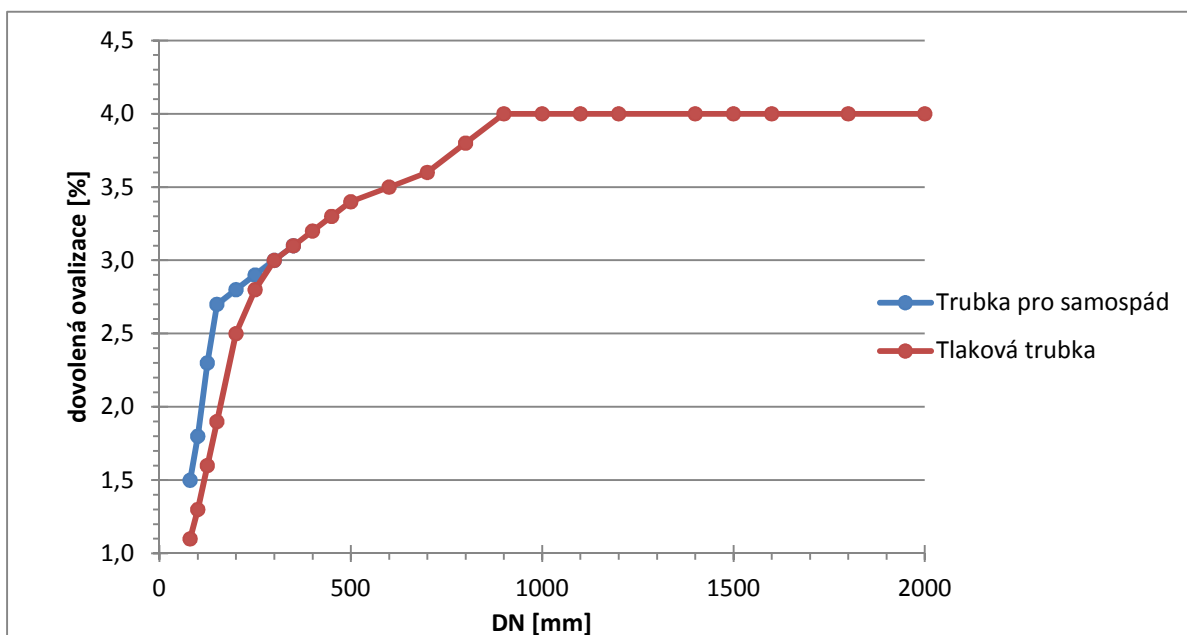
Tab. 5: Dovolená ovalizace gravitačních litinových stok [11]

DN mm	Minimální prstencová tuhost, S kN/m ²	Zkušební zatížení, F kN/m	Dovolená ovalizace trubky %	e _{calc} mm
Trubka pro samospád				
150	74	17,8	2,7	2,9
200	32	13,4	2,8	2,9
250	32	17,1	2,9	3,6
300	32	20,6	3,0	4,3
350	32	24,2	3,1	4,9

Tab. 6: Dovolená ovalizace tlakových litinových stok [11]

DN mm	Minimální prstencová tuhost, S kN/m ²	Zkušební zatížení, F kN/m	Dovolená ovalizace trubky %	e _{calc} mm
Tlaková trubka				
150	230	34,0	1,9	4,2
200	105	30,7	2,5	4,3
250	66	26,6	2,8	4,5
300	47	24,2	3,0	4,8
350	38	22,8	3,1	5,2
400	31	22,2	3,2	5,5
450	26	22,2	3,3	5,8
500	22	21,5	3,4	6,1
600	18	22,2	3,5	6,8
700	23	36,4	3,6	8,6
800	20	36,4	3,8	9,4
900	18	36,8	4,0	10,1
1000	16	36,2	4,0	10,9
1100	22	54,7	4,0	13,2
1200	20	54,3	4,0	14,1
1400	18	56,9	4,0	15,8
1500	17	57,5	4,0	16,5
1600	17	61,3	4,0	17,5
1800	16	64,6	4,0	19,2
2000	16	72,0	4,0	20,9

Graf 6: Závislost dovolené ovalizace na DN podle tabulek 5 a 6



4.1.2 Sklolaminát GRP

Relativní deformace je funkcí jmenovité kruhové tuhosti. Podle ČSN EN 14 364 pro výpočet minimální počáteční deformace před porušením vnitřního povrchu používáme tento vztah:

$$(y_{2,bore}/d_m)_{new,min} \cdot 100 = \frac{194}{\sqrt[3]{SN}} \quad (4) [12]$$

kde

$(y_{2,bore}/d_m) \cdot 100$ je požadovaná minimální relativní kruhová deformace [%]
SN jmenovitá kruhová tuhost trubky v kN/m^2

Stejný vztah používáme pro výpočet dlouhodobé limitní deformace při úpravě deformace uvedené výrobcem, když výrobce udává 6 %. Pokud výrobce udává jinou hodnotu, vypočítaná úprava se lineárně přepočítá [12]. Je zajímavé, že například výrobce Hobas udává jen 2 % a tak dlouhodobá deformace po výpočtu dosahuje vyšších hodnot, než je počáteční deformace.

Pro výpočet minimální počáteční deformace bez porušení struktury používáme podle stejné normy (ČSN EN 14 364) podobný vztah:

$$(y_{2,struct}/d_m)_{new,min} \times 100 = \frac{324}{\sqrt[3]{SN}} \quad (5) [12]$$

Výše popsané vztahy platím pouze pro SN nad 10 000. Pro nižší SN uvažujeme tabulkové hodnoty z normy.

Tab. 7: Ovalitní deformace GRP trub.

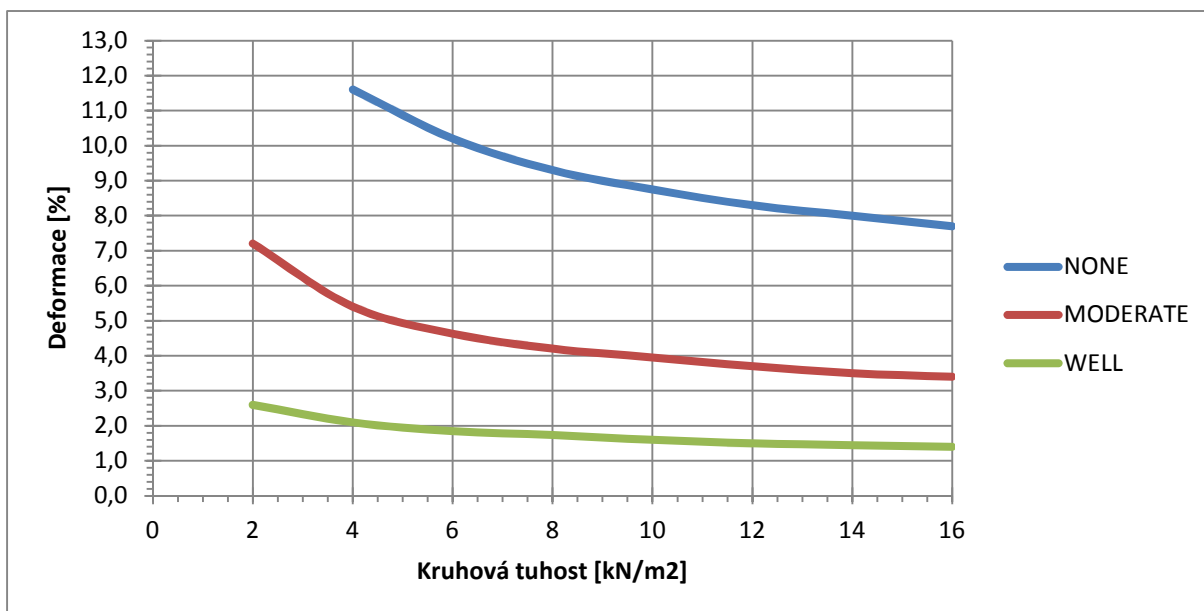
Jmenovitá tuhost, SN [N/m ²]	počáteční deformace před porušením vnitřního povrchu [%]	počáteční deformace před strukturálním porušením [%]	dlouhodobá limitní deformace při hodnotě od výrobce 2 % [%]	POZNÁMKA
630	22,7	37,8	7,6	tabulkové hodnoty z normy [12]
1 250	18,0	30,0	6,0	
2 500	14,3	23,9	4,8	
5 000	11,3	18,9	3,8	
10 000	9,0	15,0	3,0	
16 000	7,7	12,9	2,6	vypočítané hodnoty
20 000	7,1	11,9	2,4	

4.1.3 Plasty

Mezní stav ovalitní deformace pro plastové potrubí úzce souvisí s mezním stavem pro jeho zborcení. V této kapitole je určena kritická ovalitní deformace, a v kapitole pro zborcení zase kritický tlak.

Jedná se o materiály PVC-U, PP a PE. Při jejich návrhu počítáme s určitou mírou ovality. Výpočtový graf podle ČSN EN 13 476-1 popisuje, pro jakou maximální hodnotu dlouhodobé deformace potrubí navrhujeme. Mezní deformace však dosahuje úplně jiných hodnot.

Graf 7: Dlouhodobá deformace trubky, maximální hodnoty – výpočtový graf [9]



Vysvětlivky:

- NONE - zhutnění pod 87 % Procter Standard
- MODERATE - zhutnění v rozmezí 87 % až 94 % PS
- WELL - zhutnění nad 94 % PS

Hodnoty odečtené z grafu lze pro lepší přehlednost umístit do tabulky:

Tab. 8: Uvažované ovalitní deformace při návrhu plastových trub

SN kN/m ²	deformace pro typy zhutnění		
	NONE %	MODERATE %	WELL %
2		7,2	2,6
4	11,6	5,4	2,1
6	10,2	4,6	1,9
8	9,3	4,2	1,7
10	8,75	4,0	1,6
12	8,3	3,7	1,5
14	8,0	3,5	1,5
16	7,7	3,4	1,4

Výpočtový graf je platný za následujících podmínek:

Tab. 9: Platnost výpočtového grafu.

Systém trubky	Plnění požadavků EN 1401-1, EN 1852-1, EN 12666-1, EN 13476-2, EN 13476-3 nebo EN 14758-1
Hloubka pokládky	0,8 m – 6,0 m
Zatížení dopravou	Zahrnuto
Kvalita instalace Třída zhutnění „dobré“, „mírné“ (a „žádné“) by měly odrážet takovou řemeslnou zručnost, na kterou projektant spoléhá.	<p>„Vysoký („Well“) stupeň zhutňování“ Lože s jemnozrnnou zeminou se pečlivě zhotoví do obetonované zóny, zhutní se, a pak se provede zásyp zeminou do maximální výšky 30 cm na vrchol trubky. Po každé vrstvě se provede pečlivé zhutnění. Trubky musí být pokryta vrstvou nejméně 15 cm. Proctorovy hustoty leží nad 94 %.</p> <p>„Mírné („Moderate“) zhutňování“ Zásyp zeminou se provede do maximální výšky 50 cm na vrchol trubky, po každé vrstvě se provede pečlivé zhutnění. Trubka musí být pokryta vrstvou nejméně 15 cm. Hodnoty standardní Proctorovy hustoty leží v oblasti 87% až 94 %.</p> <p>Před zhutňováním se musí odstranit pažení v souladu s doporučením EN 1610:1997. Pokud se pažení odstraní po zhutňování, může se stát, že zhutnění „vysoký stupeň“ („well“), nebo „mírné („moderate“) bude redukováno na „žádné“ („none“).</p>
Dodatečné pokyny	Mohou se aplikovat národní předpisy

Samotné mezní hodnoty ovalizace jsou stanovené podle ČSN P CEN/TS 15223 [14]:

- Pro beztlakové potrubí je konečná maximální hodnota deformace v průřezu ≤ 15 % pro PVC-U, PE i PP
- Potrubí z termoplasů umožňují velké deformace v průřezu z důvodu velké deformovatelnosti těchto materiálů. Deformovatelnost a stabilita stěny trubky se ověřují zkouškou kruhové pružnosti, při které se deformují až do 30 % deformace. Proto tyto hodnoty deformace v průřezu jsou z hlediska integrity potrubí ještě velmi bezpečné.
- Pro tlaková potrubí musí být maximální deformace v průřezu podle EN 805 omezena na 8 %.

4.2 OHYB

Zde jsou stanoveny mezní odolnosti vůči ohybovému momentu pro kameninové, betonové a litinové potrubí. Pro ostatní materiály nebyly nalezeny žádné normové hodnoty (podle ČSN), ani výpočetní vztahy.

4.2.1 Kamenina

Příslušná norma ČSN EN 295-1 nám pro jednotlivé hodnoty mezních únosností uvádí hodnoty minimálního ohybového momentu, kterému kameninové trouby odolají. Při prozkoumání mezních únosností v závislosti na pevnostní třídě uvedených v této normě dostáváme následující přehlednou tabulku:

Tab. 10: Minimální odolnost vůči ohybovému momentu kameninových trubek [15]

jmenovitá světlost	Třída					
	120	160	200	240	260	280
DN [mm]	Minimální odolnost vůči ohybovému momentu (BRM) [kNm]					
100	-	1,3	1,7	2	-	-
125	-	-	3	-	-	-
150	-	3,4	4	4,6	-	-
200	-	6,2	7,4	8,6	9,2	9,9
225	6,5	7,4	9	-	-	-

4.2.2 Beton

Odolnost v podélném ohybu se podle ČSN EN 1916 zkouší pro trouby o jmenovité světlosti menší nebo rovné DN 250 s vnitřní délkou dříku větší než šestinásobek jejího průměru. [23]

$$M = C \cdot DN \cdot L^2 \quad (6) [23]$$

kde

M je únosnost při ohybovém momentu v kilonewtonech

C konstanta rovná 0,013 kilonewtonech na metr

DN jmenovitá světlost

L vnitřní délka dříku trouby v metrech

Tab. 11: Minimální únosnost betonových trub v podélném ohybu

DN [mm]	$M_{L=1000}$ [kNm]	$M_{L=2500}$ [kNm]
150	2,0	12,2
200	2,6	16,3
250	-	20,3

4.2.3 Tvárná litina

Ohybové momenty se pro tvárnou litinu vypočítají podle ČSN EN 598+A1 následujícího vzorce:

$$M = 0,25\pi * 10^{-6} R_f * D^2 * e \quad (7) [11]$$

kde

M je ohybový moment v kNm
 R_f dovolené napětí ve stěně trubky v MPa
 D^2 střední průměr trubky v mm
 e minimální tloušťka stěny trubky v mm

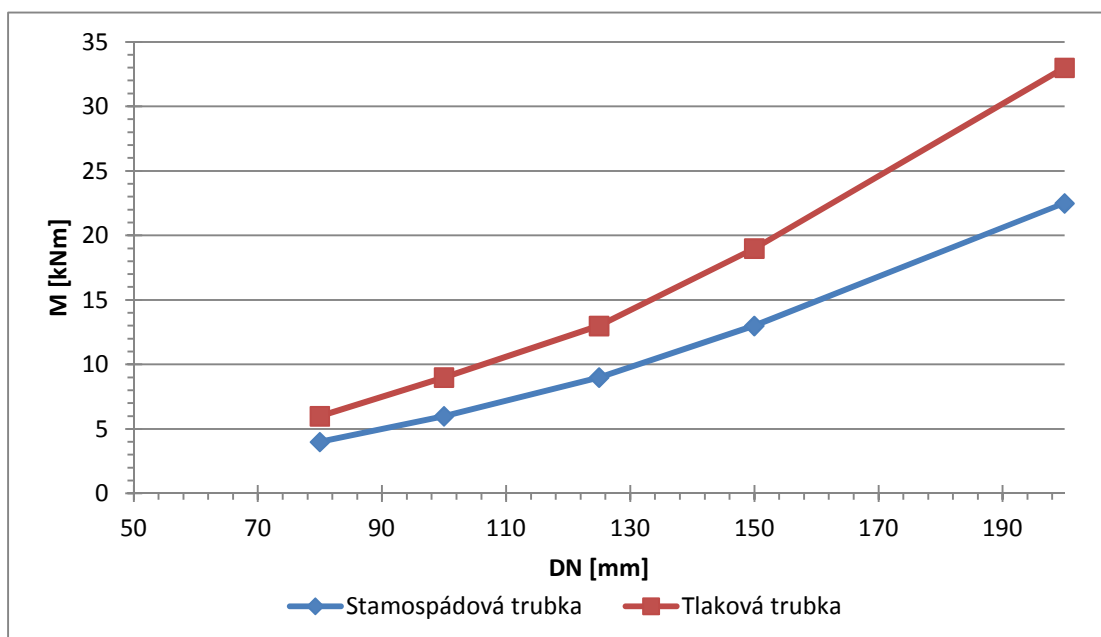
Maximální provozní ohybové momenty se vypočítají z $R_f = 250$ MPa a zkušební ohybové momenty z $R_f = 420$ MPa.

K porušení trouby může dojít při překročení maximálního ohybového momentu:

Tab. 12: Maximální ohybové momenty trub z tvárné litiny [11]

DN mm	Maximální ohybové momenty v provozu [kNm]		Zkušební ohybové momenty [kNm]	
	Samospádová trubka	Tlaková trubka	Samospádová trubka	Tlaková trubka
80	4	6	7	10
100	6	9	10	15
125	9	13	13	22
150	13	19	17	32
200	22,5	33	27	56

Graf 8: Závislost maximálního ohybového momentu na DN trouby.



4.3 PRASKLINY, ROZLOMENÍ A ZBORCENÍ

V této kapitole jsou určeny mezní vrcholové zatížení pro kameninové a betonové potrubí, a kritický tlak pro plastové potrubí.

4.3.1 Kamenina

Mezní únosnost ve vrcholovém zatížení se pro kameninu vypočítá podle ČSN EN 295-1 ze vztahu:

$$F_N = \frac{\text{třída pevnosti} \times DN}{1000} \quad (8) [15]$$

kde

F_N je mezní únosnost ve vrcholovém zatížení v kN/m

DN jmenovitá světlost potrubí v mm

Tab. 13: Mezní únosnost ve vrcholovém zatížení kameninových trubek [15]

jmenovitá světlost DN [mm]	Třída						
	95	120	160	200	240	260	280
	Minimální hodnota mezní únosnosti při vrcholovém zatížení FN [kN/m]						
200	-	-	32	40	48	52	56
225	-	28	36	45	-	-	-
250	-	-	40	-	60	65	70
300	-	-	48	-	72	-	-
350	-	-	56	70	-	-	-
400	-	48	64	80	-	-	-
450	-	54	72	-	-	-	-
500	-	60	80	-	-	-	-
600	57	-	96	-	-	-	-
700	-	84	112	140	-	-	-
800	-	96	128	160	-	-	-

4.3.2 Beton

Následující text se týká pouze trub z prostého, nebo jen slabě vyztuženého betonu. Posouzení železobetonových trub závisí na konkrétním způsobu vyztužení.

Mezní únosnost ve vrcholovém zatížení se pro betonové potrubí vypočítá podle ČSN 72 3149 ze vztahu:

$$v_u = (0,736 + 92 \mu_s) \frac{t^2}{r} R_{bid} \quad (9) [17]$$

kde:

v_u je výpočtové vrcholové napětí na mezi porušení v kolmé prasklině v MN/m

μ_s stupeň vyztužení betonářskou výztuží

t tloušťka stěny v m

r poloměr střednice trouby v m

R_{bid} výpočtová pevnost betonu v tahu v MPa

Tab. 14: Mezní vrcholové zatížení trub z prostého betonu.

DN	t	r	μ_s	třída betonu	III	IV	V	VI
mm	m	m	-	R_{bid} [MPa]	0,75	0,9	1,25	1,5
300	0,065	0,183	0,002	v_u [kN/m]	16	19	27	32
400	0,080	0,240	0,002		18	22	31	37
500	0,085	0,293	0,002		17	20	28	34
600	0,100	0,350	0,002		20	24	33	39
800	0,130	0,465	0,002		25	30	42	50

POZN.: Stupeň vyztužení $\mu_s=0,002$ je maximální, normou povolený pro prostý beton.

4.3.3 Plasty

Plastová potrubí se posuzuje podle jiného parametru než tuhá potrubí. Je to kruhová tuhost SN. Podle samotné kruhové tuhosti však nelze určit nosnost trubky [37]. Velikost kritického tlaku zborcení je ovlivněna typem zeminy, ve které je potrubí uloženo. Norma ČSN P CEN/TS 15223 uvádí následující výpočetní vztahy:

Pro měkké zeminy/bahno: Podmínka $[SN] > 0,0275 E_t$

$$q_{crit} = 24 \cdot [SN] + \frac{2}{3} E_t \quad (10) [13]$$

Pro Ostatní zeminy:

$$q_{crit} = 563 \sqrt{E_t \cdot [SN]} \quad (11) [13]$$

kde

q_{crit} je kritický tlak zborcení (boulení) v kilopascálech
 $[SN]$ hodnota jmenovité kruhové tuhosti vyjádřená v kN/m^2
 E_t tangenciální modul v kilopascálech

Pokud je potrubí deformované, snižuje se odolnost proti zborcení (boulení).

Zjištěná hodnota pak musí být korigována pomocí β :

$$\beta = (1 - 3(\delta d_n)) \quad (11) [13]$$

kde

δd_n je deformace v průřezu v procentech

Nejprve určíme předpokládanou deformaci uloženého potrubí podle Tab. 8 Výstupem je tabulka:

Tab. 15: Redukční faktor β podle Tab. 8 a rovnice 11.

SN kN/m ²	redukční faktor β pro typy zhutnění		
	NONE	MODERATE	WELL
4	0,63	0,82	0,87
8	0,66	0,83	0,88
12	0,67	0,84	0,88
16	0,68	0,85	0,88

Vysvětlivky:

NONE - zhutnění pod 87 % Proctor Standard

MODERATE - zhutnění v rozmezí 87 % až 94 % PS

WELL - zhutnění nad 94 % PS

Pro zjednodušení dalších výpočtů budeme uvažovat def

ormace pouze při mírném zhutnění – MODERATE.

Hodnoty modulu pružnosti E_t získáme z Tab. 1.

Tab. 16: Kritický tlak zborcení plastového potrubí

SN [kN/m ²]	neredukované q_{crit} [kPa]		β -	redukované q_{crit} [kPa]	
	měkké zeminy	ostat. zeminy		měkké zeminy	ostat. zeminy
PVC-U $E_t = 3200$ MPa					
4	2229	637	0,82	1828	522
8	2325	901	0,83	1930	748
12	2421	1103	0,84	2034	927
16	2517	1274	0,85	2140	1083
PP $E_t = 1250$ MPa					
4	929	398	0,82	762	326
8	1025	563	0,83	851	467
12	1121	690	0,84	942	579
16	1217	796	0,85	1035	677
PE $E_t = 800$ MPa					
4	629	318	0,82	516	261
8	725	450	0,83	602	374
12	821	552	0,84	690	463
16	917	637	0,85	780	541

4.4 ÚHLOVÉ VYCHÝLENÍ

V tabulkách níže jsou uvedeny doporučené maximální hodnoty úhlových vychýlení pro různé DN. Hodnoty jsou určeny příslušnou normou, nebo výrobcem.

4.4.1 Plasty

Tab. 17: Dovolené úhlové vychýlení plastových trubek [13]

d [mm]	vychýlení [mm/m]
$d \leq 315$	35
$315 < d \leq 630$	26
$630 < d$	17

4.4.2 Kamenina

Tab. 18: Dovolené úhlové vychýlení kameninových trubek [15]

DN [mm]	vychýlení [mm/m]
$100 \leq DN \leq 200$	80
$200 < DN \leq 500$	30
$500 < DN \leq 800$	20
$800 < DN$	10

4.4.3 Beton

Tab. 19: Dovolené úhlové vychýlení betonových trubek [19]

DN [mm]	částečně poddajné spoje [mm/m]	poddajné spoje [mm/m]
$DN < 300$	30	60
$300 \leq DN < 600$	20	40
$600 \leq DN < 1000$	10	20
$1000 \leq DN$	$10 \cdot 1000 / DN$	$20 \cdot 1000 / DN$

4.4.4 Tvárná litina

Tab. 20: Dovolené úhlové vychýlení litinových trubek INTEGRAL [20]

DN [mm]	vychýlení [mm/m]
$80 \leq DN \leq 150$	87
$200 \leq DN \leq 300$	70
$350 \leq DN \leq 600$	53
$700 \leq DN \leq 800$	36
$900 \leq DN \leq 1000$	27
$1000 \leq DN \leq 1200$	26

4.4.5 Sklolaminát

Tab. 21: Dovolené úhlové vychýlení sklolaminátových trubek podle HOBAS [21]

DN [mm]	vychýlení [mm/m]
$150 \leq DN \leq 500$	52
$600 \leq DN \leq 900$	35
$1000 \leq DN \leq 1800$	18
$2000 \leq DN \leq 3000$	9

5 CELKOVÉ VYHODNOCENÍ

Následující tabulky shrnují údaje dosažené v předchozí kapitole. U tuhých a polotuhých materiálů jsou hodnoty uváděny v závislosti na DN potrubí (Tab. 22), kdežto u poddajných materiálů na SN potrubí (Tab. 23), protože zde na hodnoty nemá vliv DN ale SN potrubí.

Tab. 22: Souhrn údajů pro tuhé a polotuhé materiály

materiál	DN [mm]	mezní ovalitní deformace [%]	porušení potrubí			stanoveno podle
			mezní ohybový moment [kNm]	mezní vrcholové zatížení [kN/m]	kritický tlak [kN/m ²]	
kamenina	150	-	3,4 - 4,6 ^[2]	-	-	ČSN EN 295-1
	200	-	6,2 - 9,9 ^[3]	32 - 56 ^[3]	-	
	300	-	-	48 - 72 ^[2]	-	
	500	-	-	60 - 80 ^[6]	-	
	800	-	-	96 - 160 ^[7]	-	
beton	150	-	2,0 - 12,2 ^[4]	-	-	ČSN EN 1916
	200	-	2,6 - 16,3 ^[4]	-	-	ČSN 72 3149
	300	-	-	16 - 32 ^[8]	-	
	500	-	-	17 - 34 ^[8]	-	
	800	-	-	25 - 50 ^[8]	-	
tvárná litina	150	1,9 - 2,7 ^[1]	13,0 - 19,0 ^[5]	-	-	ČSN EN 598+A1
	200	2,5 - 2,8 ^[1]	22,5 - 33,0 ^[5]	-	-	
	300	3,0	-	-	-	
	500	3,4	-	-	-	
	800	3,8	-	-	-	

POZNÁMKY:

- 1 nižší hodnota platí pro tlakové potrubí, vyšší pro gravitační
- 2 platí pro pevnostní třídu 160 až 240
- 3 platí pro pevnostní třídu 160 až 280
- 4 nižší hodnota platí pro délku trubky 1 m, vyšší pro 2,5 m
- 5 jedná se o potrubí v provozu, nižší hodnota platí pro gravitační potrubí, vyšší hodnota pro tlakové potrubí
- 6 platí pro pevnostní třídu 120 až 160
- 7 platí pro pevnostní třídu 120 až 200
- 8 platí pro výpočtovou pevnost v tahu 0,75 až 1,5 Mpa

Tab. 23: Souhrn údajů pro poddajné materiály

materiál	SN [kN/m ²]	mezní ovalitní deformace [%]	porušení potrubí			stanoveno podle
			mezní ohybový moment [kNm]	mezní vrcholové zatížení [kN/m]	kritický tlak [kN/m ²]	
GRP	0,63	23 ^[1]	-	-	-	ČSN EN 14 346
	1,25	18 ^[1]	-	-	-	
	2,50	14 ^[1]	-	-	-	
	5	11 ^[1]	-	-	-	
	10	9 ^[1]	-	-	-	
	16	8 ^[1]	-	-	-	
	20	7 ^[1]	-	-	-	
PVC-U ^[2]	4	8 - 15 ^[6]	-	-	522 - 1928 ^[5]	ČSN P CEN/TS 15223
	8	8 - 15 ^[6]	-	-	748 - 1930 ^[5]	
	12	8 - 15 ^[6]	-	-	927 - 2034 ^[5]	
	16	8 - 15 ^[6]	-	-	1083 - 2140 ^[5]	
PP ^[3]	4	8 - 15 ^[6]	-	-	326 - 762 ^[5]	
	8	8 - 15 ^[6]	-	-	457 - 851 ^[5]	
	12	8 - 15 ^[6]	-	-	579 - 942 ^[5]	
	16	8 - 15 ^[6]	-	-	677 - 1035 ^[5]	
PE ^[4]	4	8 - 15 ^[6]	-	-	261 - 516 ^[5]	
	8	8 - 15 ^[6]	-	-	374 - 602 ^[5]	
	12	8 - 15 ^[6]	-	-	463 - 690 ^[5]	
	16	8 - 15 ^[6]	-	-	541 - 780 ^[5]	

POZNÁMKY:

- 1 jedná se o počáteční deformaci přee poškozením vnitřního povrchu
- 2 uvažovaný modul pružnosti $E_t = 3200$ MPa
- 3 uvažovaný modul pružnosti $E_t = 1250$ MPa
- 4 uvažovaný modul pružnosti $E_t = 800$ MPa
- 5 vyšší hodnoty platí pro měkké zeminy, nižší hodnoty pro ostatní zeminy; oboje hodnoty jsou redukované při zhutnění typu MODERATE
- 6 vyšší hodnota platí pro beztlaká (gravitační) potrubí, nižší pro tlaková potrubí

6 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo definovat poruchy na kanalizačním potrubí ze stavebně technického hlediska a u vybraných poruch stanovit jejich mezní hodnoty podle v současné době platných norem. K tomuto tématu dá přistupovat z pohledu různých norem, českých a zahraničních. V této práci pro posuzování mezních stavů zvoleny pouze platné české normy a údaje potřebné k výpočtům pochází od výrobců potrubí působících v České republice. Zahraniční zdroje informací jsou zde použity k doplnění a obohacení teoretické části posuzování poruch.

Na začátku práce je úvod, který obsahuje základní požadavky na stokovou síť a stručný popis současných způsobů a trendů při provozování stokové sítě. Mimo to jsou zde také uvedeny některé platné legislativní a normalizační požadavky, týkající se kanalizačního potrubí, zejména jeho stavebně-technického stavu.

Druhá kapitola je věnována definici některých základních pojmů, které se tohoto tématu týkají a které jsou v práci používány. Dále jsou zde uvedeny vlastnosti jednotlivých materiálů, jejich rozdělení, životnost a poruchovost. Kapitola je zakončena výpisem jednotlivých poruch podle různých norem a statistikami o jejich procentuálním zastoupení.

Obsahem třetí kapitoly je charakterizace vybraných poruch stavebního stavu potrubí. Jedná se o ovalitní deformaci, ohyb, polohové vychýlení, obrus, korozi, praskliny, rozlomení a zborcení. Tyto poruchy jsou zde jednotlivě charakterizovány podle různých norem ČSN, TNV, ATV, prospektů některých výrobců a podle příslušné odborné literatury. Ke každé poruše je napsaná definice, příčina vzniku, jakým způsobem se měří a hodnotí a jaké jsou možné následky.

Hlavní náplň práce je ve čtvrté kapitole - výpočtové části, kde jsou určovány mezní hodnoty vybraných poruch pro jednotlivé materiály zvlášť. Výpočtová část je věnována určení mezních hodnot pro poruchy z předchozí kapitoly. Jsou použity výpočetní vztahy a tabulkové hodnoty z příslušných norem a od některých výrobců potrubí. Při porovnání výsledných hodnot s hodnotami uváděnými výrobcem potrubí je vidět, zda se výrobci těmito hodnotami řídí. Mezní hodnoty kameninového potrubí stanovené normou ČSN EN 295-1 Kameninové odvodňovací a kanalizační potrubí, jsou zcela totožně s hodnotami v katalogu firmy Steinzeug Keramo. Neplatí to ovšem pro všechny výrobce. Norma ČSN 72 3149 Navrhovanie betónových rúr, která je v současnosti v ČR platná, uvádí řádově odlišné hodnoty parametrů betonových potrubí než všichni zkoumaní výrobci, čímž se i vypočítané únosnosti velice liší od katalogových hodnot. Tato norma už je pravděpodobně zastaralá nebo vadná a výrobci betonových potrubí se jí v tomto ohledu neřídí.

Souhrnné tabulky, které se nachází na konci práce, přehledně srovnávají údaje dosažené ve výpočtové části. Jsou cíleně uspořádány tak, aby v nich bylo vidět určité srovnání jednotlivých trubních materiálů. Tento účel však není zcela splněn. Ne ke každému trubnímu materiálu jsou totiž dostupné (podle ČSN) všechny posuzované hodnoty. V normách navíc není vždy uvedeno, k čemu dojde při překročení hodnot, které udávají. Z toho důvodu nemusejí být stanovené mezní hodnoty navzájem porovnatelné. Všechny tyto nedostatky českých norem poukazují na absenci jednotného systému posuzování kanalizačního potrubí, jako je třeba v Německu (ATV), nebo v jiných Evropských státech.

Tato práce splňuje všechny úkoly zadání. Vady a poruchy na stokové síti byly definovány, včetně určení jejich mezních stavů pro tlakové i beztlakové potrubí. Poruchy jako destrukce

(zborcení) a ohyb byly popsány v kapitole 3 i v kapitole 4. Zde je nutné podotknout že „porucha ohyb“ je v této práci zpracována jen kvůli zadání. Ve skutečnosti se pravděpodobně jedná jen o zanedbatelnou záležitost. Vyplývá to jednak z použité odborné literatury [24], kde je ohyb potrubí zmíněn jen okrajově, a jednak ze skutečnosti, že ohyb se posuzuje jen pro malé DN potrubí (100 až 250 mm), které odpovídá maximálně kanalizačním přípojkám.

Užitečnost práce spočívá v tom, že dává přehled o daných mezních hodnotách podle českých norem, které by bylo jinak třeba složitě dohledávat a případně vypočítat. Zároveň může v problematice poruch kanalizačního potrubí sloužit ke snadnému získání základních znalostí.

POUŽITÁ LITERATURA

1. ŠEJNOHA, Jiří. Poruchovost stokových sítí, volba stavebních materiálů, městské standardy. SOVAK: *Časopis oboru vodovodů a kanalizací*. roč. 2011, č. 2.
2. SAINT-GOBAIN. Katalog kanalizace Integral.
3. VLK, Miloš a Zdeněk FLORIAN. *Mezní stavy a spolehlivost*. Brno, 2007.
4. VODÁRENSKÁ SPOLEČNOST TÁBORSKO S.R.O. *Plán financování obnovy vodovodů a kanalizací* [online]. Dostupné z: http://www.vstab.cz/ftp2/provoz/PFO_09_18.pdf
5. ČSN EN 13508-2+A1. *Zjišťování a hodnocení stavu venkovních systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek - Část 2: Kódovací systém pro vizuální prohlídku*. Prosinec 2011
6. ČSN EN 13 476-1. *Plastové potrubní systémy pro beztlakové kanalizační přípojky a stokové sítě uložené v zemi*, příloha B.3
7. TNV 75 0211. *Navrhování vodovodního a kanalizačního potrubí uloženého v zemi - Statický výpočet*. Praha: Hydroprojekt, 2000
8. ČSN EN 1295-1; *Statický návrh potrubí uloženého v zemi pro různé zatěžovací podmínky*.
9. ČSN EN 13 476-1. *Plastové potrubní systémy pro beztlakové kanalizační přípojky a stokové sítě uložené v zemi*.
10. ŠENKAPULOVÁ, Jana. *Plastová potrubí pro kanalizační sítě*. SOVAK. roč. 2009, č. 1.
11. ČSN EN 598+A1. *Trubky, tvarovky a příslušenství z tvárné litiny a jejich spojování pro kanalizační potrubí.*
12. ČSN EN 14 364. *Tlakové a beztlakové plastové potrubní systémy pro kanalizační přípojky a stokové sítě - Reaktoplasty vyztužené skleněnými vlákny (GRP) na bázi nenasycených polyesterových pryskyřic (UP) - Specifikace pro trubky, tvarovky a spoje*. Září 2013
13. WATER AUTHORITIES ASSOCIATION. *Sewerage Rehabilitation Manual*. Water Research Center, Swindon, 1990.
14. ČSN P CEN/TS 15223. *Plastové potrubní systémy - Validované parametry pro navrhování potrubních systémů z termoplastů uložených v zemi*. Duben 2009.
15. ČSN EN 295-1. *Kameninové odvodňovací a kanalizační potrubí - Část 1: Požadavky na trouby, tvarovky a spoje*. Srpen 2013
16. ČSN EN 295-3. *Kameninové potrubí pro venkovní a vnitřní kanalizaci - Část 3: Zkušební postupy*. Srpen 2012
17. ČSN 72 3149. *Navrhovanie betónových rúr*. Březen 1987.
18. BETONIKA S.R.O. *UŽIVATELSKÁ PŘÍRUČKA I./2000: betonové a železobetonové trouby a kanalizační šachty*.
19. ČSN EN 639. *Společné požadavky na betonové trouby, včetně spojů a tvarovek*. Únor 1997
20. SAINT-GOBAIN PAM CZ s.r.o. *Katalog kanalizace INTEGRAL*.
21. HOBAS CZ spol. s. r. o. *Návod k pokládce*.

22. RACLAVSKÝ, Jaroslav, Ladislav TUHOVČÁK a Stanislav MALANÍK. *REKONSTRUKCE VODOHOSPODÁŘSKÝCH SÍTÍ*. Brno, 2006.
23. ČSN EN 1916. *Trouby a tvarovky z prostého betonu, drátkobetonu a železobetonu*. Srpen 2004
24. STEIN, Ditrich. *Rehabilitation and maintenance of drains and sewers*. Berlin: Ernst, 2001, xiv, 804 s. ISBN 34-330-1316-0.
25. STEIN, D. a O. KAUFMANN O. *Schadensanalyse an Abwasserkanälen aus Beton- und Steinzeugrohren der Bundesrepublik Deutschland-West*. Korrespondenz Abwasser (KA) 40 (1993), No. 2, pp. 168-179.
26. ROGERS, C.D.F. *Some observations on flexible pipe response to load*. Transportation Research Record 1191, TRB 1988.
27. ATV-M 143E. *Inspection, Repair, Rehabilitation and Replacement of Sewers and Drains*.
28. AXELRAD, E. L. *Schalentheorie*. B. G. Teubner Verlag, Stuttgart 1983.
29. Prof. Dr. Ing. Stein & Partner GmbH. *Graphical material and visualisations*. Bochum.
30. *Company information Ingenieurbüro für Kanalinstandhaltung (IfK)*, Bochum, Germany.
31. Schieder-Schwalenberg. *Company information Kanal-Müller-Gruppe*. Germany.
32. Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)
33. Vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)
34. DN. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/DN>
35. PLECHÁČOVÁ, Jiřina. *Česko-anglický a anglicko-český vodohospodářský slovník: English-czech and czech-english watermanagement Dictionary*. 1. vyd. Praha: EVAN, 1996, 75 s., 84 s. ISBN 80-902-1997-7.
36. VAŇOUS, B. Evropské normy pro optickou kontrolu kanalizací. SOVAK: Časopis oboru vodovodů a kanalizací. roč. 2000, č. 6.
37. PIPE LIFE. Časté otázky: Proč se u plastových trubek neuvádí pevnost v tlaku? In: www.pipelife.cz [online]. [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: http://pipelife.cz/media/cz/pdf_servis/faq/Proseuplastovchtrubekneuvdpevnostvtlakuvrcholovpevnost.pdf
38. KERAMO STEINZEUG, s.r.o. *TECHNICKÉ PODKLADY*. 2009-05-01.
39. HOBAS Engineering GmbH. *Přehled výrobků*. Vydání: 11/2010 | Aktualizace: 05/2012
40. PIPE LIFE. *PVC KANALIZAČNÍ SYSTÉM SN4, SN8*.

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Technické parametry trubních materiálů [1][18][20][38][39][40].....	14
Tab. 2: Preference stavebních materiálů v jednotlivých materiálech [1].....	17
Tab. 3: Životnosti různých trub podle zkušeností s provozováním pražské stok. sítě [1].....	18
Tab. 4: Doporučené mezní hodnoty svislého stlačení podle TNV 75 0211 [7].....	23
Tab. 5: Dovolená ovalizace gravitačních litinových stok [11].....	32
Tab. 6: Dovolená ovalizace tlakových litinových stok [11].....	33
Tab. 7: Ovalitní deformace GRP trub.....	34
Tab. 8: Uvažované ovalitní deformace při návrhu plastových trub	35
Tab. 9: Platnost výpočtového grafu.....	36
Tab. 10: Minimální odolnost vůči ohybovému momentu kameninových trubek [15]	37
Tab. 11: Minimální únosnost betonových trub v podélném ohybu.....	37
Tab. 12: Maximální ohybové momenty trub z tvárné litiny [11].....	38
Tab. 13: Mezní únosnost ve vrcholovém zatížení kameninových trubek [15].....	39
Tab. 14: Mezní vrcholové zatížení trub z prostého betonu.....	40
Tab. 15: Redukční faktor β podle Tab. 8 a rovnice 11.....	40
Tab. 16: Kritický tlak zborcení plastového potrubí.....	41
Tab. 17: Dovolené úhlové vychýlení plastových trubek [13]	42
Tab. 18: Dovolené úhlové vychýlení kameninových trubek [15]	42
Tab. 19: Dovolené úhlové vychýlení betonových trubek [19].....	42
Tab. 20: Dovolené úhlové vychýlení litinových trubek INTEGRAL [20].....	42
Tab. 21: Dovolené úhlové vychýlení sklolaminátových trubek podle HOBAS [21]	43
Tab. 22: Souhrn údajů pro tuhé a polotuhé materiály.....	44
Tab. 23: Souhrn údajů pro poddajné materiály	45

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Poruchovost trubních materiálů. [1]	19
Graf 2: Druhy poruch stok a jejich výskyt v r. 2009 [1]	20
Graf 3: Druhy a počty poškození stavebního stavu stok v r. 2009 [1].....	20
Graf 4: Odolnost trubních materiálů proti obrusu [1].....	26
Graf 5: Odolnost trub různých konstrukcí proti obrusu (relativní obrus kanalizačních trub DN 300) [1].....	27
Graf 6: Závislost dovolené ovalizace na DN podle tabulek 5 a 6.....	33
Graf 7: Dlouhodobá deformace trubky, maximální hodnoty – výpočtový graf [9].....	35
Graf 8: Závislost maximálního ohybového momentu na DN trouby.....	38

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Přehled vybraných technických stavů technických objektů [3]	13
Obr. 2: Chování tuhých trub [2]	15
Obr. 3: Chování polotuhých trub [2]	15
Obr. 4: Chování poddajných trub [2]	16
Obr. 5: Posloupnost poruch potrubí od prasklin ke zborcení [13]	21
Obr. 6: Ovalitní deformace plastových kanalizačních trub [10]	22
Obr. 7: Tvary deformace [26]	22
Obr. 8: Ohybová deformace potrubí [28]	24
Obr. 9: Zkušební zařízení na ohýbání trub z tvárné litiny [11]	24
Obr. 10: Polohové vychýlení potrubí [20]	25
Obr. 11: Zkouška otěruvzdornosti podle EN 295-3 [16]	26
Obr. 12: Koroze na vnitřním povrchu betonového potrubí [30]	28
Obr. 13: Podélná prasklina potrubí [29]	29
Obr. 14: Prasklina spoje trub [29]	29
Obr. 15: Příčné praskliny potrubí [29]	30
Obr. 16: Prasklina na potrubí vzniklá v bodě [29]	30
Obr. 17: Rozlomení kanalizačního potrubí [30]	31
Obr. 18: Zborcení kanalizačního potrubí [31]	31

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ČR	Česká republika
SOVAK	Sdružení oboru vodovodů a kanalizací v ČR
ČSN	Česká státní norma
ATV	Abwassertechnische Vereinigung - Asociace pro čistírenskou techniku [36]
TNV	Technické normy vodního hospodářství
PP	polypropylen
PE	polyetylen
PVC	polyvinylchlorid
PVC-U	polyvinyl chloride unplasticized – neměkčený polyvinylchlorid
GRP	Glass Reinforced Plastic - sklolaminát
DN	Diamètre Nominal – jmenovitý vnitřní průměr potrubí [34]
MS -	mezní stav
SN	Stifness Nominal – jmenovitá kruhová tuhost
MPa	Megapascal
kPa	kilopascal
kN	kilonewton
kNm	kilonewtonmetr
m	metr
mm	milimetr
%	procenta

SUMMARY

The aim of this bachelor thesis was to define damages of the sewerage pipes from a construction point of view and selected disorders to determine their limits by the currently applicable standards. This topic can be assessed by different standards - Czech and foreign. For assessing the limit states are in this work chosen only Czech standards and data necessary to calculate are from the pipe producers operating in the Czech Republic. Foreign sources of information are used to supplement the theoretical assessment of the damages.

Summary tables, which are located at the end of the work, clearly compare the data obtained in the calculation part. They are purposefully put in order as a comparison for different sewer pipe materials. However, this purpose is not completely satisfied. Assessed values are not (according to ČSN) available for all sewage pipe materials. The standards do not specify the consequences of exceeding their limits. From this causes those limits may not be comparable. All these failures of Czech standards point to the absence of integrated system of sewer pipes, such as in Germany (ATV), or in other European countries.

The usefulness of this work is in the summary of information from individual standards, which would otherwise need for complicated and possibly calculate. It can also be used to easily obtain basic knowledge on disorders of sewer pipes.