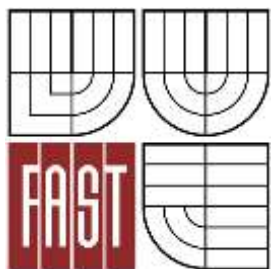




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

POSOUZENÍ TECHNICKÉHO STAVU VODOVODNÍ SÍTĚ OBCE HRÁDEK

ASSESSMENT OF TECHNICAL CONDITION OF THE HRADEK WATER SUPPLY NETWORK

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

KATEŘINA TRANOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAN RUČKA, Ph.D.

BRNO 2015



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 Kateřina Tranová

Název Posouzení technického stavu vodovodní sítě
obce Hrádek

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

**Datum zadání
bakalářské práce** 30. 11. 2014

**Datum odevzdání
bakalářské práce** 29. 5. 2015

V Brně dne 30. 11. 2014

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



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

Podklady a literatura

- [1] TUHOVČÁK, L.; KUČERA, T.; RUČKA, J.; SVOBODA, M. Technický audit vodovodní sítě. In VODA ZLÍN 2005. Zlín, Česká republika: 2005. s. 25-31. ISBN: 80-239-4453- 3.
- [2] Vyhláška č. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb, Sbírka zákonů České republiky č. 163/2006
- [3] TUHOVČÁK, L.; KUČERA, T. Hodnocení technického stavu vodárenské infrastruktury a tvorba plánů její obnovy. Hodnocení technického stavu vodárenské infrastruktury a tvorba plánů její obnovy. Brno: FAST, ÚVHO, Brno, 2011. s. 1-33.
- [4] TUHOVČÁK, L. et al.: Indirect Condition Assessment of Water Mains, Procedia Engineering, Volume 70, 2014, Pages 1669-1678, ISSN 1877-7058.

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

Studentka provede posouzení technického stavu vodovodní sítě obce Hrádek. Výstupem práce bude sada podrobných technických map vodovodu s grafickým vyobrazením technického stavu potrubí a hydrantů, dále technická zpráva obsahující tabulkové vyhodnocení technického stavu potrubí a hydrantů.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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



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

ABSTRAKTY A KLÍČOVÁ SLOVA

Abstrakt

Obsahem této bakalářské práce je posouzení technického stavu vodovodní sítě a hydrantů v obci Hrádek. Pro posouzení a zhodnocení technického stavu byla použita semikvantitativní metoda FMEA – Failure Modes and Effects Analysis. Výstupem práce je sada tabulek a map vodovodu s vyhodnocením technického stavu vodovodní sítě a hydrantů. Součástí přílohy jsou výkresy, které graficky zobrazují technický stav vodovodní sítě dle stáří a technický stav hydrantů dle zařazení do kategorií.

Klíčová slova

technický stav, vodovod, hydrant, ztráty vody, vodoměr

Abstrakt

This bachelor's thesis aims to assessment of technical condition of the water supply network and hydrants in Hrádek. The semi-quantitative evaluation method called the Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) was used for assessing and evaluation of the technical condition. The outcome of this work is a number of tables and maps of water pipes with the evaluation of the technical condition of the water network and hydrants. A part of the appendix are also drawing, there was assesment of technical condition of the water supply represented and there was a assesment of technical condition of the underground hydrants represented.

Keywords

technical condition assessment, water conduit, leakage loss, hydrant, water meter

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Kateřina Tranová *Posouzení technického stavu vodovodní sítě obce Hrádek*. Brno, 2015. 63 s., 19 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Jan Ručka, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 29.5.2015

.....
podpis autora
Kateřina Tranová

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala mému vedoucímu Ing. Janu Ručkovi, Ph.D. za jeho ochotu mi vždy poskytnout cenné rady a připomínky. Velice si vážím jeho přístupu a velké podpory, kterou mi při psaní mé práce poskytl. Děkuji také rodině a přátelům, kteří mě podporovali během celého studia.

OBSAH

1	ÚVOD	10
1.1	CÍL PRÁCE	10
1.2	ZÁJMOVÁ LOKALITA	10
2	POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ	11
2.1	ZÁKLADNÍ INFORMACE O OBCI	11
2.2	ZÁKLADNÍ informace o VODOVODU V OBCI	12
2.2.1	Zdroj vody	13
2.2.1	Vodojem	13
2.2.2	Vodovodní řady	14
2.2.3	Vodné	16
3	POSOUZENÍ TECHNICKÉHO STAVU VODOVODNÍ SÍTĚ	17
3.1.	HODNOCENÍ technického stavu vodovodů	17
3.1.1	Ukazatele hodnocení technického stavu HDS	17
3.1.2	Ukazatele hodnocení technického stavu vodovodních sítí	17
3.2	Metodika posuzování technického stavu vodovodních sítí s využitím metody FMEA	18
3.2.1	FMEA – Failure Modes and Effects Analysis	18
3.2.2	Kategorie hodnocení	18
3.2.3	Hodnocení ukazatele TU 1 – stáří trubního materiálu vodovodní sítě	19
3.2.4	Hodnocení ukazatele TU 2 – poruchovosti vodovodní sítě	20
3.2.5	Hodnocení ukazatele TU 3 – ztráta vody	21
3.2.6	Hodnocení ukazatele TU 4 - tlakové poměry	21
3.2.7	Hodnocení ukazatele TU 5 - vliv na kvalitu vody	22
3.2.8	Souhrnné ohodnocení technického stavu	24
4	POSOUZENÍ TECHNICKÉHO STAVU VODOVODNÍ SÍTĚ V OBCI HRÁDEK	25
4.1	Struktura sítě	25
4.2	Stáří trubního materiálu	27
4.3	Ztráty vody	27
4.3.1	%VNF – Procento vody nefakturované za rok 2014	28
4.3.2	ZV – Ztráty vody v roce 2014	34
4.3.3	JUVNF – Jednotkový únik vody nefakturované v roce 2014	36
4.3.4	ILI – Infrastructure leakage index v roce 2014	37
4.3.5	EIZ – Ekonomický index ztrát v roce 2014	40
4.4	PORUCHOVOST	43
4.5	TLAKOVÉ POMĚRY	43
4.6	CELKOVÉ HODNOCENÍ TLAKOVÝCH PÁSEM	48

5	POSOUZENÍ TECHNICKÉHO STAVU ARMATUR NA VODOVODNÍ SÍTI	49
5.1	REVIZNÍ LISTY HYDRANTŮ	49
5.2	KATEGORIE PRO HODNOCENÍ HYDRANTŮ	50
5.3	NÁVRH HYDRANTŮ	53
6	ZÁVĚR	55
7	POUŽITÁ LITERATURA	56
	SEZNAM TABULEK	58
	SEZNAM OBRÁZKŮ	59
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	60
	SEZNAM PŘÍLOH	62
	SUMMARY	63

1 ÚVOD

Voda spolu se vzduchem tvoří základní podmínky k existenci života na zemi. Vodu potřebuje člověk nejen jako součást potravy a k hygienickým účelům, ale i k různým činnostem, zejména výrobním. Voda je nedílnou součástí životního prostředí a pro nás lidi nepostradatelná. Jako hlavní zdroj pitné vody uvažujeme vody podzemní a vody povrchové. Ať už využíváme jakýkoliv zdroj, často je nutno vodu upravit. Použité metody úpravy se řídí kvalitou upravované vody a účelem, pro který je voda upravována. [1] Upravenou vodu dodáváme ke spotřebitelům vodovodním systémem skládajícím se z vodovodních řadů a přípojek. Tento systém byl využíván už v dávné historii, kdy získání vody bylo nejvíce naléhavým úkolem. Vodovodní systém umožnil především rozvoj měst a vzestup na vyšší životní úroveň. První gravitační vodovod byl vybudován u Asyřanů v letech 2500 př. Kr. v Řecku, kde hlavním materiálem byl kámen či dřevo. V Čechách byl vybudován první vodovod až ve 12. století na Vyšehradě a Pražském Hradě. [2]

Během těchto let se systém i materiál vyvíjel. V současné době se na území České republiky nachází vodovodní síť o délce 76 948 km (pro rok 2014) [3]. Pro výstavbu používáme materiály kovové a nekovové. Nejpoužívanějším materiálem v České republice je litina šedá a litina tvárná. Mezi další používané materiály patří ocel, polyvinylchlorid, polyetylen, polypropylen, sklolaminát, azbestocement a beton. Pro výstavbu volíme takový materiál, aby ve styku s pitnou vodou nedošlo ke zhoršení jakosti.[4] Voda, která protéká vodovody, ať už je jímána z jakýchkoliv zdrojů, obsahuje určité množství mechanických a chemických látek. Tyto látky spolu s časem způsobují poškození na vodovodních sítích a zhoršují tak stav a kvalitu dodávané vody. Jistému opotřebování podléhá, jak samotné tvarovky, tak i armatury umístěné na vodovodní síti. Vodovodní síť začínou vykazovat množství poruch a následné opravy zvyšují náklady vodárenských společností. Otázkou je, které úseky sítě se rozhodnout opravit a v jakém rozsahu. Abychom získali určitou představu o daném stavu vodovodní sítě je potřeba posoudit technický stav sítě.

1.1 CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce bylo posouzení technického stavu vodovodní sítě a hydrantů v obci Hrádek. Pro posouzení a zhodnocení technického stavu byla zvolena semikvantitativní metoda FMEA – Failure Modes and Effects Analysis. Výstupem práce je sada tabulek a map vodovodu s vyhodnocením technického stavu vodovodní sítě a hydrantů. Součástí přílohy jsou výkresy, které graficky zobrazují technický stav vodovodní sítě dle stáří a technický stav hydrantů dle zařazení do kategorií.

1.2 ZÁJMOVÁ LOKALITA

Obec Hrádek se nachází na Šumavě cca 4 km severozápadně od města Sušice. Stížnosti na zhoršení kvality pitné vody vedlo obec k tomu, aby zjistili technický stav celé vodovodní sítě a objektů ležících na ni. Po kontrole jakosti pitné vody ve vodojemu, která byla vyhovující, se začala obec přímo soustředit na vodovodní síť. Posouzení a zaměření sítě je mezikrokem k plánovanému řízenému proplachu.

2 POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

V této kapitole se budeme soustředit na řešené území obce Hrádek.

2.1 ZÁKLADNÍ INFORMACE O OBCI

Obec Hrádek se nachází na Šumavě cca 4 km severozápadně od města Sušice v kraji Plzeňském. Příslušnou obcí s rozšířenou působností je město Sušice. Tato obec se nachází v nadmořské výšce pohybující se od 490 m n. m. v údolí Kalného potoka do 680 m n. m. severně od Odolena. Hrádek leží v údolí, jeho okolí je převážně tvořeno lesy a loukami. Nejvyšší vrcholem v okolí je vrchol Svatobor. Hlavními toky lokality jsou Kalný potok a Pstružný potok.

Historie Hrádku sahá až do roku 1298, kde zdejší oblast byla osídlována Slovy. Hrádek, jako celé panství, se dědil z pokolení na pokolení nebo prodával jiným. V roce 1590 byl zde pravděpodobně vybudován renesanční zámek, který je do dnešní doby dominantní stavbou obce. V současné době, podle úředních záznamů, zde žije 761 (rok 2014) obyvatel. Katastrální výměra činí 3690 ha. Hrádek je napojen na místní komunikaci třídy II. č 187 Klatovy-Sušice, obcí rovněž probíhá železniční trať. Z geologického hlediska tuto oblast zařazujeme do Šumavského podhůří. Její charakter jsou členité vrchoviny vrásno-zlomového původu. Je tvořeno z rul, svorů a granulitů. Obec se nenachází v chráněném území (památková rezervace, památková zóna, zvláště chráněné území, záplavové území apod.). [5]



Obr. 1 Mapa zájmové oblasti. [6]



Obr. 2 Mapa zájmové oblasti – Měřítko 1:100 000 (zdroj: Katastr nemovitostí). [7]

2.2 ZÁKLADNÍ INFORMACE O VODOVODU V OBCI

Zájmové území náleží do hydrologického povodí Vltavy. Vlastníkem vodovodu je obec Hrádek, a provozovatelem vodovodu je akciová společnost Šumavské vodovody a kanalizace a.s.

Oficiální název:	Obec Hrádek u Sušice
Obec s rozšířenou působností:	Sušice
Kraj:	Plzeňský kraj
Katastr obce:	Hrádek (okres Klatovy), 556301
Počet obyvatel:	761 (rok 2014)
Hydrologické povodí:	Povodí Vltavy, s. p. závod Klatovy
Nejvyšší vrchol:	Svatobor (845 m n. m.)
Obecní vodovod:	ANO – celková délka 6 104,9 m
Kanalizační síť a ČOV:	ANO – tlaková kanalizace
Vodojem:	ANO – Zemní vodojem o objemu 100 m ³
Potok:	Kalný a Odolena
Rybník:	Hrádecký mlýnský rybník, Nový rybník
Vlastník vodovodního systému:	Obec Hrádek
Provozovatel vodovodu:	Šumavské vodovody a kanalizace a.s.
Vodohospodářský orgán:	Městský úřad Sušice, odbor životní prostředí



Obr. 3 Letecký pohled na obec Hrádek a jeho okolí (zdroj: Katastr nemovitostí). [8]

2.2.1 Zdroj vody

Obec je zásobena pitnou vodou z prameniště o celkové vydatnosti $0,3 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ a ze soustavy studní S1 a S2. Jedná se o kopané studny tvořené s 5x skruží o průměru 1000 mm, hloubka kopaných studní je 4,5 m. Vydatnost obou studní je $1,0 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Dalším zdrojem jsou hydrogeologické vrty HV1a HV2. Tyto vrty o průměru 225 mm a hloubce 40 m mají celkovou vydatnost $5,0 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Prameniště Průhon je umístěno v lesním porostu na pozemku č. 932, k.ú. Hrádek. Voda z prameniště Průhon odtéká do vodojemu samospádem. Přívod do vodojemu je proveden z PE 2“ v délce 457 m.

Nachází se zde přečerpávací nádrž, která je dotována vodou z vrtu VH1 a VH2 a studně S1 a S2. Ve vodojemu je instalováno automatické zařízení, které kontroluje hladinu vody. V případě poklesu hladiny zařízení spíná čerpadlo v přečerpávací nádrži. V případě dostatku vody ve vodojemu jsou časovým spínačem zapnuta čerpadla ve zdrojích S1, S2, VH1, VH2 1x denně za účelem obměny vody v těchto zdrojích. [6]

2.2.1 Vodojem

V obci Hrádek se nachází jednokomorový železobetonový zemní vodojem s přidruženou armaturní komorou. Je umístěn na pozemku č.p.219, k.ú. Hrádek. Celková kapacita vodojemu je 100 m^3 . Polovina této kapacity připadá pro spotřebu obce Hrádek, druhá polovina je pro požární zabezpečení. Přívodní řád je z potrubí PE 80 mm a z potrubí PE 2“. Odběrné potrubí je z PE trub O 160 mm. Přelivné potrubí je z litiny DN 100 a odpadní potrubí z kameniny DN 150. Ovládání v manipulační komoře se provádí ručně pomocí šoupátek. Pro hygienické zabezpečení nezávadnosti pitné vody v obci Hrádek je ve vodojemu osazeno dávkovací zařízení chlornanu sodného. [6]



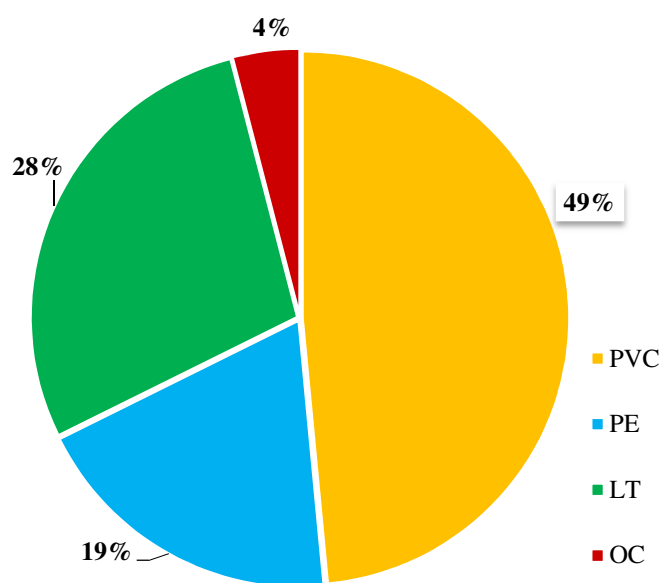
Obr. 4 Zemní vodojem v obci Hrádek.

2.2.2 Vodovodní řady

Vodovodní systém v obci Hrádek obsahuje přívodní řad, zásobní a rozvodné řady, odpady, objekty a armatury na řadech. Přívodní řad je proveden z trubek PE 2“ v dl. 457 m. Slouží pro přívod vody z prameniště do vodojemu. Přívod vody od studny S1 je proveden z PE 63 o délce 1250 m. Zásobní a rozvodné řady jsou provedeny z různých materiálů. Nachází se zde různé dimenze PVC, PE, OC a LT. Celková délka je 6 104,9 m. Na řadech se vyskytují objekty (šachty) a armatury (šoupátka, hydranty). Zásobní řad i rozvodné řady vyhoví z hlediska tlaků příslušné ČSN, není proto nutno provádět redukci tlaků v potrubí. [6]

Tab. 1. Délka potrubí podle DN a materiálu

Materiál	DN	Délka [m]	Délka [m]
PVC	80	214,0	2939,3
	90	782,9	
	100	1261,1	
	110	355,5	
	150	325,8	
PE	63	329,3	1181,5
	80	97,3	
	90	671,8	
	100	63,3	
	110	19,8	
LT	65	374,7	1716,6
	80	174,7	
	90	166,4	
	100	1000,8	
OC	50	49,5	267,5
	80	218,0	
Celkem		6 104,9 m	



Obr. 5 Grafické zobrazení procentuálního zastoupení.

Tab. 2. Další ukazatele topologie vodovodní sítě v obci Hrádek (PVC).

Materiál	ŘADY PVC					Celkem
	DN	80	90	100	110	
Délka [m]	214,0	782,9	1261,1	355,5	325,8	2939,3
Povrch [m ²]	53,8	221,4	396,2	122,9	153,5	947,7
Objem [m ³]	1,1	5,0	9,9	3,4	5,8	25,1

Tab. 3. Další ukazatele topologie vodovodní sítě v obci Hrádek (PE).

Materiál	ŘADY PE					Celkem
	DN	63	80	90	100	
Délka [m]	329,3	97,3	671,8	63,3	19,8	1181,5
Povrch [m ²]	65,2	24,5	189,9	19,9	6,8	306,3
Objem [m ³]	1,0	0,5	4,3	0,5	0,2	6,5

Tab. 4. Další ukazatele topologie vodovodní sítě v obci Hrádek (LT).

Materiál	ŘADY LT				Celkem
	DN	65	80	90	
Délka [m]	374,7	174,7	166,4	1000,8	1716,6
Povrch [m ²]	76,5	43,9	47,0	314,4	481,9

Tab. 5. Další ukazatele topologie vodovodní sítě v obci Hrádek (OC).

Materiál	ŘADY OC		Celkem
	DN	50	
Délka [m]	49,5	218,0	267,5
Povrch [m ²]	7,8	54,8	62,6
Objem [m ³]	0,1	1,1	1,2

2.2.3 Vodné

V obci Hrádek se využívá pro účtování cen vodného a stočného dvousložková forma. Dvousložková forma se skládá z paušální platby a platby za odebranou vodu. Pevná složka je nezávislá na množství odebrané vody a platí ji všichni odběratelé v dané obci, kteří mají uzavřenou smlouvu na dodávku vody. Většinou je závislá na velikosti použitého vodoměru. Druhá část pohyblivá složka je závislá na množství odebrané vody. Způsob výpočtu pevné složky vodného a stočného při placení ve dvousložkové formě je dán Vyhláškou Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2002 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). [10] Instalace vodoměru v obci Hrádek činí:

$Q_N 1,5 [m^3 \cdot \text{hod}^{-1}] \dots \dots \dots 240 \text{ [Kč} \cdot \text{rok}^{-1}]$ bez DPH

$Q_N 2,5 [m^3 \cdot \text{hod}^{-1}] \dots \dots \dots 360 \text{ [Kč} \cdot \text{rok}^{-1}]$ bez DPH

Vodné v obci Hrádek činí od roku 2010-2014 celkem $9 \text{ Kč} \cdot \text{m}^3$ bez DPH.

3 POSOUZENÍ TECHNICKÉHO STAVU VODOVODNÍ SÍTĚ

Nejlepší možná znalost technického stavu vodovodní sítě by měla být v zájmu každého provozovatele. Důkladná znalost vodovodní sítě tvoří základ pro investiční plány a plány pro případnou rekonstrukci. Efektivní posouzení stavu vyžaduje zapojení odborných pracovníků, spolehlivý provoz databází, trvale průběžné sledování technického stavu provozované infrastruktury. Posuzování technického stavu můžeme provádět dvěma způsoby a to metodou přímou a nepřímou. Nepřímá metoda není schopna zajistit potřebou úroveň detailů, avšak může poskytnout rychlé zhodnocení. Zhodnocení nepřímou metodou může být podkladem pro rozhodnutí o provedení podrobnějšího zhodnocení. Nejčastěji tato metoda vychází z historických dat (stáří potrubí, zkušenosti z různým typem materiálu potrubí), z hydrogeologických dat (hladina podzemní vody, stav půdy) a z dat hydraulických (průtok). [18]

Technický stav je ovlivněn zejména: kvalitou projektu již při zpracování, výběrem vhodných trubních materiálů, armatur a tvarovek, kvalitou jejich výroby, dodržením navržených postupů a kvality při výstavbě resp. rekonstrukci, stářím, resp. životností jednotlivých částí systému, tlakovými a průtokovými poměry, kvalitou dopravované vody, systémem provozování a provádění údržby, oprav a dostupností finančních prostředků vlastníka resp. provozovatele. [11]

3.1. HODNOCENÍ TECHNICKÉHO STAVU VODOVODŮ

Navrhovaná metodika hodnocení vodovodů doporučuje, pokud to provozní evidence a stávající dokumentace vodovodu umožňuje, vyčlenit a samostatně hodnotit

- Hlavní distribuční systém (gravitační i výtlačné příváděcí řady) – HDS
- Rozvodnou vodovodní síť - VS

3.1.1 Ukazatele hodnocení technického stavu HDS

Pro hodnocení technického stavu příváděcích řadů jsou navrženy následující technické ukazatele:

- TU 1 - stáří trubního materiálu vodovodního řadu
- TU 2 - hydraulická kapacita
- TU 3 - vliv na kvalitu vody
- TU 4 - protirázová ochrana řadu
- TU 5 - poruchovost

3.1.2 Ukazatele hodnocení technického stavu vodovodních sítí

Pro hodnocení technického stavu vodovodních sítí jsou navrženy následující technické ukazatele:

- TU 1 - stáří trubního materiálu vodovodního řadu
- TU 2 - poruchovost vodovodních řadů
- TU 3 - ztráty vody

TU 4 - tlakové poměry
TU 5 - vliv na kvalitu vody

Pro jednotlivé ukazatele je navržena následující metodika hodnocení. [12]

3.2 METODIKA POSUZOVÁNÍ TECHNICKÉHO STAVU VODOVODNÍCH SÍTÍ S VYUŽITÍM METODY FMEA

Vlastník vodovodu či kanalizace je ze zákona České republiky povinen zajistit plynulé a bezpečné provozování a vytvářet finanční rezervu na jejich obnovu a dokládat jejich využití. Z toho důvodu došlo k úsilí rozvíjet různé multi-objektivní metody pro posuzování stavu. Jedno z těchto metod je i metoda FMEA – Failure Modes and Effects Analysis. [18]

Pro každý z uvedených ukazatelů jsou v metodice definovány postupy jeho stanovení, fyzikální rozměr a metoda jeho hodnocení. Pro potřeby hodnocení technického stavu vodovodních sítí byla pro hodnocení jednotlivých ukazatelů technického stavu navržena jednoduchá semikvantitativní hodnotící metoda, která vychází z metody FMEA – Failure Modes and Effects Analysis. [12]

3.2.1 FMEA – Failure Modes and Effects Analysis

Navržená metodika hodnocení stanovených hodnot jednotlivých ukazatelů je založena na metodě FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) používané u analýzy rizik. Podle této metody je postup hodnocení následující:

- Stanovit technické ukazatele k posouzení.
- Podle stanovených hodnot jednotlivých ukazatelů a navrženého postupu je provedeno jejich zařazení do jednotlivých kategorií.
- Výběr základních kategorií pro hodnocení.

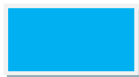
Pro každý ukazatel je v následujících kapitolách podrobně uveden postup jeho stanovení a způsob jeho hodnocení. [12,18]

3.2.2 Kategorie hodnocení



Kategorie K1 - **velmi dobrý stav**

Tato kategorie představuje optimální stav příslušného ukazatele a nevyžaduje žádná opatření vedoucí ke změnám tohoto ukazatele. Nepředpokládá se výrazná změna hodnoty i v delším časovém období.



Kategorie K2 – **dobrá stav**

Tato kategorie představuje nízkou míru rizika příslušného ukazatele a nevyžaduje žádné opatření ani v blízké budoucnosti.



Kategorie K3 – vyhovující stav

Jedná se o průměrné hodnoty příslušného ukazatele, které však nevyžadují okamžitá řešení, ale v budoucnosti lze předpokládat změnu hodnoty ukazatele.



Kategorie K4 – kritický stav

Tato kategorie představuje již kritické hodnoty příslušného ukazatele. To znamená, že by měla být realizována případně plánována opatření na řešení tohoto stavu.



Kategorie K5 – nevyhovující stav

Tato kategorie reprezentuje nežádoucí stav a vyžaduje dle možností provozovatele okamžité řešení, které povede k dosažení lepších hodnot příslušného ukazatele.

Meze vymezující jednotlivé kategorie u každého ukazatele byly navrženy na základě získaných poznatků z domácí i zahraniční literatury. [12]

3.2.3 Hodnocení ukazatele TU 1 – Stáří trubního materiálu vodovodní sítě

Pro hodnocení technického stavu stáří jednotlivých řadů vodovodní sítě je zpracována Tab. 6. Toto hodnocení předpokládá podrobnou databázi skladby trubního materiálu a stáří jednotlivých vodovodních řadů. Pokud není tato podrobná databáze stáří vodovodních řadů jednotlivých trubních materiálů k dispozici, lze vycházet z odhadu průměrného stáří posuzované vodovodní sítě a to pak posoudit podle Tab. 7. Pokud však v posuzované síti výrazně převažuje určitý druh trubního materiálu (více jak 75%) - pak by měla být síť posuzována podle hodnot doporučených v Tab. 7 pro příslušný trubní materiál. [12,13]

Tab. 6. Meze kategorií TU 1 – Hodnocení stáří trubního materiálu

Kategorie	Trubní materiál											
	Šedá litina		Tvárná litina		Ocel		PVC		PE		jiný	
	OD	DO	OD	DO	OD	DO	OD	DO	OD	DO	OD	DO
K1	0	40	0	50	0	20	0	20	0	30	0	20
K2	40	60	50	70	20	40	20	40	30	50	20	30
K3	60	80	70	90	40	50	40	50	50	60	30	40
K4	80	100	90	110	50	60	50	60	60	70	40	50
K5	100	...	110	...	60	...	60	...	70	...	50	>50

Tab. 7. Průměrné stáří vodovodní sítě

Kategorie	Průměrné stáří	
	OD	DO
K1	0	30
K2	30	50
K3	50	60
K4	60	80
K5	80	...

3.2.4 Hodnocení ukazatele TU 2 – poruchovosti vodovodní sítě

Hodnocení poruchovosti vodovodních řadů je jedním ze základních ukazatelů hodnocení technického stavu. Pokud existuje databáze poruch se samostatnou evidencí poruch vodovodních řadů, armatur a přípojek, je vhodné ohodnotit každou tuto skupinu poruch samostatně. U poruch armatur (šoupátka, hydranty atd.) a přípojek je možno stanovit hranice kategorií individuálně provozovatelem (vlastníkem) podle procentuálního podílu počtu poruch za rok k celkovému počtu provozovaných armatur resp. přípojek. U uzavíracích armatur je možno procentuálně stanovit i tzv. funkčnost, tj. dostupnost nebo schopnost ovládní uzávěrů k celkovému počtu uzávěrů na síti. U těchto armatur je možno doporučit, pokud to provozní evidence umožňuje, rozdělit do skupin podle velikosti DN dle IWA do 3 základních skupin:

- profily do DN 100
- profily DN 100 až DN 300
- profily větší DN 300

Pro potřeby základního technického hodnocení je možno shrnout všechny poruchy s výjimkou poruch přípojek a stanovit poruchovost na vodovodních řadech vyjádřenou jako počet poruch na km řadů za rok. Doporučené kategorie hodnocení tohoto ukazatele jsou uvedeny v následující tabulce Tab. 8. [12,13]

Tab. 8. Meze kategorií TU 2 – Hodnocení průměrné poruchovosti

Kategorie	Poruchovost [počet přípojek · km ⁻¹ · rok ⁻¹]	
	OD	DO
K1	0,0	0,2
K2	0,2	0,3
K3	0,3	0,5
K4	0,5	0,8
K5	0,8	...

3.2.5 Hodnocení ukazatele TU 3 – ztráta vody

Pro hodnocení vodovodních sítí z pohledu ztrát vody jsou v ČR nejčastěji používány ukazatele.

- %VNF – bilanční vyjádření objemu vody nefakturované za rok v procentech
- JUVNF – jednotkové úniky vody nefakturované vyjádřené nejčastěji v m³ na kilometr řadu za rok

Pokud to provozní evidence umožňuje, je vhodné u ukazatele % VNF odečíst z celkového objemu vody nefakturované vlastní spotřebu, která by neměla překročit 2% objemu vody vyrobené k realizaci.

Pro posouzení technického stavu sítě je však daleko objektivnější ukazatel jednotkových úniků vody nefakturované – JUVNF. Některé vodárenské společnosti v ČR počítají celkovou délku vodovodních řadů pro stanovení JUVNF přepočtenou na ekvivalentní profil DN 150. Praktické zkušenosti však ukazují, že u posuzování samostatných vodovodních sítí bez řadů HDS se rozdílly u skutečné celkové délky a přepočtené délky na profil DN 150 pohybují pouze v řádu procent.

Doporučené meze hodnotících kategorií obou ukazatelů jsou uvedeny v Tab. 9. Ukazatel %VNF zahrnuje i vlastní spotřebu a JUVNF skutečnou délku vodovodních řadů. [12,13]

Tab. 9. Doporučené meze kategorií TU 3 – Hodnocení ztráty vody

Kategorie	%VNF [%]		JUVNF [km ³ · km ⁻¹ · rok ⁻¹]	
	OD	DO	OD	DO
K1	0	10	0	3000
K2	10	12	3000	4500
K3	12	16	4500	6000
K4	16	25	6000	8000
K5	25	> 25	8000	> 8000

3.2.6 Hodnocení ukazatele TU 4 - Tlakové poměry

Pro hodnocení tohoto ukazatele je možno doporučit hodnocení z pohledu hydrostatických tlaků v dané vodovodní síti a minimálních hydrodynamických tlaků. Pokud převážná většina sítě (např. více jak 80% uzlů sítě) je pod hodnotami uváděnými v Tab. 10, je možno celou síť zařadit do příslušné kategorie.

Tab. 10. Meze kategorií TU 4 – Maximální hydrostatický tlak

Kategorie	Hydrostatický tlak [m v. sl.]	
	OD	DO
K1	0	45
K2	45	50
K3	50	60
K4	60	70
K5	70	...

Pro hodnocení z pohledu minimálních hydrodynamických tlaků je nutno mít zpracovaný podrobný kalibrovaný kvazi-dynamický (min. pro 24 hodin) hydraulický model. Posuzování jednotlivých uzlů sítě se poté provádí se zohledněním velikosti odběrů a průběhu hydrodynamického tlaku během dne. Tento postup je poměrně náročný a pro posouzení velmi pracný. Pokud je zpracovatel schopen odhadnout, případně na základě zpracovaného hydraulického modelu stanovit průměrný hydrodynamický tlak v posuzované síti, je možno pro vyhodnocení tohoto ukazatele použít doporučené hodnoty v Tab. 11. [12,13]

Tab. 11. Meze kategorií TU 4 – Průměrný hydrodynamický tlak

Kategorie	Hydrodynamický tlak [m v. sl.]	
	OD	DO
K1	25	40
K2	40	50
K3	50	55
K4	55	60
K5	60	25(15*)

3.2.7 Hodnocení ukazatele TU 5 - Vliv na kvalitu vody

Hodnocení přímého vlivu vodovodní sítě na kvalitu vody je velmi obtížné. Takové přímé hodnocení vyžaduje dlouhodobý monitoring kvality vody na vstupu (napájecí uzly) do posuzovaného zásobního pásma a ve vybraných uzlech vlastní vodovodní sítě pásma. Z podílů vyhovujících vzorků k celkovému počtu provedených rozborů a vyhodnocení rozdílů u každého posuzovaného kvalitativního parametru vzorku na vstupu do pásma a v jednotlivých uzlech sítě by pak bylo možno např. porovnáním s průměrnými hodnotami národní databáze VaK ohodnotit přímý vliv sítě na kvalitu dopravované vody. [12,13]

Pro účely ohodnocení technického stavu lze doporučit postupovat pomocí odvozených parametrů, jako je:

- Zdroj surové vody (povrchový, podzemní)
- Skladba trubního materiálu
- Doba zdržení vody v síti (hydraulická kapacita, minimální rychlosti)
- Způsob hygienického zabezpečení vody (chlór, chlórdioxid, UV atd.)

V rámci této metodiky je navržen následující postup ohodnocení jednotlivých zásobních pásem pro tento technický ukazatel se zohledněním reálných poznatků provozovatele v této oblasti v posledních letech. [12,13]

Tab. 12. Kategorie TU 5 – Vliv na kvalitu vody

Kategorie	Zařazujeme:
K1	<ul style="list-style-type: none"> - Řady pásma, kde převažují nekovové trubní materiály nebo tvárná litina, - v síti je distribuována voda z podzemních zdrojů, - systém není výrazně předimenzován, - doba zdržení v síti není delší než 24 hodin,
K2	<ul style="list-style-type: none"> - řady pásma, kde převažují řady z tvárné litiny nebo nekovových trubních materiálů, - v síti je distribuována voda z povrchových zdrojů, - průměrná doba zdržení vody v přivaděči není delší než 24 hodin a jako hygienické zabezpečení je použito UV záření nebo chlordioxid,
K3	<ul style="list-style-type: none"> - řady pásma, kde převažují řady z PE, PVC a sklolaminátu, - v síti je dopravována voda z podzemních zdrojů, - průměrná doba zdržení vody v síti je delší než 24 hodin a jako hygienické zabezpečení je použito chlóru, chlordioxidu, UV záření případně jiného hygienického zabezpečení, - převažují v pásmu řady z šedé litiny a oceli, které prošly v uplynulých cca 15 letech sanací vnitřního potrubí (cementace, epoxidace), případně mechanickým čištěním vnitřního povrchu potrubí, - voda z podzemních zdrojů, - průměrná doba zdržení vody v přivaděči není delší než 24 hodin a jako hygienické zabezpečení je použito chlóru nebo chlordioxidu,
K4	<ul style="list-style-type: none"> - řady pásma, kde převažují řady z šedé litiny a oceli starší 50 let, které neprošly sanací vnitřního povrchu, - v síti je dopravovaná voda z povrchových zdrojů, - vodovodní řady v pásmu jsou výrazně předimenzovány, ale průměrná doba zdržení vody v síti není delší 48 hodin.

K5	<ul style="list-style-type: none"> - řady pásma, kde převažují řady z šedé litiny a oceli starší 50 let, které neprošly sanací vnitřního povrchu ani mechanickým čištěním, - v síti je dopravovaná voda z povrchových zdrojů, - vodovodní řady v pásmu jsou výrazně předimenzovány a průměrná doba zdržení vody v síti je výrazně delší než 48 hodin, - jako desinfekce je použito plynného chlór.
----	--

3.2.8 Souhrnné ohodnocení technického stavu

Pro souhrnné ohodnocení se doporučuje zpracovat přehled hodnocení jednotlivých příváděcích řadů, jednotlivých tlakových pásem, měřících okrsků posuzovaného systému. Souhrnné komplexní hodnocení technického stavu posuzované vodovodní sítě jediným ukazatelem TS lze stanovit podle vztahu:

$$TS = \sum_{i=1}^n TU_i \cdot W_i \quad (3.1)$$

kde n - celkový počet použitých ukazatelů,

TU_i - je hodnota v rozmezí 1 až 5 dle hodnocení příslušného technického ukazatele TU, (1 pro hodnocení K1, 5 pro hodnocení K5)

W_i - je váha přiřazená příslušnému ukazateli TU_i , přitom platí, že

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1 \quad (3.2)$$

Výsledné ohodnocení dle dosažené hodnoty TS lze pak stanovit podle Tab. 13.

Tab. 13. Kategorie ohodnocení dle hodnoty TS

Kategorie	TS	
	OD	DO
K1	1	1,5
K2	1,5	2,5
K3	2,5	3,5
K4	3,5	4,5
K5	4,5	5

4 POSOUZENÍ TECHNICKÉHO STAVU VODOVODNÍ SÍTĚ V OBCI HRÁDEK

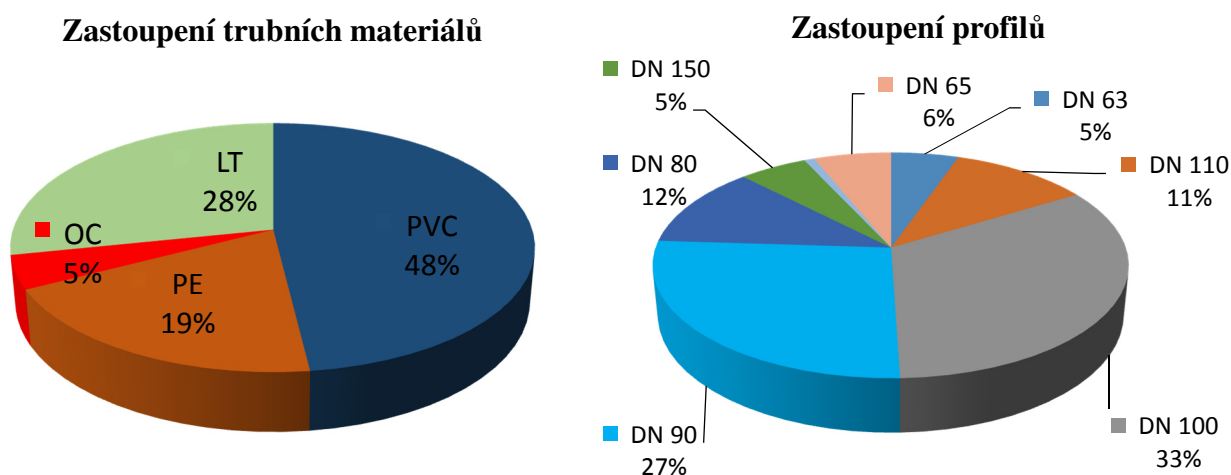
Popsanou metodiku hodnocení technického stavu jsme aplikovali na vodovodní síť v obci Hrádek. Hodnocení bylo prováděno na vodovodním systému s celkovou délkou sítě 6 104,9 m. S ohledem na dostupnost dat byly při hodnocení použity následující ukazatele:

- TU1 – Struktura sítě
- TU2 – Stáří trubního materiálu
- TU3 – Ztráta vody
- TU4 – Poruchovost
- TU5 – Tlakové poměry

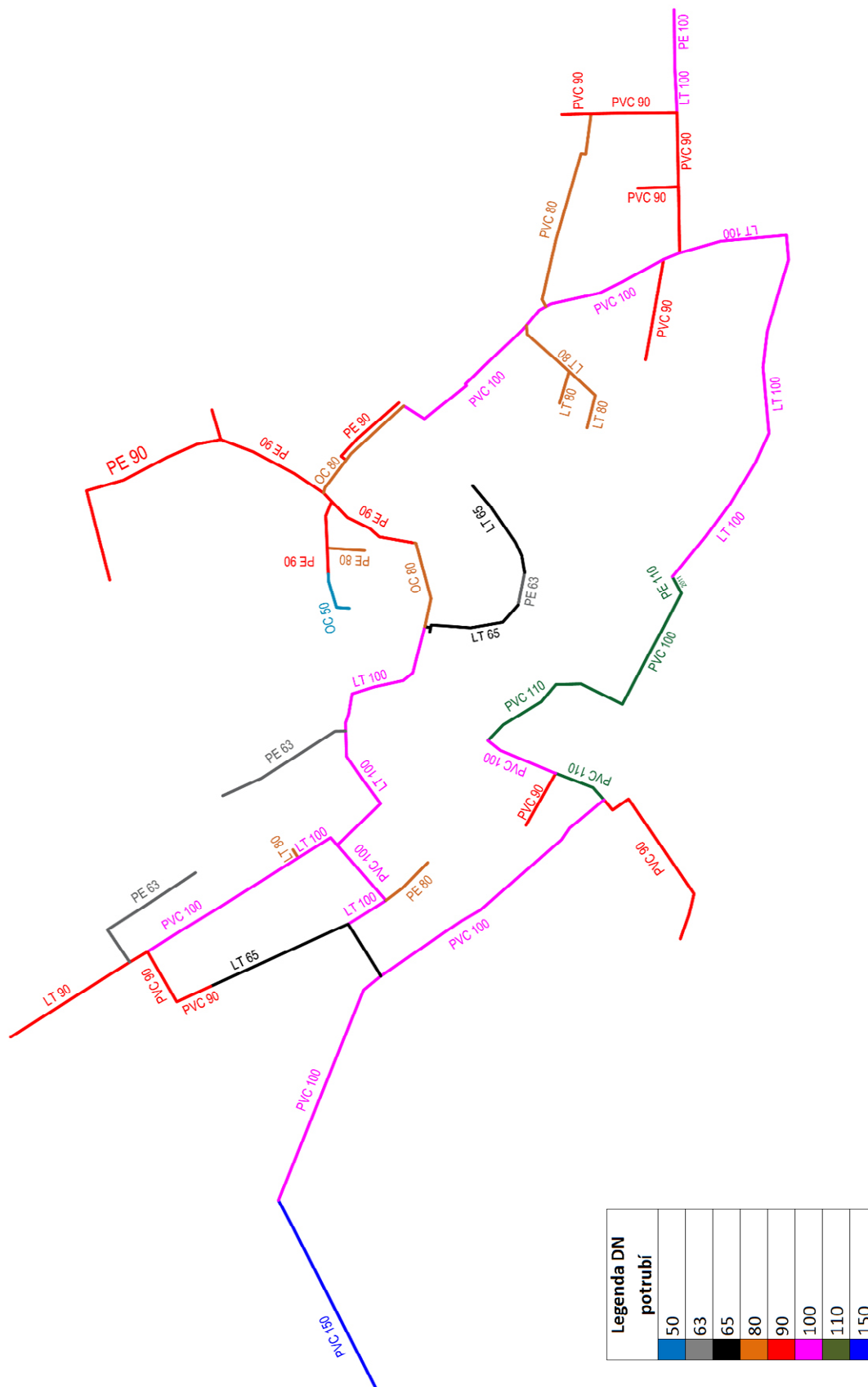
Vodovodní síť byla zařazena do kategorie hodnocení podle jednotlivých ukazatelů. Na základě hodnocení jednotlivými technickými ukazateli je provedeno závěrečné souhrnné hodnocení technického stavu pomocí výsledného TS. V následujícím textu jsou prezentovány výsledky. [12]

4.1 STRUKTURA SÍTĚ

Technický ukazatel „TU1 – Struktura sítě“ zahrnuje podrobný rozbor zastoupení trubních materiálů a DN v jednotlivých pásmech. U ukazatele TU1 nebyly stanoveny žádné kategorie a nebylo provedeno ani žádné jiné hodnocení. Zastoupení různých materiálů a DN bylo provedeno grafickým znázorněním. [12]



Obr. 6 Skladba trubních zastoupení dle trubních materiálů (vlevo) a dle profilů (vpravo).



Obr. 7 Struktura sítě v obci Hrádek dle DN – Autocad 2015.

4.2 STÁŘÍ TRUBNÍHO MATERIÁLU

Nejstarší řady posuzovaného systému pocházejí z roku 1965 z šedé litiny LT 65 o celkové délce 214,2 km. Pro zařazení jednotlivých trubních materiálů do hodnotících kategorií podle stáří byly stanoveny meze stáří pro každou kategorii a každý materiál. Dále byly zjišťovány délky materiálů v každé kategorii a na základě těchto hodnot byly zařazeny do jedné z hodnotících kategorií. Výsledky hodnocení jsou prezentovány v Tab. 14. [12]

Tab. 14. Hodnocení vodovodní sítě dle stáří trubního materiálu.

pásmo	K1	K2	K3	K4	K5	Nevíme	Hodnocení TU2
	Délka [m]						
	1783,4	2006,8	1884,6	0	0	430,1	K2

Vodovodní síť byla hodnocena kategorií „**K2 – dobrý stav**“. V rámci tohoto ukazatele byl vytvořen výkres „Příloha č. 2 – Situace technického stavu – dle stáří potrubí.“ Zde jsou barevně vyznačeny úseky vodovodu dle zařazení do kategorií.

4.3 ZTRÁTY VODY

Cílem dalšího ukazatele bylo posoudit technický stav sítě z pohledu ztrát vody. Jako vstupní data čtyř ukazatelů ztrát vody bylo použito množství vody nefakturované, vody vyrobené k realizaci, délka vodovodních řadů, počet přípojek a průměrný hydrodynamický tlak. Tento ukazatel je složen ze čtyř dílčích ukazatelů:

- % VNF - procento vody nefakturované
- JUVNF - jednotkový únik vody nefakturované
- ILI - Infrastructure Leakage Index
- EIZ - Ekonomický Index Ztrát

Pro každý dílčí ukazatel ztrát jsou meze nastaveny individuálně (Tab. 15.). Při nastavování mezí byly brány v úvahu průměrné hodnoty ukazatelů ILI a JUVNF v ČR. Nastavení mezí pro ukazatele EIZ vychází z metodiky výpočtu tohoto ukazatele.

Celkové hodnocení ukazatele ztrát vody TU3 bylo stanoveno váženým průměrem z hodnocení dílčími ukazateli. [12,13]

Tab. 15. Hodnocení vodovodní sítě podle ukazatelů ztráty vody – hranice kategorií.

Kategorie	%VNF		JUVNF		ILI		EIZ	
	[%]		[km ³ · km ⁻¹ · rok ⁻¹]		[-]		[-]	
	OD	DO	OD	DO	OD	DO	OD	DO
K1	0	10	0	3000	1	3,5	0	0,6
K2	10	12	3000	4500	3,5	4	0,6	0,8
K3	12	16	4500	6000	4	6	0,8	1
K4	16	25	6000	8000	6	9	1	1,3
K5	25	> 25	8000	> 8000	9	> 9	1,3	> 1,3

4.3.1 %VNF – Procento vody nefakturované za rok 2014

K posouzení technického ukazatele %VNF nám obec Hrádek poskytla potřebné informace o objemech vody.

Poskytnuté informace o objemu vody nefakturované za rok 2014.

- Objem vody nefakturované za rok 2014 – 13 069 m³·rok⁻¹.
- Objem vody fakturované celkem za rok 2014 – 31 465 m³·rok⁻¹.
- Objem vody vyrobené k realizaci za rok 2014 – 44 534 m³·rok⁻¹.
- Vlastní spotřeba vody za rok 2014 – 1 600 m³·rok⁻¹.

$$\text{VNF} = \text{VVR} - \text{VFC} \quad (4.1)$$

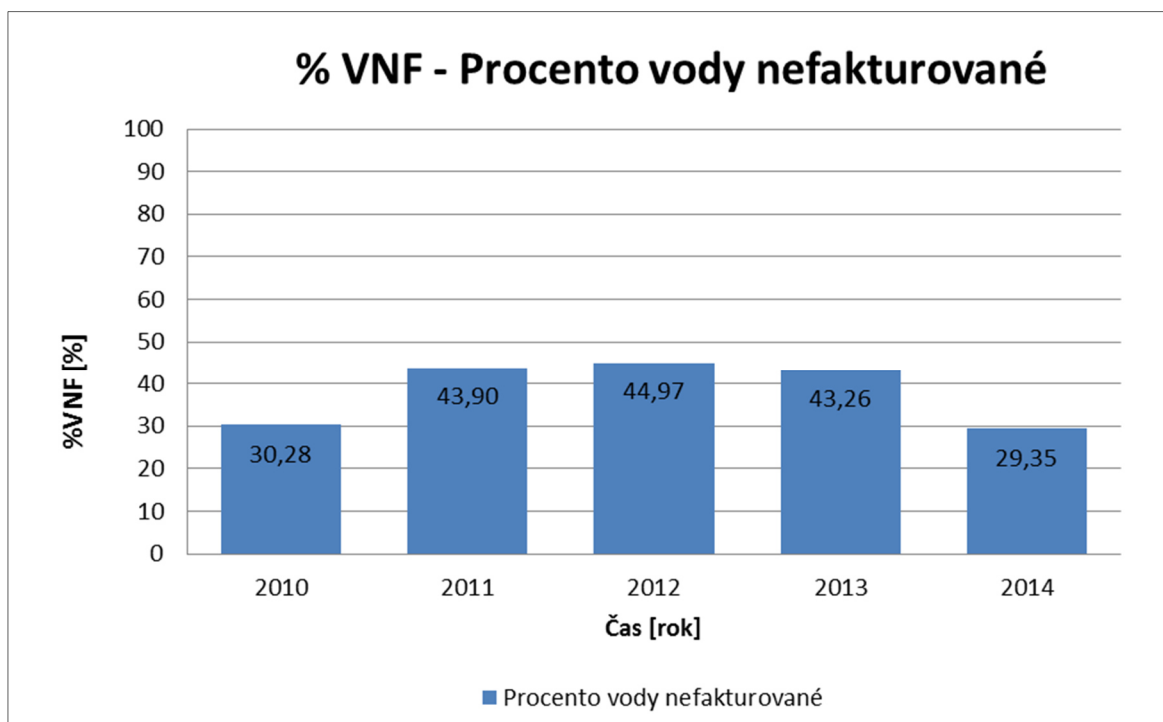
kde	VNF	-	voda nefakturovaná za rok 2014	[m ³ ·rok ⁻¹]
	VVR	-	voda vyrobená k realizaci za rok 2014	[m ³ ·rok ⁻¹]
	VFC	-	voda fakturovaná celkem za rok 2014	[m ³ ·rok ⁻¹]

$$\text{VNF} = 44\,534 - 31\,465$$

$$\text{VNF} = 13\,069 \text{ m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$$

Technický ukazatel %VNF procento vody nefakturované je procentuální vyjádřený objem vody nefakturované z vody k realizaci. Hranici pro vyhodnocování obvykle určují ekonomické záměry provozovatele. [15] V roce 2014 je procento vody nefakturované 29,35%. Pokud se budeme řídit tabulkou Tab. 15 - Hodnocení vodovodní sítě podle ukazatelů ztráty vody zjistíme, že VNF spadá do kategorie „**K5 – nevyhovující**“.

Pro lepší přehlednost uvádím vývoj ukazatele %VNF od roku 2010 – 2014.



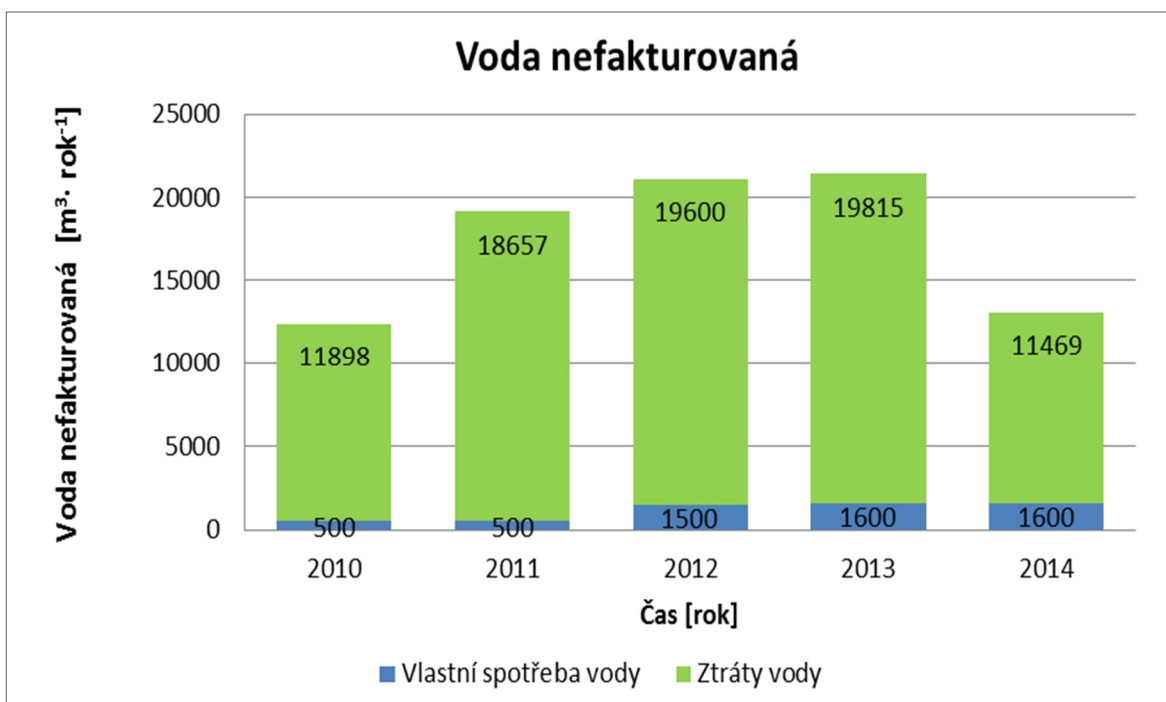
Obr. 8 Procento vody nefakturované od roku 2010-2014 v obci Hrádek.

Voda nefakturovaná v roce 2010-2014

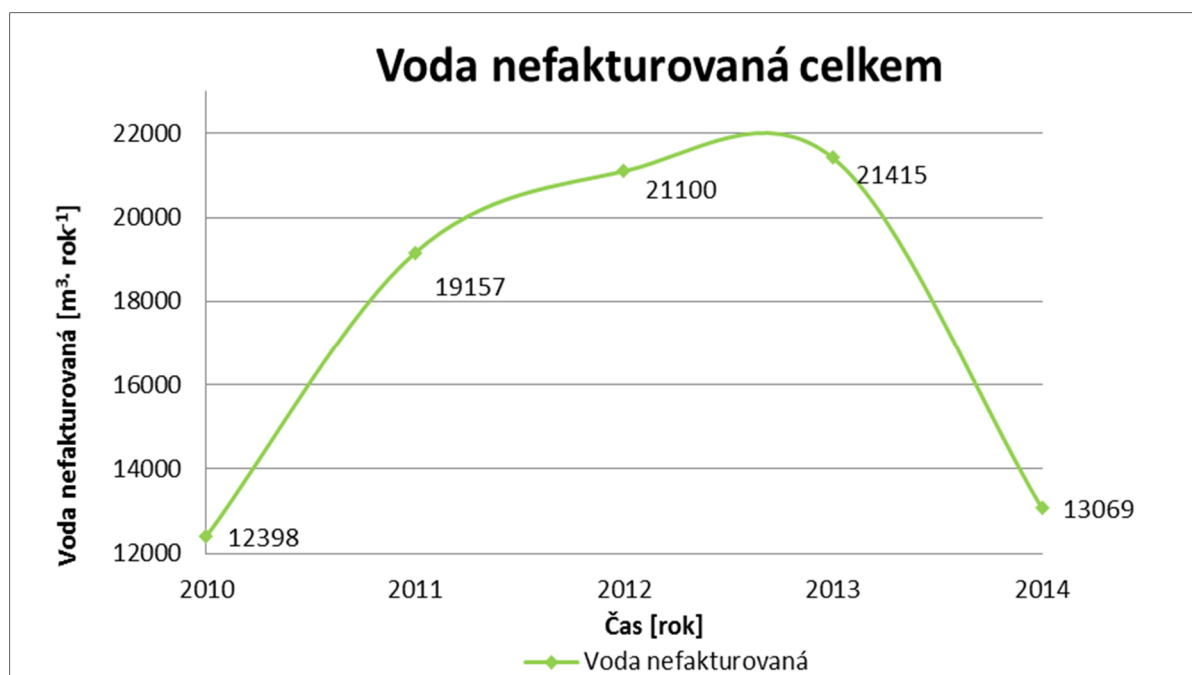
Voda nefakturovaná je součtem dvou hodnot, a to vlastní spotřeba vody a ztráty vody. Pro lepší přehlednost a pochopení uvádím tabulku (Tab. 16) a grafy průběhu VNF od roku 2010 – 2014.

Tab. 16. **Voda nefakturovaná v obci Hrádek.**

	2010	2011	2012	2013	2014	Průměr
	[m ³ ·rok ⁻¹]	[m ³ ·rok ⁻¹]	[m ³ ·rok ⁻¹]	[m ³ ·rok ⁻¹]	[m ³ ·rok ⁻¹]	[m ³ ·rok ⁻¹]
Voda nefakturovaná	12 398	19 157	21 100	21 415	13 069	17 427,8
Ztráty vody	11 898	18 657	19 600	19 815	11 469	16 287,8
Vlastní spotřeba	500	500	1500	1600	1600	1140
% VNF [%]	30,28	43,90	44,97	43,26	29,35	38,35
% VFC [%]	69,72	56,1	55,03	56,74	70,65	61,65



Obr. 9 Voda nefakturovaná od roku 2010-2014 v obci Hrádek.



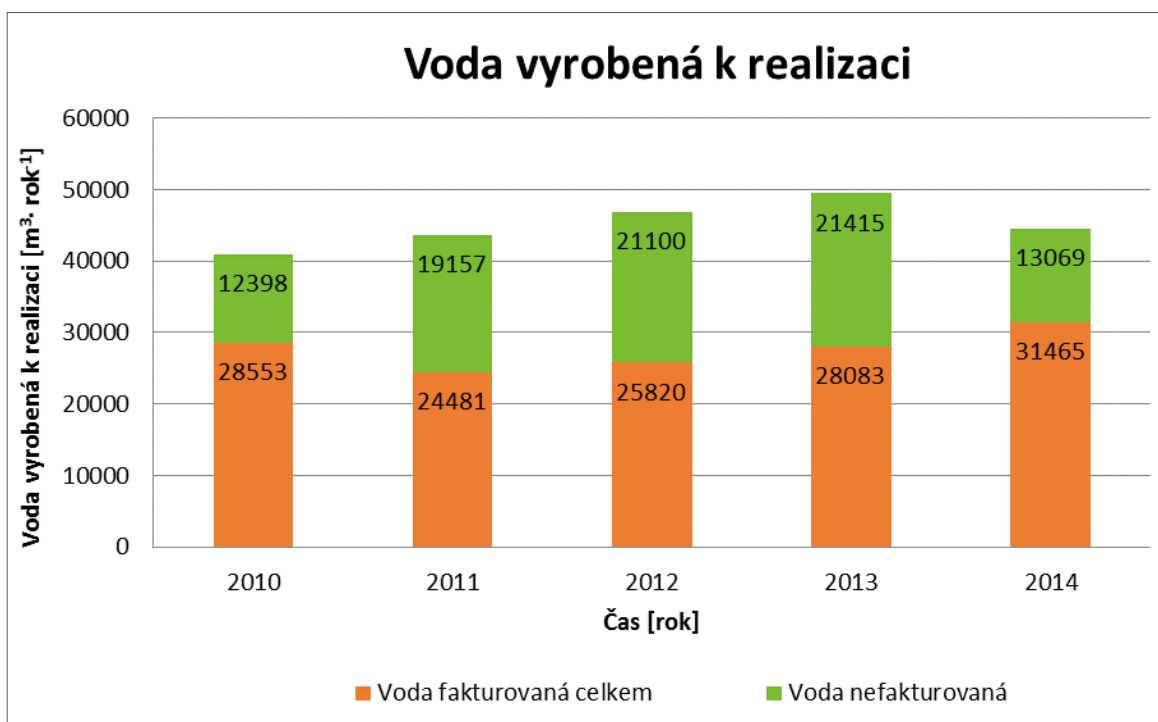
Obr. 10 Průběh vody nefakturované od roku 2010-2014 v obci Hrádek.

VVR – Voda vyrobená k realizaci v roce 2010-2014

Voda vyrobená k realizaci se skládá z vody dodané + vody převzaté – vody předané. Objem vody vyrobené v obci Hrádek se od roku 2010 až po rok 2013 zvětšoval. V roce 2014 výroba vody klesla, důvodem mírného poklesu hodnot je částečná rekonstrukce na vodovodní síti. Průměrná hodnota vyrobené vody k realizaci za 5 let je 45 108,2 m³·rok⁻¹.

$$VVR = VD + VP_1 - VP_2 \quad (4.2)$$

kde	VD	-	voda dodaná	[m ³ ·rok ⁻¹]
	VP ₁	-	voda převzatá	[m ³ ·rok ⁻¹]
	VP ₂	-	voda předaná	[m ³ ·rok ⁻¹]
	VVR	-	voda vyrobená k realizaci	[m ³ ·rok ⁻¹]



Obr. 11 Voda vyrobená k realizaci za rok 2010-2014 v obci Hrádek.



Obr. 12 Voda vyrobená k realizaci od roku 2010-2014 v obci Hrádek.

VFC – Voda fakturovaná celkem za rok 2010-2014

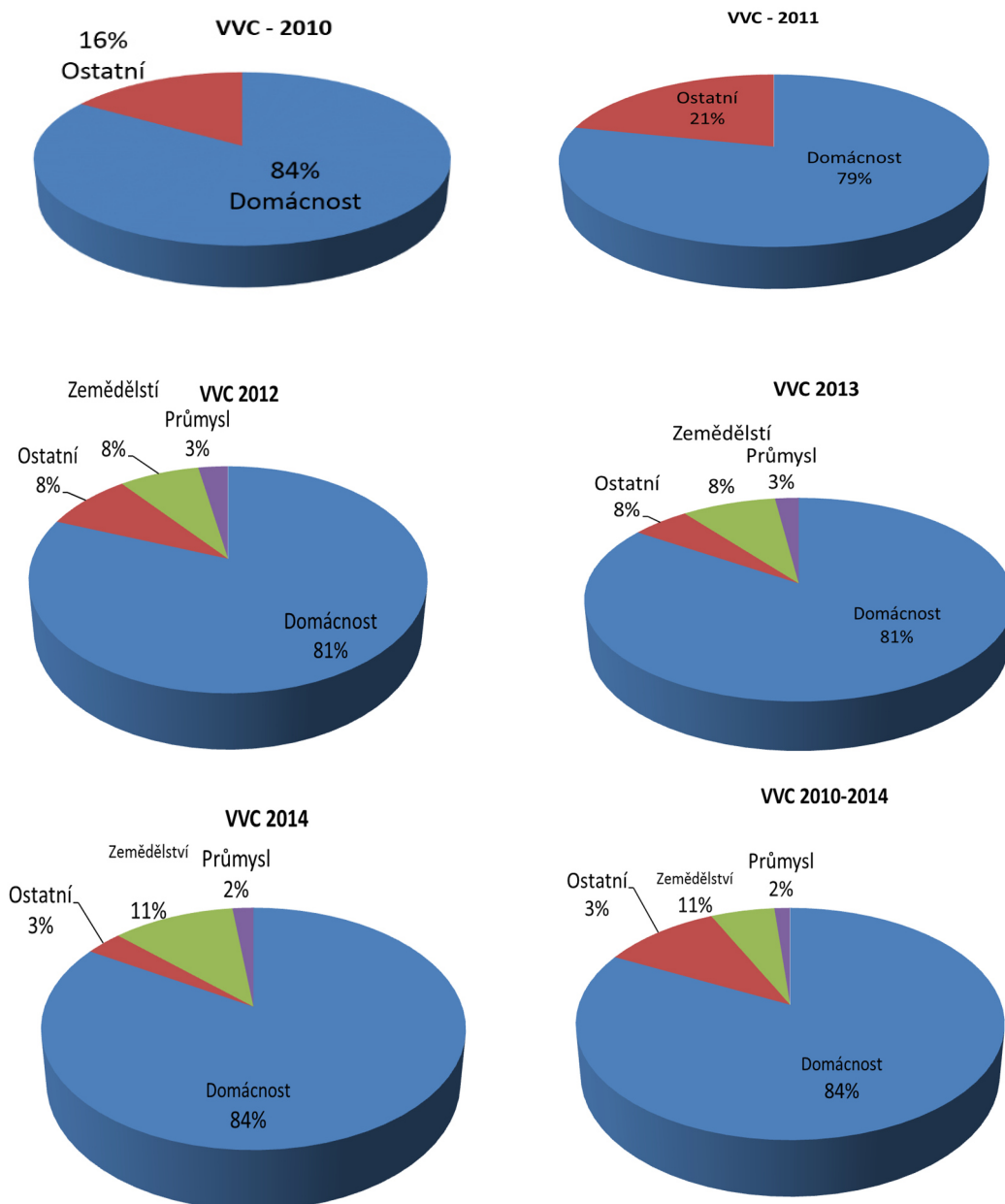
Voda fakturovaná celkem zahrnuje veškerou potřebu vody pro obyvatelstvo (domácnosti, drobné živnosti, malé podnikatele a přiměřená individuální nekalkulovaná občanská vybavenost). Stanovuje se pomocí specifické potřeby vody fakturované celkem. Stanovujeme ji na základě analýzy spotřeby vody fakturované ve spotřebišti. Závisí na velikosti spotřebišti a rozsahu občanské vybavenosti. Hrádek je obec s nízkou občanskou vybaveností. Nachází se zde základní škola, mateřská škola a drobné podniky. Významným odběratelem je výrobní obchodní závod Svatobor a Zámek Hrádek (hotel a wellness). Potřeba vody je rozdělena na vodu vyrobenou domácnostem, pro průmysl, zemědělství a vodu vyrobenou pro ostatní odběratelé. Od roku 2010 do roku 2014 můžeme pozorovat mírný nárůst trvale bydlících občanů, avšak počet přechodných obyvatelů a napojených obyvatelů se nemění. S mírným nárůstem počtem obyvatel se zvyšuje i potřeba vody. [15]

Tab. 17. Přehled počtu obyvatel v obci Hrádek.

	2010	2011	2012	2013	2014
	[obyvatel]	[obyvatel]	[obyvatel]	[obyvatel]	[obyvatel]
Trvale bydlící	736	750	744	749	761
Přechodní obyvatelé	50	50	50	50	50
Celkem obyvatelé	786	800	794	799	811
Napojení obyvatelé	739	739	739	739	739

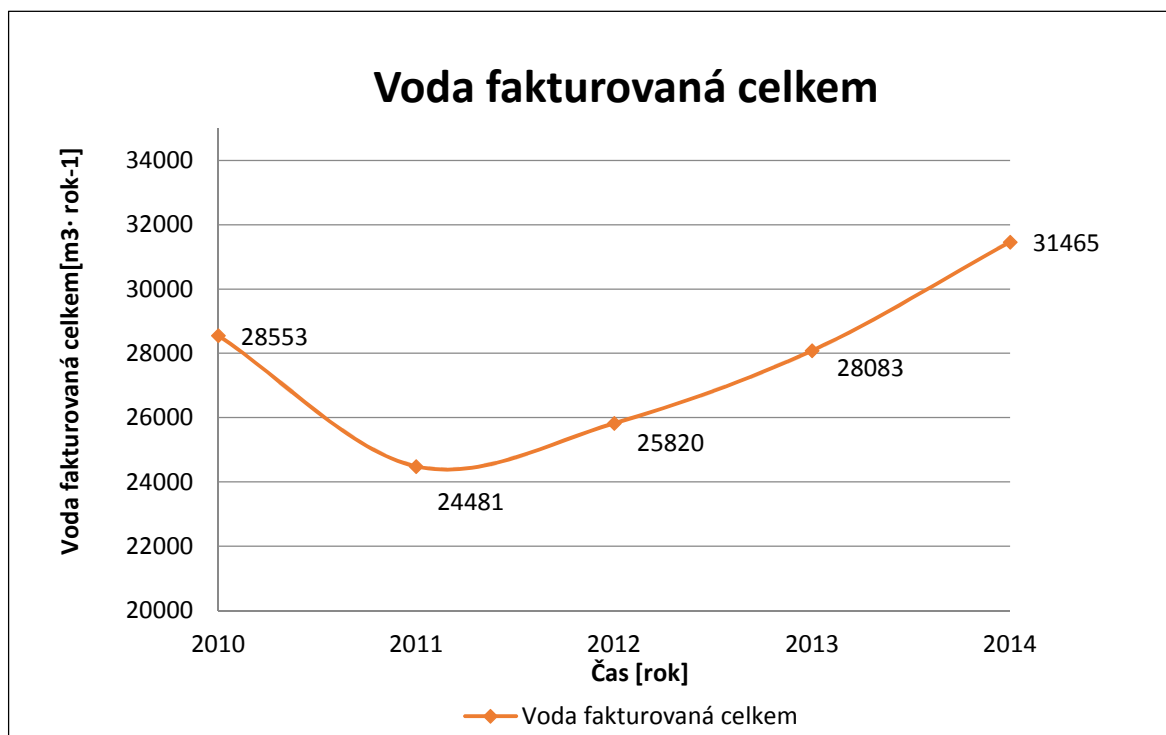
Tab. 18. Voda fakturovaná celkem v obci Hrádek.

Voda fakturovaná celkem	2010	2011	2012	2013	2014
	[m ³ ·rok ⁻¹]	[m ³ ·rok ⁻¹]	[m ³ ·rok ⁻¹]	[m ³ ·rok ⁻¹]	[m ³ ·rok ⁻¹]
Domácnost	23 977	19 283	20 881	23 718	26 317
Zemědělství	N/A	N/A	2 009	2 332	3 500
Průmysl	N/A	N/A	745	586	600
Ostatní	4 576	5 198	2 185	1 447	1 048
Vyrobená celkem	40 951	43 638	46 920	49 498	44534



Obr. 13 Procentuální zastoupení potřeby vody od roku 2010-2014 v obci Hrádek.

Nárůst vody fakturované celkem je znázorněno v následujícím grafu.



Obr. 14 Nárůst vody fakturované celkem od roku 2010-2014 v obci Hrádek.

4.3.2 ZV – Ztráty vody v roce 2014

K posouzení dalšího dílčího technického ukazatele nám obec Hrádek poskytla potřebné informace o ztrátách vody za rok 2014.

$$ZV = VNF - VS \quad (4.3)$$

kde	VNF	-	voda nefakturovaná za rok 2014	[m ³ ·rok ⁻¹]
	VS	-	vlastní spotřeba vody za rok 2014	[m ³ ·rok ⁻¹]
	ZV	-	ztráty vody za rok 2014	[m ³ ·rok ⁻¹]

$$ZV = 13\,069 - 1600$$

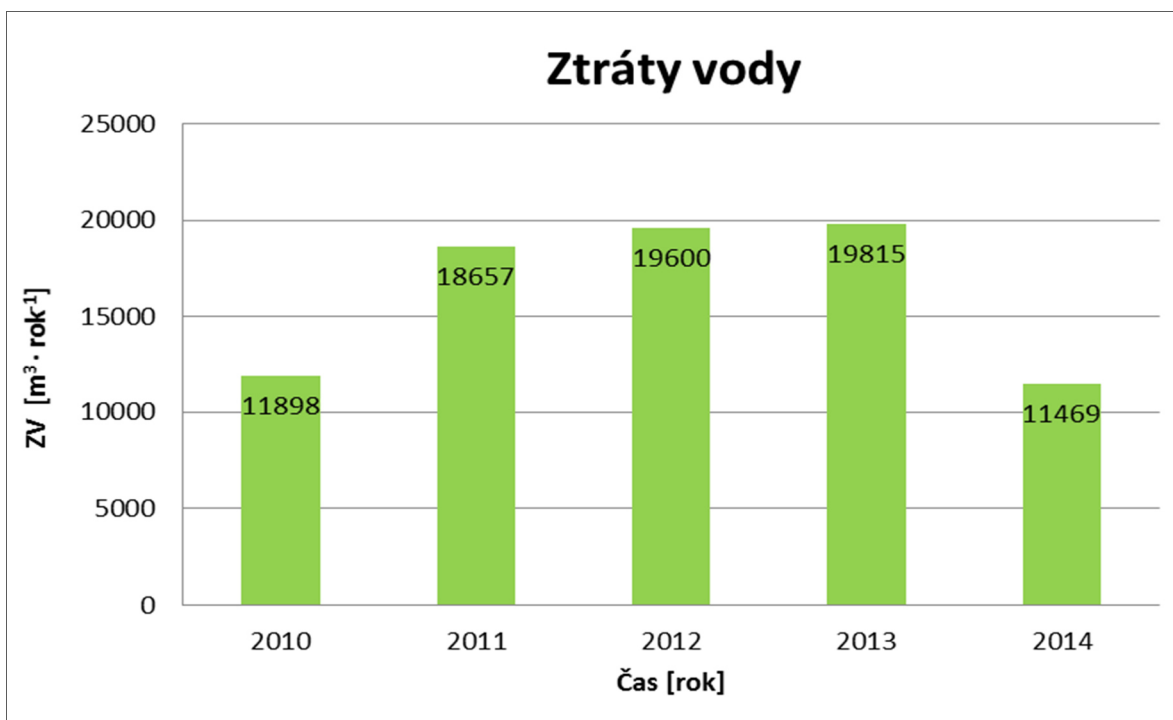
$$ZV = 11\,469 \text{ [m}^3\text{·rok}^{-1}\text{]}$$

Ztráta vody v roce 2014 činí 11 469 m³·rok⁻¹, to odpovídá 25,75 % objemu vody vyrobené k realizaci za roku 2014.

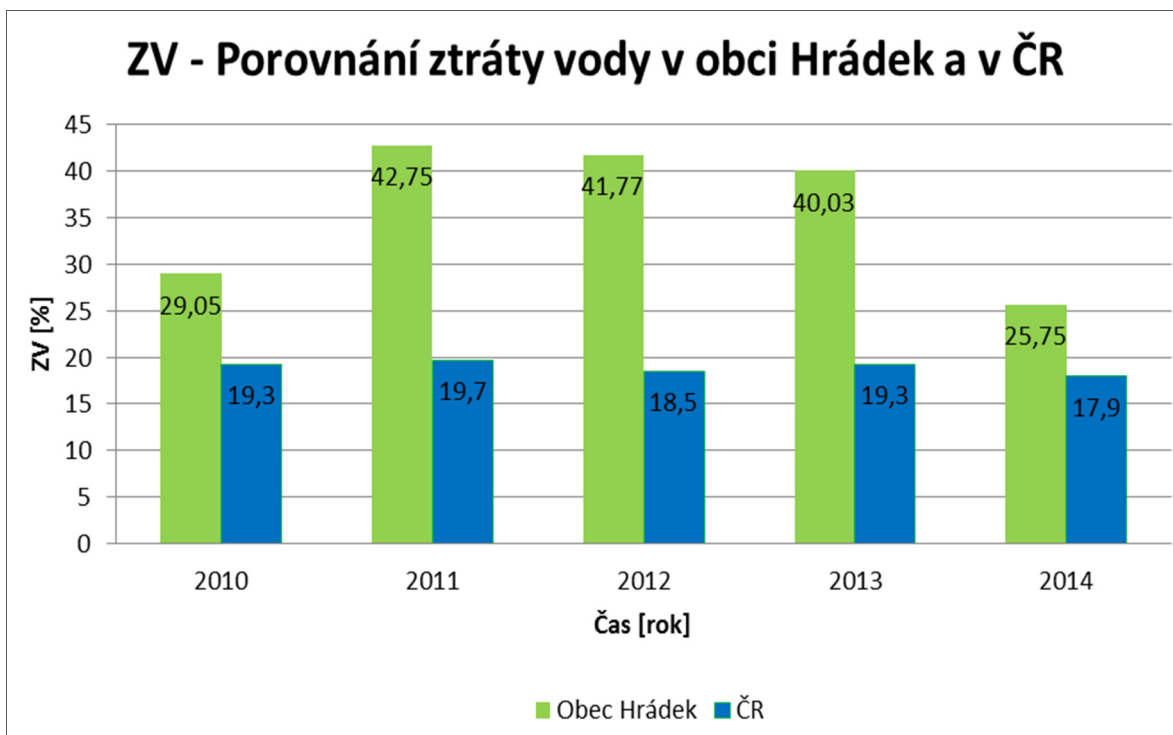
Ztráta vody je tvořena skutečnými ztrátami a zdánlivými ztrátami. Jedná se o rozdíl mezi vodou nefakturovanou a vlastní spotřebou (viz vzorec 4.3). Dalším velmi běžně používaným termínem je voda nefakturovaná, kde se jedná o rozdíl mezi ročním objemem vody vyrobené k realizaci a vodou fakturovanou. [15]

Ztráty vody za rok 2010-2014

Pro větší názornost uvádím průběh ukazatele ztráty vody od roku 2010 do roku 2014.



Obr. 15 Ztráty vody v obci Hrádek od roku 2010-2014.



Obr. 16 Porovnání ztráty vody v obci Hrádek a v České republice.

4.3.3 JUVNF – Jednotkový únik vody nefakturované v roce 2014

Jedná se o objem vody nefakturované unikající z kilometru přepočtené délky sítě za rok vyjádřeno v m³ na kilometr za rok.

$$JUVNF = \frac{VNF}{L} \quad (4.4)$$

kde	VNF	-	voda nefakturovaná	[m ³ ·rok ⁻¹]
	L	-	celková délka řadů v systému	[km]
	JUVNF	-	jednotkový únik vody nefakturované	[m ³ ·km ⁻¹ ·rok ⁻¹]

$$JUVNF = \frac{13069}{6,1049}$$

$$JUVNF = 2141 \quad [m^3 \cdot km^{-1} \cdot rok^{-1}]$$

Z těchto získaných údajů jsme zjistili, že jednotkový únik vody za rok 2014 činí 2141 m³·km⁻¹·rok⁻¹. Dle tabulky Tab. 15 – Hodnocení vodovodní sítě podle ukazatelů ztráty vody zjišťujeme, že JUVNF spadá do kategorie „**K1 – velmi dobrý stav**“.

JUVNF – Jednotkový únik vody nefakturované za rok 2010-2014

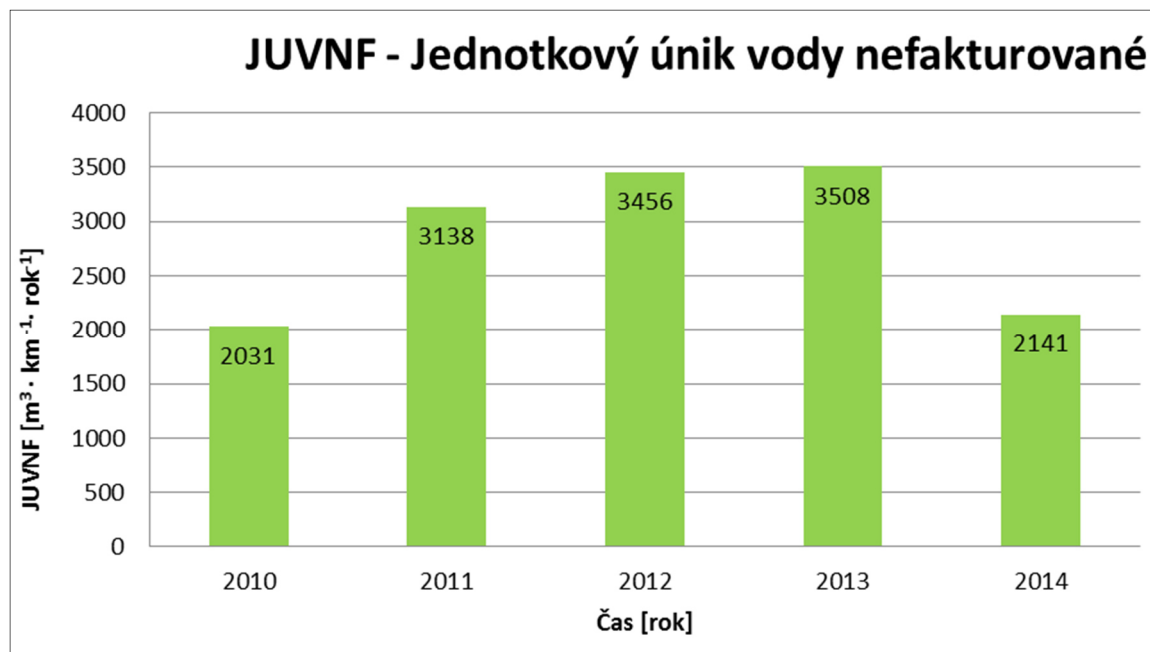
Jedná se o přesnější kritérium, které kromě porovnání ztrát ukazuje i na stav sítě. Výhodou je, že zohledňuje rozdílné profily potrubí, dále zohledňuje množství tvarovek a armatur na potrubí. Zápornou vlastností tohoto kritéria je, že musí být známá skladba sítě. Četnost vyhodnocení se řídí způsobem odečítání a sumarizace fakturace. V současné době se provozovatelé vodovodních sítí snaží mít informace o skladbě sítě, aby mohli toto kritérium více používat. [15]

Obě kritéria (VNF, JÚ) ukazují objem bez možností rozlišení, zda se jedná o skryté úniky nebo rezervu ve fakturaci.

Pro lepší představu o změnách hodnoty JUVNF od roku 2010-2014 uvádím hlubší rozbor tohoto ukazatele v Tab. 19.

Tab. 19. Jednotkový únik od roku 2010-2014 v obci Hrádek.

	2010	2011	2012	2013	2014	Průměr
	[km ³ · km ⁻¹ · rok ⁻¹]					
JUVNF	2031	2138	3456	3508	2141	2855



Obr. 17 Jednotkový únik vody nefakturované za rok 2010-2014 v obci Hrádek.

4.3.4 ILI – Infrastructure leakage index v roce 2014

Společnost IWA – International Water Association vyvinula alternativní bezrozměrnou jednotku ILI. Jednotka ILI je definována poměrem technického indikátoru skutečných ztrát ku teoreticky nevyhnutelné roční skutečné ztrátě. Jeden z hlavních faktorů je tlak vody, pod jakým je síť provozována. Jednotka ILI umožňuje srovnávat systémy v různých úrovních. [16]

$$ILI = \frac{SZ}{TNZ} \quad (4.5)$$

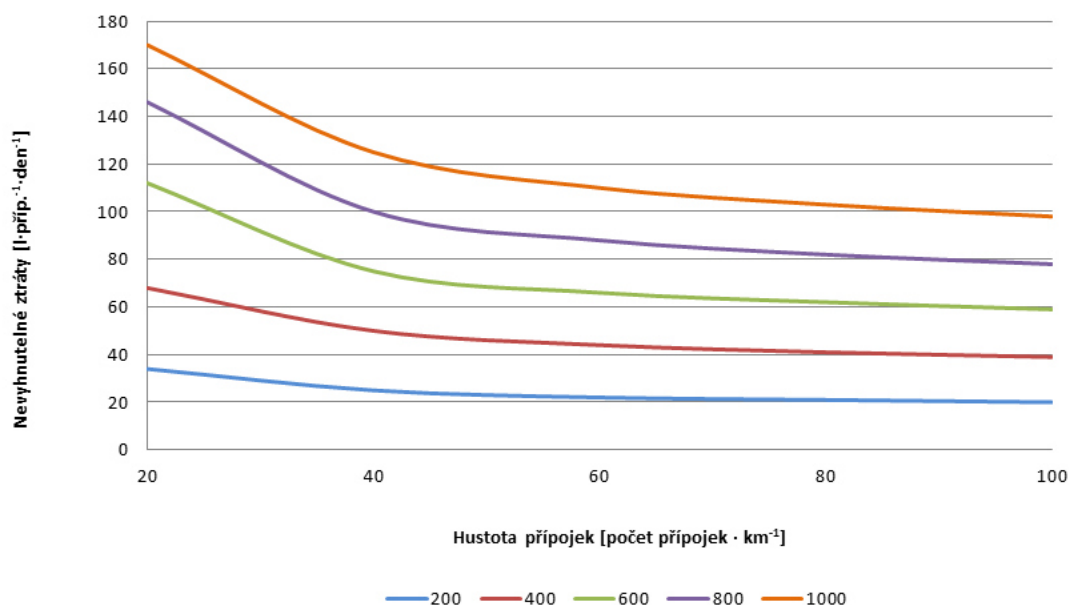
kde	SZ	-	skutečné ztráty	[l·příp. ⁻¹ ·den ⁻¹]
	TNZ	-	teoreticky nevyhnutelné ztráty	[l·příp. ⁻¹ ·den ⁻¹]
	ILI	-	infrastructure leakage index	[-]

TNZ – teoreticky nevyhnutelné ztráty, závisí na hustotě přípojek a provozním tlaku.

Tab. 20. Teoreticky nevyhnutelné ztráty [l·příp.⁻¹·den⁻¹]

Počet přípojek na km řadu	Průměrný provozní tlak [kPa]				
	200	400	600	800	1000
20	34	68	112	146	170
40	25	50	75	100	125
60	22	44	66	88	110
80	21	41	62	82	103
100	20	39	59	78	98

Byl sestaven graf závislosti teoreticky nevyhnutelných ztrát na hustotě přípojek a průměrném provozním tlaku. [14]



Obr. 18 Grafické znázornění závislosti nevyhnutelných ztrát na hustotě přípojek a průměrném provozním tlaku.

Průměrný provozní tlak v obci Hrádek je 51,5 m v. sl., to odpovídá 515,0 kPa. Hustota přípojek na jeden kilometr je 33,25 [příp·km⁻¹]. Z odečtení hodnot na grafu nebo interpolací z tabulky zjistíme, že hodnota nevyhnutelných ztrát je 74,14 l·příp.⁻¹·den⁻¹.

$$ILI = \frac{SZ}{TNZ} \quad (4.5)$$

$$SZ = \frac{ZV}{365 \times PP} \quad (4.6)$$

kde	ZV	-	ztráty vody	[l·rok ⁻¹]
	PP	-	počet přípojek	[přípojka]
	SZ	-	skutečné ztráty	[l·příp. ⁻¹ ·den ⁻¹]

$$SZ = \frac{11\,469\,000}{365 \times 203}$$

$$SZ = 154,79 \quad [l \cdot \text{příp.}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}]$$

$$TNZ = 74,14 \quad [l \cdot \text{příp.}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}]$$

$$ILI = \frac{SZ}{TNZ}$$

(4.5)

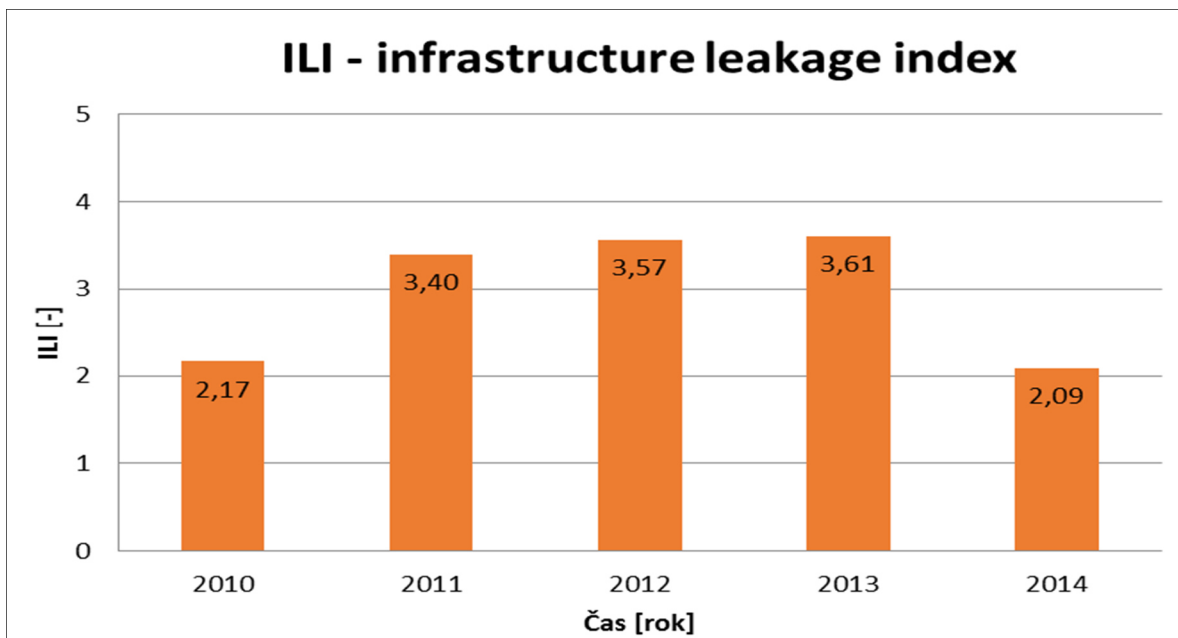
$$ILI = \frac{154,79}{74,14}$$

$$ILI = 2,08 \quad [-]$$

Z těchto získaných údajů jsme zjistili, že hodnota ILI je 2,08. Dle tabulky Tab. 15 – Hodnocení vodovodní sítě podle ukazatelů ztráty vody zjišťujeme, že ILI spadá do kategorie „K1 – velmi dobrý stav“.

ILI - Infrastructure leakage index v roce 2010-2014

Pro lepší představu o změnách této hodnoty uvádím vývoj tohoto ukazatele od roku 2010-2014.



Obr. 19 ILI- Infrastructure leakage index od roku 2010-2014 v obci Hrádek.

Tab. 21. ILI - infrastructure leakage index v obci Hrádek v roce 2010-2014.

		2010	2011	2012	2013	2014
SZ	[l·příp ⁻¹ ·den ⁻¹]	160,58	251,80	264,53	267,43	157,79
TNZ	[l·příp ⁻¹ ·den ⁻¹]	74,14	74,14	74,14	74,14	74,14
Hustota přípojek	[příp·km ⁻¹]	33,25	33,25	33,25	33,25	33,25
ILI	[-]	2,17	3,40	3,57	3,61	2,09

4.3.5 EIZ – Ekonomický index ztrát v roce 2014

$$EIZ = EI \times IZ \quad (4.7)$$

kde	EI	-	ekonomický index	[-]
	IZ	-	index ztrát	[-]
	EIZ	-	ekonomický index ztrát	[-]

EI – ekonomický index a nabývá hodnot:

1,5 – voda pro posuzovaný systém je upravována dvoustupňovou úpravou vody a čerpána min. na výšku přesahující 50 m v. sl.

1 – voda pro posuzovaný systém je upravována dvoustupňovou úpravou vody, ale dopravována do systému gravitačně, voda pro posuzovaný systém vyžaduje pouze desinfekci resp. jednoduchou úpravu, ale musí být do systému čerpána

0,5 – voda pro posuzovaný systém vyžaduje pouze desinfekci resp. jednoduchou úpravu a je do systému dopravována gravitačně, tento popis nejlépe vystihuje místní podmínky. [14]

IZ – index ztrát

Stanovený pro každý hydraulicky samostatný vodárenský systém resp. jeho část (vodovod, tlakové pásmo) v závislosti na použitém ukazateli ztrát vody. Stanoví se podle vztahu:

Při použití ukazatele jednotkových úniků vody nefakturované JUVNF.

$$IZ = \frac{JUVNF}{3100} \quad (4.8)$$

kde	JUVNF	-	jednotkový únik vody nefakturované [m ³ ·km ⁻¹ ·rok ⁻¹]
	IZ	-	index ztrát [-]

$$IZ = \frac{2141}{3100}$$

$$IZ = 0,69 \quad [-]$$

Hodnota 3100 představuje akceptovatelnou hodnotu ukazatele jednotkových úniků pro sítě ve velmi dobrém technickém stavu.

Při použití ILI se použije vztah:

$$IZ = \frac{ILI}{4} \quad (4.9)$$

kde	ILI	-	infrastructure leakage index	[-]
	IZ	-	index ztrát	[-]

$$ILI = 2,09 \quad [-]$$

$$IZ = \frac{2,09}{4}$$

$$IZ = 0,52 \quad [-]$$

Vyhodnocení EIZ použitím výpočtu podle JUVNF.

$$EIZ = EI \times IZ \quad (4.7)$$

kde	EI	-	ekonomický index	[-]
	IZ	-	index ztrát	[-]
	EIZ	-	ekonomický index ztrát	[-]

$$EIZ = EI \times IZ \quad (4.7)$$

$$EIZ = 0,5 \times 0,69$$

$$EIZ = 0,35 \quad [-]$$

Vyhodnocení EIZ použitím výpočtu podle ILI.

$$EIZ = EI \times IZ \quad (4.7)$$

kde	EI	-	ekonomický index	[-]
	IZ	-	index ztrát	[-]
	EIZ	-	ekonomický index ztrát	[-]

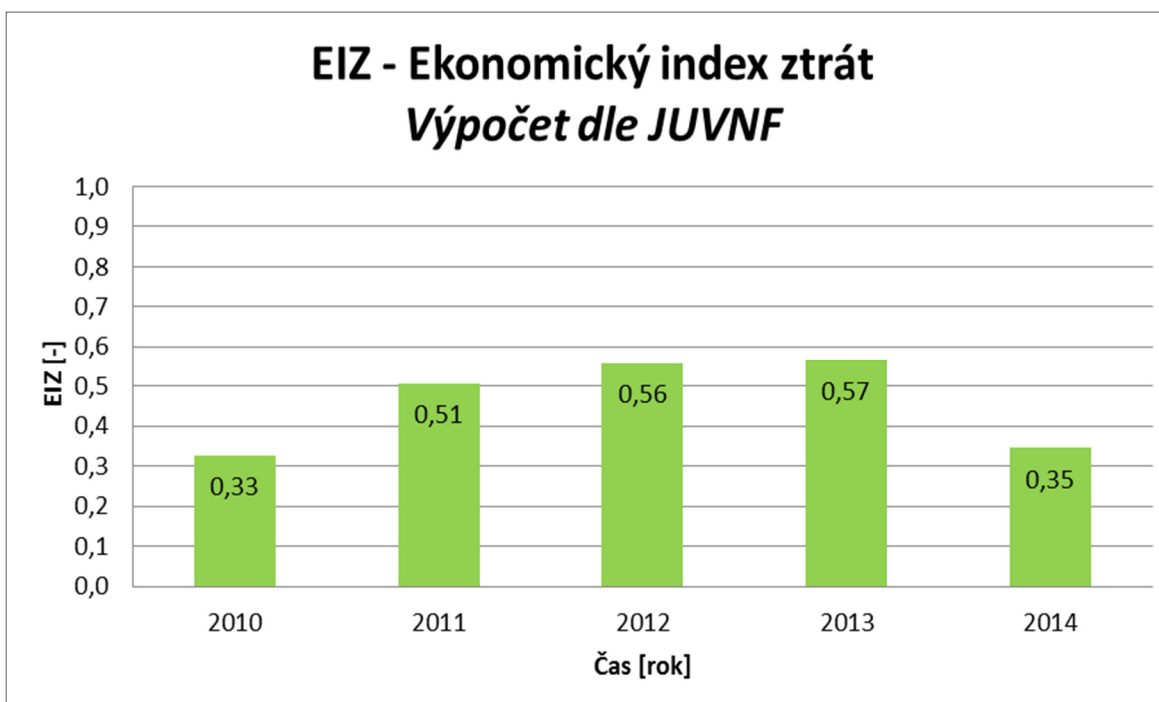
$$EIZ = EI \times IZ \quad (4.7)$$

$$EIZ = 0,5 \times 0,52$$

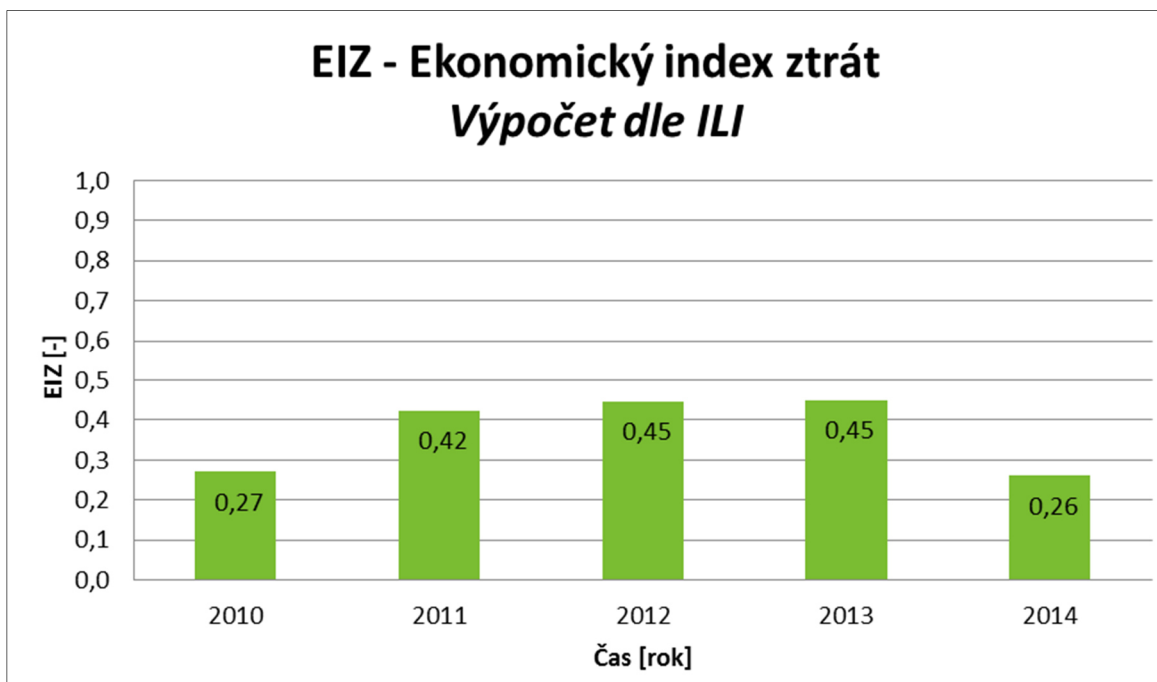
$$EIZ = 0,26 \quad [-]$$

Z těchto získaných údajů jsme zjistili, že hodnota EIZ je 0,35 při použití výpočtu *podle JUVNF*, hodnota EIZ při použití výpočtu *podle ILI* je 0,26. Dle tabulky Tab. 15 – Hodnocení vodovodní sítě podle ukazatelů ztráty vody zjišťujeme, že EIZ spadá do kategorie „**K1 – velmi dobrý stav**“.

Pro lepší představu o změnách této hodnoty od roku 2010-2014 uvádím hlubší rozbor tohoto ukazatele.



Obr. 20 Ekonomický index ztrát – výpočet dle JUVNF v obci Hrádek od roku 2010-2014



Obr. 21 Ekonomický index ztrát – výpočet dle ILI v obci Hrádek od roku 2010-2014.

Tab. 22. Hodnocení vodovodní sítě dle TU3 – Ztráty vody.

Pásmo	%VNF		JUVNF		ILI		EIZ		Výsledné hodnocení TU3
	[%]	Hodnocení	[km ³ · km ⁻¹ · rok ⁻¹]	Hodnocení	[-]	Hodnocení	[-]	Hodnocení	
	29,35	K5	2141	K1	2,09	K1	0,35/ 0,26	K1	K2

Z pohledu ztrát vody byla hodnota %VNF procento vody nefakturované v kategorii „**K5 – nevyhovující stav**“. Další tři hodnoty jednotkový úniku vody, hodnota ILI a hodnota EIZ byly zařazeny do kategorie „**K1- velmi dobrý stav**“. Váženým průměrem byla stanovena výsledná hodnota „**K2 – dobrý stav**“.

4.4 PORUCHOVOST

Poruchovost byla analyzována v rámci technického ukazatele „TU4- Poruchovost“. Účelem bylo vyhodnotit poruchovost jednotlivých trubních materiálů. Pro tento ukazatel byli stanoveny meze hodnotících kategorií. Pro hodnocení tohoto ukazatele nám byly poskytnuty informace od obce Hrádek. Hodnoty poskytnuté obcí uvádím v Tab. 23., hodnoty poruchovosti v jednotlivých letech uvádím v Tab. 24. [12,13]

Tab. 23. Poskytnuté informace od obce Hrádek.

	2010	2011	2012	2013	2014	Průměr
		[počet poruch]				
Počet poruch	6	10	14	3	2	7

Tab. 24. Poruchovost v obci Hrádek za rok 2010-2014.

	2010	2011	2012	2013	2014	Průměr	Vyhodnocení ukazatele TU5
		[počet poruch · km ⁻¹ · rok ⁻¹]					
Počet poruch	0,98	1,64	2,29	0,49	0,33	1,15	K5

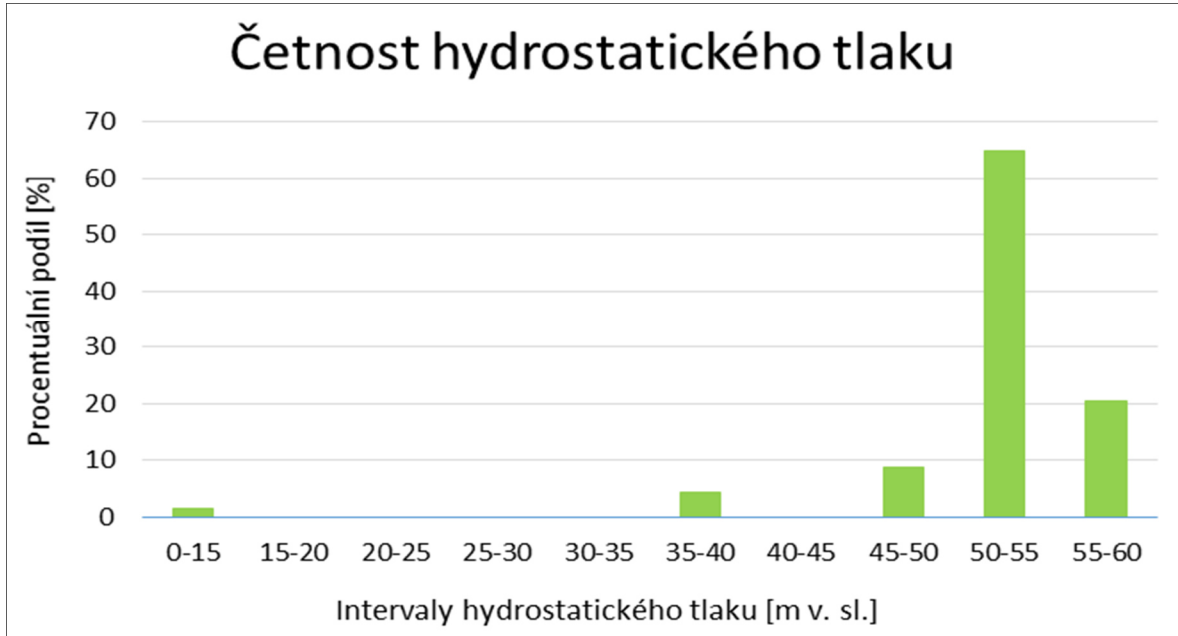
Celková délka sítě je 6,104 9 km. Průměrná poruchovost od roku 2010-2014 je 1,15. Hodnota poruchovosti byla zařazena do kategorie „**K5 – stav nevyhovující**“.

4.5 TLAKOVÉ POMĚRY

Cílem ukazatele „TU5 – tlakové poměry“ je posoudit zvlášť hydrostatický a hydrodynamický tlak v obou tlakových pásmech. Ukazatel je tedy složen ze dvou dílčích ukazatelů. Jako zdroj vstupních dat byl použit výstup z hydraulického modelu vodovodní sítě, na kterém byl simulován 24 – hodinový průběh tlaků a odběrů v každém uzlu sítě. Hodnoty v uzlech jsou brány z nočních hodin při plném vodojemu. Hydraulický model byl proveden v simulačním modelu Epanet 2.0. Čísla u jednotlivých kategorií představují procentuální podíl uzlů pásma, která spadají do dané kategorie. Výsledné hodnocení bylo stanoveno průměrem obou těchto hodnot. [12,13]

Tab. 25. Hodnocení vodovodní sítě podle hydrostatických tlaků.

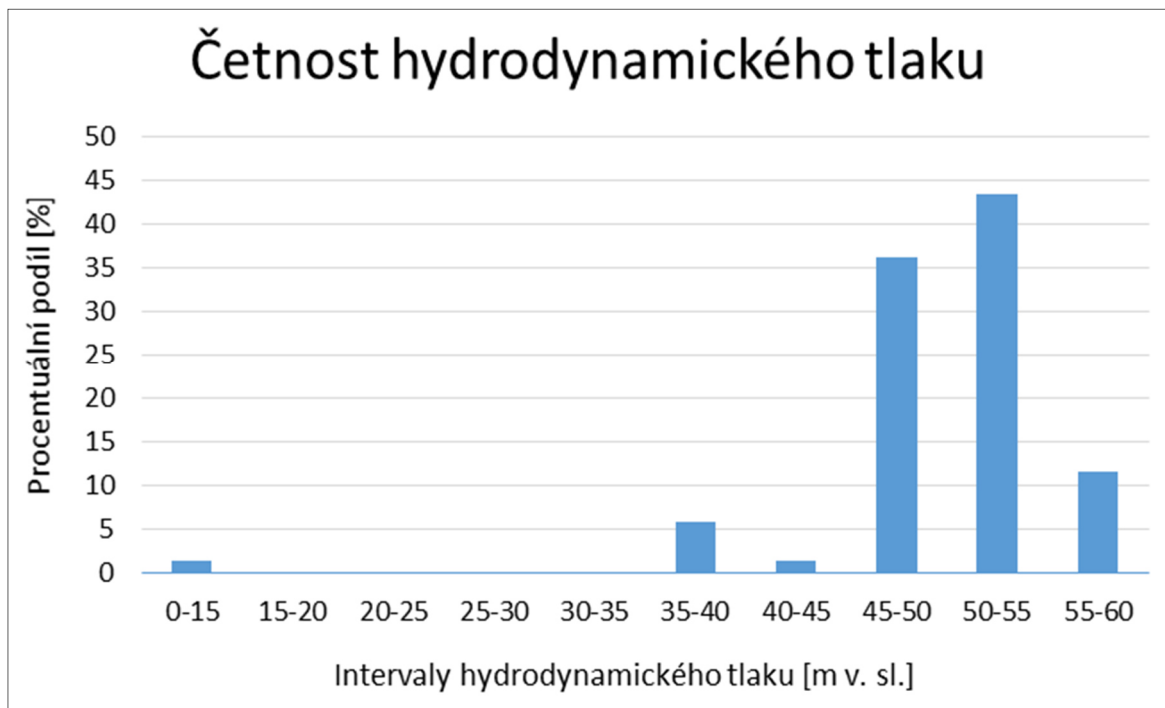
Průměrný hydrostatický tlak [m v. sl.]	K1	K2	K3	K4	K5	Nevíme	Hodnocení TU4
	% uzlů						
51,5	5,9	8,8	85,3	0,0	0,0	0,0	K3



Obr. 22 Zastoupení výpočtových uzlů v intervalech hydrostatického tlaku.

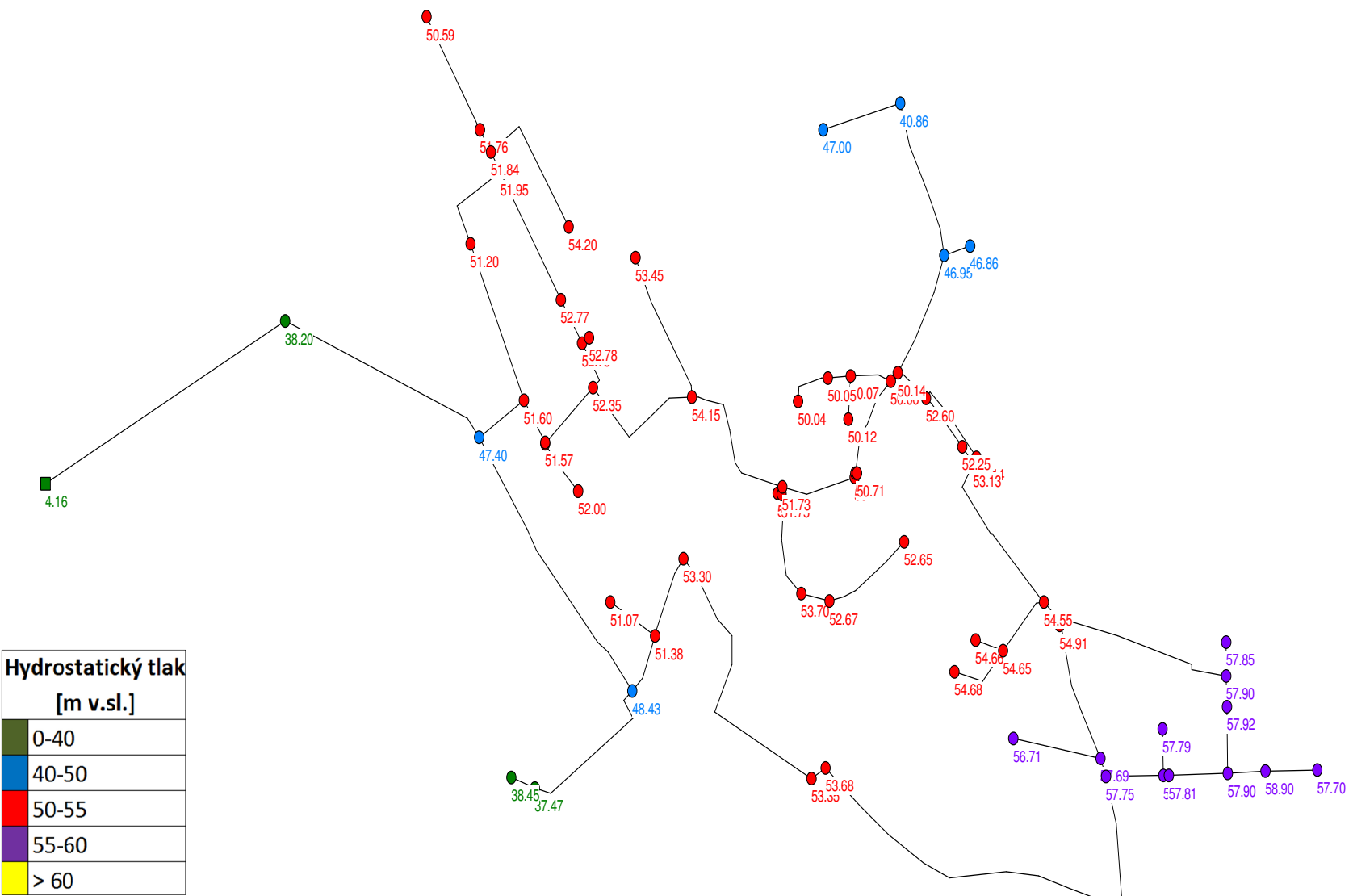
Tab. 26. Hodnocení vodovodní sítě podle hydrodynamických tlaků.

Průměrný hydrodynamický tlak [m v. sl.]	K1	K2	K3	K4	K5	Nevíme	Hodnocení TU2
	% uzlů						
49,4	7,4	33,8	58,8	0,0	0,0	0,0	K3

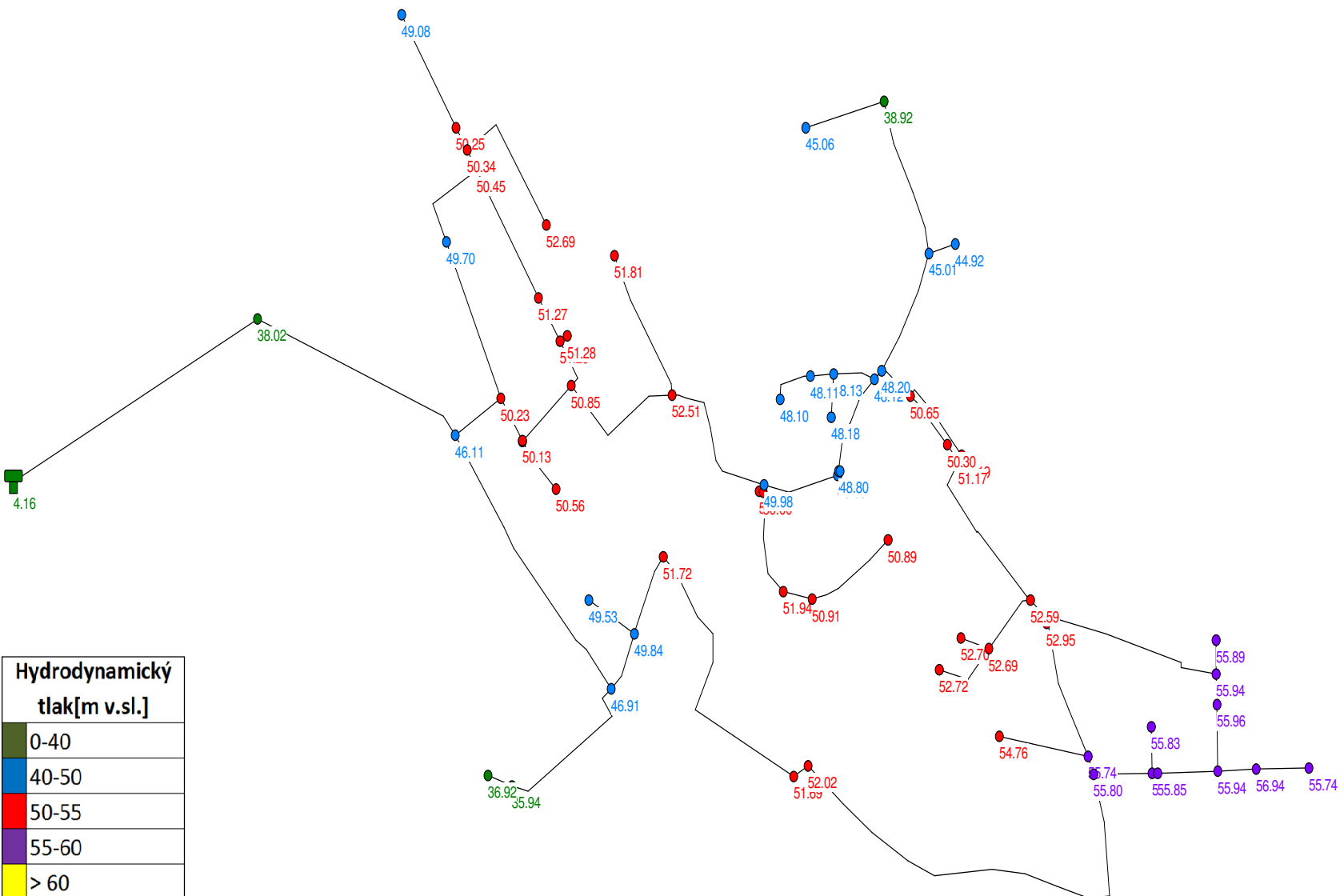


Obr. 23 Zastoupení výpočtových uzlů v intervalech hydrodynamického tlaku.

Meze jednotlivých kategorií byly nastaveny na základě předepsaných tlaků ve vodovodní síti a znalosti místních podmínek. Výsledný ukazatel hydrostatického tlaku spadá do kategorie „**K3 – stav vyhovující.**“ Výsledný ukazatel hydrodynamického tlaku spadá do kategorie „**K3 – stav vyhovující.**“ Technický ukazatel byl celkově zprůměrován a spadá do výsledné kategorie „**K3 – stav vyhovující.**“ [12,13]



Obr. 24 Hydrostatický tlak - EPANET 2.0.



Obr. 25 Hydrodynamický tlak - EPANET 2.0.

4.6 CELKOVÉ HODNOCENÍ TLAKOVÝCH PÁSEM

Závěrečné hodnocení technického stavu tlakových pásem vodovodního systému bylo provedeno na základě hodnocení použitých ukazatelů (TU1 – TU5) dle popsané metodiky a je patrné z následující Tab. 27. Souhrnné komplexní hodnocení technického stavu posuzovaného vodovodní sítě jediným ukazatelem TS lze stanovit ze vztahu:

$$TS = \sum_{i=1}^n TU_i \cdot W_i \quad (4.10)$$

kde

- n - celkový počet použitých ukazatelů
- TU_i - je hodnota v rozmezí 1 až 5 dle hodnocení příslušného technického ukazatele
- W_i - je váha přiřazená příslušnému ukazateli TU_i, přitom platí, že:

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1 \quad (4.11)$$

Z dostupných informací můžeme říci, že celkový stav vodovodní sítě v obci Hrádek je v dobrém stavu. Stáří trubního materiálu a ztráty vody byli zařazeny do kategorie „**K2 – dobrý stav**“. Technický ukazatel TU2 – poruchovost spadá do kategorie „**K5 – stav nevyhovující**“. Pozitivní je, že za posledních 5 let se poruchovost snižuje, a to ze 14 poruch za rok na 2 poruchy za rok. Podíváme-li se podrobněji na technický ukazatel TU3 – Ztráty vody, zjistíme, že hodnota infrastructure leakage index ILI, ekonomický index ztrát EIZ a průměrný jednotkový únik vody JUVNF byly zařazeny do kategorie „**K1 – velmi dobrý stav**“, procento vody nefakturované %VNF bylo zařazeno do kategorie „**K5 – stav nevyhovující**“. Celkové shrnutí nalezneme v Tab. 27. Celkové hodnocení bylo provedeno váženým průměrem. Všem příslušným ukazatelům byla přiřazena stejná váha, tak aby byla splněna podmínka viz vzorec (4.11).

Celkové vyhodnocení je „**K3 – stav dobrý**“.

Tab. 27. Souhrnné hodnocení technického stavu jednotlivých ukazatelů.

Označení a popis	Délka sítě [km]	TU 2	TU 3	TU 4	TU 5	TU
		Stáří	Poruchovost	Ztráty vody	Tlakové poměry	Celkové hodnocení
	6,1049	K2	K5	K2	K3	K3



kde N/A znamená, že daný technický ukazatel nebyl řešen. [12,13]

5 POSOUZENÍ TECHNICKÉHO STAVU ARMATUR NA VODOVODNÍ SÍTI

Součástí technického posouzení vodovodní sítě je i posouzení stavu armatur. V obci Hrádek jsem se soustředila převážně na hydranty. Na základě dostupných informací a výkresů jsem prošla každý hydrant a vytvořila k němu revizní listy. Pro jednoduchost a přehlednost jsem vytvořila tabulky hydrantů vyskytující se na vodovodní síti a jejich stav. V rámci této kapitoly bude předběžný návrh osazení nových podzemních hydrantů dle ČSN 730873 - Požární bezpečnost staveb: Zásobování požární vodou. [19]

5.1 REVIZNÍ LISTY HYDRANTŮ

Před závěrečným zatříděním hydrantů do kategorií jsem vytvořila pracovní revizní listy. Revizní list ve formátu A4 obsahoval úvodní hlavičku s identifikačními údaji. Je zde označeno místo, kde se nachází a výšková poloha. Dále jsem u hydrantu zjišťovala funkci, typ, zda je adaptér kompatibilní, umístění, stav poklopu, stav předsazeného uzávěru a hloubku dosedací hrany pod poklopem. Veškeré revizní listy byly přepsány do počítače. Hydranty jsem vyfotografovala a pořízené fotografie vložila do revizních listů. Vzorový revizní list ve skutečné podobě je součástí příloh s označením „Příloha č. 4. – Vzorový revizní list“.

Pasport a posouzení technického stavu vodovodní sítě obce Hrádek u Sušice		2			
HYDRANTOVÁ SÍŤ - REVIZNÍ LIST HYDRANTU					
Nadm. výška terénu	478,95 [m n.m.]	Poznámka: Hydrant se nachází před RD 243.			
Vodovodní řad	PVC - 90				
Ulice, č.p.	Hrádek 243				
Prohlídka:					
nalezen <input checked="" type="checkbox"/>	nenalezen <input type="checkbox"/>	pod asfaltem <input type="checkbox"/>	otevřen <input checked="" type="checkbox"/>	neotevřen <input type="checkbox"/>	
Funkce:					
vzdušník <input type="checkbox"/>	kalník <input type="checkbox"/>	koncový <input type="checkbox"/>	požární <input checked="" type="checkbox"/>		
Typ hydrantu					
nadzemní <input type="checkbox"/>	podzemní <input checked="" type="checkbox"/>	speciální <input type="checkbox"/>			
Adaptér kompatibilní					
ano <input checked="" type="checkbox"/>	ne <input type="checkbox"/>	nevyzkoušeno <input type="checkbox"/>			
Ovládací tyč					
zcela chybí <input type="checkbox"/>	nelze manipulovat <input type="checkbox"/>	v pořádku <input checked="" type="checkbox"/>	záporní <input type="checkbox"/>		
Umístění					
asfalt <input checked="" type="checkbox"/>	chodník <input type="checkbox"/>	dlažba <input type="checkbox"/>	zelený pás <input type="checkbox"/>	v ose kol <input type="checkbox"/>	jiny <input type="checkbox"/>
Poklop					
zcela chybí <input type="checkbox"/>	nelze otevřít <input type="checkbox"/>	korozí <input type="checkbox"/>	prasklý <input type="checkbox"/>	v pořádku <input checked="" type="checkbox"/>	záporní <input type="checkbox"/>
Předsazený uzávěr hydrantu					
zcela chybí <input type="checkbox"/>	netěsní <input type="checkbox"/>	nelze manipulovat <input type="checkbox"/>	v pořádku <input checked="" type="checkbox"/>	záporní <input type="checkbox"/>	
Hloubka dosedací hrany pod poklopem		0,35 [m]	Výška hrany		478,60 [m n.m.]
Dosedací hrana					
poškozený upínací mechanismus <input type="checkbox"/>	hrana zkorodovaná (lehce) <input checked="" type="checkbox"/>	nulho vyčistit (nečistoty, hřnu) <input type="checkbox"/>	v pořádku <input checked="" type="checkbox"/>	záporní <input type="checkbox"/>	
Fotodokumentace:					
					
Datum inspekce: říjen 2014		Vypracoval(a): Kateřina Tranová			

Obr. 26 Vzorový revizní list hydrantu č. 2.

5.2 KATEGORIE PRO HODNOCENÍ HYDRANTŮ

Pro jednoduchost a přehlednost jsme definovali 3 kategorie, které pomůžou rychle posoudit technický stav hydrantu.



Kategorie K1 - **dobrý stav**

Kategorie K1 představuje stav dobrý nebo-li optimální stav.

- hydrant byl nalezen a otevřen,
- ovládací tyč je v pořádku či zánovní,
- poklop je v pořádku,
- dosedací hrana je v pořádku,
- stáří hydrantu je maximálně 5 let.

Nevyžaduje žádná opatření vedoucí ke změnám tohoto ukazatele.



Obr. 27 Fotografie otevřeného podzemního hydrantu zařazeného do kategorie K1.



Kategorie K2 – **vyhovující stav**

Kategorie K2 představuje stav vyhovující. Je zde nízká míra rizika příslušného ukazatele a nevyžaduje okamžité řešení. Můžeme však předpokládat změnu hodnoty v budoucnosti.

- hydrant byl nalezen a otevřen,
- dosedací hrana je mírně zkorodovaná či zkorodovaná
- stáří hydrantu je více než 5 let



Obr. 28 Fotografie otevřeného podzemního hydrantu zařazeného do kategorie K2.



Kategorie K3 – nevyhovující stav

Kategorie K3, jedná se o nežádoucí stav, kdy je potřeba dle možností okamžité řešení, kterým dosáhneme lepších hodnot příslušného ukazatele.

- hydrant byl nalezen a otevřen
- poklop nelze otevřít, je zkorodovaný a prasklý
- předsazený uzávěr netěsní, zcela chybí nebo s ním nelze manipulovat
- dosedací hrana je zanesená – je nutno vyčistit
- hydrant je zatopený



Obr. 29 Fotografie otevřeného podzemního hydrantu zařazeného do kategorie K3.

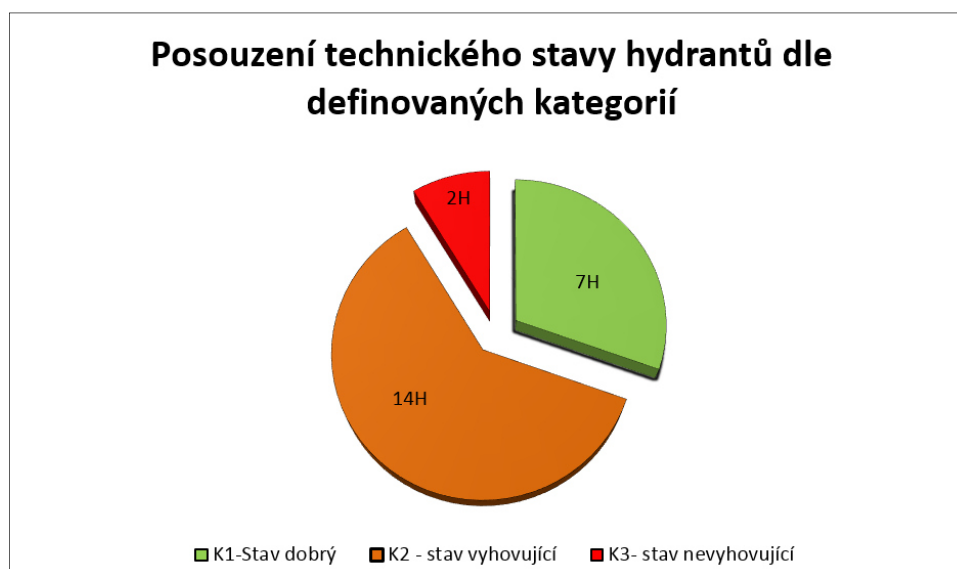
Tab. 28. Podrobná tabulka zařazených hydrantů do kategorií dle stavu a funkčnosti.

STAV HYDRANTŮ				
OZNAČENÍ	ŘAD	STÁŘÍ	STAV	KATEGORIE
H1	ŘAD A- 1973	více než 5 let	Funkční	K2
H2	ŘAD A-3 1977	více než 5 let	Funkční	K2
H3	ŘAD A-3-2 1977	více než 5 let	Funkční	K1
H4	ŘAD A-3-2 1977	< 5 let	Funkční	K1
H5	ŘAD A-3-1 1977	více než 5 let	Funkční	K2
H6	ŘAD A-3-3 1977	více než 5 let	Funkční	K2
H7	ŘAD A-3-3 1977	více než 5 let	Funkční	K2
H8	ŘAD A-4 1977	< 5 let	Funkční	K1
H9	ŘAD A-5 1977	více než 5 let	Funkční	K2
H10	ŘAD A 1977	< 5 let	Funkční	K1
H11	ŘAD A-7 1977	< 5 let	Funkční	K1
H12	ŘAD A-7 1977 (2012)	více než 5 let	Funkční	K2
H13	ŘADA-7-1977 (2012)	< 5 let	Funkční	K1
H14	ŘAD A-8 1977	více než 5 let	Funkční	K2
H15	ŘAD A-8-1 1977	více než 5 let	Funkční	K2
H16	ŘAD A-7-1977	více než 5 let	Funkční	K2
H17	ŘAD A-9-1965	více než 5 let	Funkční	K3
H18	ŘAD A-11	více než 5 let	Funkční	K2
H19	ŘAD A-1973	více než 5 let	Funkční	K2
H20	ŘAD A-12-1973	více než 5 let	Nefunkční	K3
H21	ŘAD A-12-1973	více než 5 let	Funkční	K2
H22	ŘAD A-1973	více než 5 let	Funkční	K2
H23	ŘAD A-11	< 5 let	Funkční	K1

Shrnutí:

Počet podzemních hydrantů	23	ks
Počet nadzemních hydrantů	0	ks
Počet funkčních hydrantů	22	ks
Počet nefunkčních hydrantů	1	ks

V rámci technického posouzení hydrantů přikládám výkres „Příloha č. 1 – Situace technického stavu hydrantů.“ Ve výkrese jsou barevně zaznačeny veškeré hydranty dle zařazení do kategorií.



Obr. 30 Posouzení technického stavu hydrantů dle definovaných kategorií.

5.3 NÁVRH HYDRANTŮ

Současný stav hydrantů v obci Hrádek je uspokojivý vzhledem k funkčnosti a stavu. Avšak podle normy ČSN 73 08 73 – Požární bezpečnost staveb - Zásobování požární vodou [19] není vždy dodržena maximální vzdálenost podzemních hydrantů a maximální rozestup mezi hydranty. Jedná se především o úsek s označením ŘAD A-1973 a ŘAD A-1977 nacházející se na jižní straně obce. U ostatních hydrantů jsou vzdálenosti a rozestupy v souladu s danou normou. Jedná se i o oblast v blízkosti hotelu a wellnesu Zámek, kde vzdálenost vzhledem k druhu objektu je odlišná. Zde je dodržena maximální vzdálenost hydrantu od budovy 100m a maximální rozestup mezi hydranty 200 m.

Doporučené hodnoty jsem získala z již zmíněné normy. Obec Hrádek v dané řešené lokalitě zařadila do položky č. 1. Kde druhem objektu a mezní plochou požárního úseku jsou rodinné domy, nevýrobní objekty (kromě skladů) do plochy $S \leq 200 \text{ m}^2$ a nevýrobní objekty (kromě skladů) do plochy $S \leq 120 \text{ m}^2$. Norma uvádí, že maximální vzdálenost mezi hydranty je 400m a maximální vzdálenost hydrantů od budov je 200m. Proto zde navrhuji osadit nové podzemní hydranty, které budou vyhovovat normě ČSN 73 08 73. [19]. Návrh nových hydrantů je pouze předběžný. Nově navržené hydranty jsou zaznačeny ve výkresu „Příloha č. 1 – Situace technického stavu hydrantů“. V následujících krocích bude potřeba provést řádnou projektovou dokumentaci dle Vyhláška č. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb. [17] Projektová dokumentace není součástí této práce.

Tab. 29. Přehledná tabulka navrhnutých hydrantů.

VÝPIS NAVRHNUTÝCH HYDRANTŮ					
OZNAČENÍ	ŘAD	DN	MATERIÁL	KATASTR	POZN.
H-A	ŘAD A - 1973	80	TVÁRNÁ LITINA	OBEC HRÁDEK	
H-B	ŘAD A - 1973	80	TVÁRNÁ LITINA	OBEC HRÁDEK	
H-C	ŘAD A -1977	80	TVÁRNÁ LITINA	OBEC HRÁDEK	

6 ZÁVĚR

Bakalářská práce je zaměřena na technické posouzení vodovodní sítě v obci Hrádek. Před posouzením byl proveden průzkum vodovodní sítě, součástí tohoto průzkumu bylo technické zhodnocení stavu a funkčnosti podzemních hydrantů. Zároveň byly získány podrobnější data o dané síti. Cílem práce bylo vytvořit jednoduchou studii, která bude sloužit jako podklad ke zlepšení znalosti technického stavu a usnadnění provozování sítě.

První kapitola je věnována zájmové lokalitě obci Hrádek. Pro lepší seznámení s obcí jsou zde uvedeny podrobné informace o obci i o vodovodní síti. V druhé kapitole je popsána semikvantitativní metoda FMEA – Failure Mode Effects Analysis, která byla zvolena jako jedna z metod pro posouzení technického stavu sítě. Jsou zde uvedeny všechny vybrané technické ukazatele, definice postupu pro jejich stanovení a metody jejich zhodnocení. V následující kapitole je aplikována metoda FMEA na vodovodní síti v obci Hrádek. Jedná se o vodovodní síť v délce 6 km. Z dostupných dat bylo zvoleno pět technických ukazatelů (TU1 – Struktura sítě, TU2 – Stáří trubního materiálu, TU3 – Ztráty vody, TU4 – Poruchovost a TU5 – Tlakové poměry). Technický ukazatel TU1 – Struktura sítě nebyl ohodnocen ani zařazen do kategorií. Bylo provedeno grafické zobrazení zastoupení trubního materiálu a zastoupení profilů. Technický ukazatel TU2 – Stáří trubního materiálu, byl zařazen a ohodnocen dle metody FMEA. Důkladně byl analyzován technický ukazatel TU3 – Ztráty vody, z poskytnutých údajů od obce (celkový objem vody vyrobené k realizaci, celkový objem vody fakturované celkem, celkový objem vody nefakturované, objem vlastní spotřeby vody apod.). Dalším podkladem byly výstupní hodnoty z hydraulického modelu, na kterém byl simulován 24 – hodinový průběh tlaků a odběrů v každém uzlu sítě. Pro lepší pochopení byly uvedeny grafy s vývojem hodnot (VNF, ILI, EIZ, %VNF, VVR, VVC) od roku 2010 do roku 2014. Ukazatel TU4 – Poruchovost, byl vyhodnocen na základě informací od obce Hrádek. Podkladem pro technický ukazatel TU5 – Tlakové poměry, byly výstupní hodnoty z již zmíněného hydraulického modelu vytvořeného v EPANETU 2.0. Všechny dílčí hodnoty jsou uvedené v souhrnné tabulce a váženým průměrem zhodnocena daná síť kategorií „K3 – stav vyhovující“. V následující kapitole je popsána praktická část, kde byl zjištěn a vyhodnocen technický stav a funkčnost podzemních hydrantů na vodovodní síti. Prvním krokem bylo vytvoření revizních listů, kde jsou uvedeny identifikační údaje a posuzované funkce (označení a umístění hydrantu, funkce hydrantu, stav apod.) Poté byly hydranty zařazeny do výsledných kategorií. Celkový stav je vyhodnocen, jako vyhovující. Na závěr dané kapitoly je uveden předběžný návrh na doplnění podzemních hydrantů na vodovodní síti z důvodu nesplnění doporučených hodnot dle ČSN 73 08 73 – Požární bezpečnost staveb - Zásobování požární vodou. [19] Podle této normy bylo navrženo osadit další tři podzemní hydranty na vodovodní síť tak, aby byla dodržena podmínka maximální vzdálenosti od objektů a maximální rozestupy mezi hydranty.

Hlavním přínosem bakalářské práce je zhotovení jednoduché a přehledné studie o technickém stavu sítě. Příložené výkresy graficky zobrazují technický stav vodovodní sítě dle stáří a technický stav hydrantů dle zařazení do kategorií.

Tato studie bude předána zastupitelstvu obce Hrádek a bude využívána pro další provoz vodovodní sítě. Na základě této práce bude zpracován proplachovací plán vodovodní sítě. Práce bude dále sloužit jako kvalitní podklad pro plánování obnovy vodovodní sítě.

7 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] MALÝ, Josef. *Chemie a technologie vody*. 2., dopl. vyd. Brno: Ardec, 2006, xii, 331 s. ISBN 80-860-2050-9.
- [2] BERÁNEK, Josef. *Inženýrské sítě*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta stavební, 2005, 181 s.
- [3] Vodovody: Vodovody – počty, délky sítí a zásobování obyvatel. 2015. In: *Vodovody, kanalizace a vodní toky - 2014* [online]. [cit. 2015-05-11]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/vodovody-kanalizace-a-vodni-toky-2014>
- [4] TUHOVČÁK, L.; ADLER, P.; KUČERA, T.; RACLAVSKÝ, J. *Vodárenství*. Vodárenství. 1. Brno: VUT v Brně, FAST, 2006.p. 1-223.
- [5] *Obec Hrádek: O obci* [online]. 2004 [cit. 2015-03-28]. Dostupné z: <http://www.obechradek.cz/>
- [6] *Kliniky ČR* [online]. 2012 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.e-konzultace.cz/kliniky-cr>
- [7] Nahlížení do katastru nemovitostí. *Nahlížení do katastru* [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz>
- [8] *Mapy: Obec Hrádek* [online]. 2014 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: www.mapy.cz
- [9] *Provozní řád vodovodu Hrádek*. 2005, 27 s.
- [10] Vyhláška Ministerstva zemědělství 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). 428/2001. 2001.
- [11] TUHOVČÁK, L.; KUČERA, T. *Hodnocení technického stavu vodárenské infrastruktury a tvorba plánů její obnovy*. Hodnocení technického stavu vodárenské infrastruktury a tvorba plánů její obnovy. Brno: FAST, ÚVHO, Brno, 2011. s. 1-33.
- [12] TUHOVČÁK, L.; KUČERA, T.; RUČKA, J.; SVOBODA, M. Technický audit vodovodní sítě. In VODA ZLÍN 2005, sborník IX. Mezinárodní vodohospodářské konference. Zlín: 2005. s. 25-30. ISBN: 80-239-4453-3
- [13] TUHOVČÁK, Ladislav. *Metodika hodnocení technického stavu vodovodních sítí: Methodology of technical audit of water distribution network : teze habilitační práce*. Brno: VUTIUM, 2010, 37 s. ISBN 978-80-214-4200-9.
- [14] TUHOVČÁK, L.; RACLAVSKÝ, J. *Rekonstrukce vodohospodářských sítí*. Rekonstrukce vodohospodářských sítí. Brno: VUT v Brně, FAST, ÚVHO, 2004. p. 1-200.
- [15] *Ztráty vody ve vodárenských distribučních systémech*: Brno, 30. října 2003 : sborník z odborného semináře. 1. vyd. Editor Ladislav Tuhovčák. Brno: CERM, 2003, 129 s. ISBN 80-720-4301-3.
- [16] *Infrastructure Leakage Index (ILI) as a Regulatory and Provider Tool: Methods* [online]. 2006. [cit. 2015-05-11].
- [17] Vyhláška č. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb, Sbírka zákonů České republiky č. 163/2006

- [18] TUHOVČÁK, L. et al.: Indirect Condition Assessment of Water Mains, *Procedia Engineering*, Volume 70, 2014, Pages 1669-1678, ISSN 1877-7058, <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2014.02.184>.
- [19] ČSN 730873 - *Požární bezpečnost staveb: Zásobování požární vodou*. Praha: Český normalizační institut, 2003.

SEZNAM TABULEK

Tab. 1.	Délka potrubí podle DN a materiálu	15
Tab. 2.	Další ukazatele topologie vodovodní sítě v obci Hrádek (PVC).....	16
Tab. 3.	Další ukazatele topologie vodovodní sítě v obci Hrádek (PE).	16
Tab. 4.	Další ukazatele topologie vodovodní sítě v obci Hrádek (LT).....	16
Tab. 5.	Další ukazatele topologie vodovodní sítě v obci Hrádek (OC).	16
Tab. 6.	Meze kategorií TU 1 – Hodnocení stáří trubního materiálu	19
Tab. 7.	Průměrné stáří vodovodní sítě	20
Tab. 8.	Meze kategorií TU 2 – Hodnocení průměrné poruchovosti	20
Tab. 9.	Doporučené meze kategorií TU 3 – Hodnocení ztráty vody	21
Tab. 10.	Meze kategorií TU 4 – Maximální hydrostatický tlak.....	22
Tab. 11.	Meze kategorií TU 4 – Průměrný hydrodynamický tlak	22
Tab. 12.	Kategorie TU 5 – Vliv na kvalitu vody	23
Tab. 13.	Kategorie ohodnocení dle hodnoty TS	24
Tab. 14.	Hodnocení vodovodní sítě dle stáří trubního materiálu.....	27
Tab. 15.	Hodnocení vodovodní sítě podle ukazatelů ztráty vody – hranice kategorií. ...	27
Tab. 16.	Voda nefakturovaná v obci Hrádek.	29
Tab. 17.	Přehled počtu obyvatel v obci Hrádek.....	32
Tab. 18.	Voda fakturovaná celkem v obci Hrádek.....	33
Tab. 19.	Jednotkový únik od roku 2010-2014 v obci Hrádek.....	36
Tab. 20.	Teoreticky nevyhnutelné ztráty [$l \cdot \text{příp.}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$]	38
Tab. 21.	ILI - infrastructure leakage index v obci Hrádek v roce 2010-2014.....	40
Tab. 22.	Hodnocení vodovodní sítě dle TU3 – Ztráty vody.	43
Tab. 23.	Poskytnuté informace od obce Hrádek.	43
Tab. 24.	Poruchovost v obci Hrádek za rok 2010-2014.....	43
Tab. 25.	Hodnocení vodovodní sítě podle hydrostatických tlaků.....	44
Tab. 26.	Hodnocení vodovodní sítě podle hydrodynamických tlaků.....	44
Tab. 27.	Souhrnné hodnocení technického stavu jednotlivých ukazatelů.	48
Tab. 28.	Podrobná tabulka zařazených hydrantů do kategorií dle stavu a funkčnosti. ...	52
Tab. 29.	Přehledná tabulka navrhnutých hydrantů.	53

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	Mapa zájmové oblasti. [6].....	11
Obr. 2	Mapa zájmové oblasti – Měřítko 1:100 000 (zdroj: Katastr nemovitostí). [7]	12
Obr. 3	Letecký pohled na obec Hrádek a jeho okolí (zdroj: Katastr nemovitostí). [8]	13
Obr. 4	Zemní vodojem v obci Hrádek.	14
Obr. 5	Grafické zobrazení procentuálního zastoupení.....	15
Obr. 6	Skladba trubních zastoupení dle trubních materiálů (vlevo) a dle profilů (vpravo).	25
Obr. 7	Struktura sítě v obci Hrádek dle DN – Autocad 2015.	26
Obr. 8	Procento vody nefakturované od roku 2010-2014 v obci Hrádek.....	29
Obr. 9	Voda nefakturovaná od roku 2010-2014 v obci Hrádek.....	30
Obr. 10	Průběh vody nefakturované od roku 2010-2014 v obci Hrádek.....	30
Obr. 11	Voda vyrobená k realizaci za rok 2010-2014 v obci Hrádek.....	31
Obr. 12	Voda vyrobená k realizaci od roku 2010-2014 v obci Hrádek.	32
Obr. 13	Procentuální zastoupení potřeby vody od roku 2010-2014 v obci Hrádek.....	33
Obr. 14	Nárůst vody fakturované celkem od roku 2010-2014 v obci Hrádek.....	34
Obr. 15	Ztráty vody v obci Hrádek od roku 2010-2014.	35
Obr. 16	Porovnání ztráty vody v obci Hrádek a v České republice.....	35
Obr. 17	Jednotkový únik vody nefakturované za rok 2010-2014 v obci Hrádek.	37
Obr. 18	Grafické znázornění závislosti nevyhnutelných ztrát na hustotě přípojek a průměrném provozním tlaku.....	38
Obr. 19	ILI- Infrastructure leakage index od roku 2010-2014 v obci Hrádek.....	39
Obr. 20	Ekonomický index ztrát – výpočet dle JUVNF v obci Hrádek od roku 2010- 2014	42
Obr. 21	Ekonomický index ztrát – výpočet dle ILI v obci Hrádek od roku 2010-2014.	42
Obr. 22	Zastoupení výpočtových uzlů v intervalech hydrostatického tlaku.....	44
Obr. 23	Zastoupení výpočtových uzlů v intervalech hydrodynamického tlaku.	45
Obr. 24	Hydrostatický tlak - EPANET 2.0.	46
Obr. 25	Hydrodynamický tlak - EPANET 2.0.....	47
Obr. 26	Vzorový revizní list hydrantu č. 2.	49
Obr. 27	Fotografie otevřeného podzemního hydrantu zařazeného do kategorie K1.	50
Obr. 28	Fotografie otevřeného podzemního hydrantu zařazeného do kategorie K2.	51
Obr. 29	Fotografie otevřeného podzemního hydrantu zařazeného do kategorie K3.	51
Obr. 30	Posouzení technického stavu hydrantů dle definovaných kategorií.	53
Obr. 31	Navrhnuté hydranty a daném úseku v obci Hrádek.....	54

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

km	...	kilometr	[-]
m n.m.	...	metrů nad mořem	[-]
ha	...	hektar	[-]
m	...	metr	[-]
mm	...	milimetr	[-]
HV	...	hlavní vrt	[-]
a.s.	...	akciová společnost	[-]
S	...	studna	[-]
Obr.	...	obrázek	[-]
Tab.	...	tabulka	[-]
PE	...	polyethylene	[-]
DN	...	jmenovitý vnitřní průměr potrubí	[mm]
PVC	...	polyvinchlorid	[-]
LT	...	litina	[-]
OC	...	ocel	[-]
k.ú.	...	katastrální úřad	[-]
LV	...	list vlastnictví	[-]
DPH	...	daň z přidané hodnoty	[-]
dl.	...	délka	[-]
ČOV	...	čistírna odpadních vod	[-]
VS	...	vodovodní síť	[-]
HDS	...	hlavní distribuční system	[-]
TU	...	technický ukazatel	[-]
FMEA	...	failure modes effects analysis	[-]
K	...	kategorie	[-]
VNF	...	voda nefakturovaná	[m ³ ·rok ⁻¹]
VVR	...	voda vyrobená k realizaci	[m ³ ·rok ⁻¹]
VS	...	vlastní spotřeba	[m ³ ·rok ⁻¹]
ZV	...	ztráty vody	[m ³ ·rok ⁻¹]
VFC	...	voda fakturovaná celkem	[m ³ ·rok ⁻¹]
JUVNF	...	jednotkový únik vody nefakturované	[m ³ ·km ⁻¹ ·rok ⁻¹]
ILI	...	infrastructure leakage index	[-]
EIZ	...	ekonomický index ztrát	[-]

TZN	...	teoreticky nevyhnutelné ztráty	[l·příp. ⁻¹ ·den ⁻¹]
SZ	...	skutečné ztráty	[l·příp. ⁻¹ ·den ⁻¹]
VP ₁	...	voda převzaná	[m ³ ·rok ⁻¹]
VP ₂	...	voda přijatá	[m ³ ·rok ⁻¹]
VD	...	voda dodaná	[m ³ ·rok ⁻¹]
L	...	celková délka řadů v systému	[m]
IZ	...	index ztrát	[-]
kPa	...	kilopascal	[-]
ČR	...	Česká republika	[-]
PP	...	počet přípojek	[-]
H	...	hydrant	[-]
Ks	...	kus	[-]
UV	...	ultrafialové záření	[-]
TS	...	technický stav	[-]
W	...	váha přiřazená ukazateli	[-]

SEZNAM PŘÍLOH

1. Situace technického stavu hydrantů	A1	M 1:2000
2. Situace technického stavu vodovodní sítě – podle stáří potrubí	A1	M 1:2000
3. Situace širších vztahů	A3	M 1:20000
4. Vzorový revizní list	A4	[-]

SUMMARY

This bachelor thesis concentrates on the technical condition of the water distribution system in the village Hrádek. Firstly, the research of the water distribution was done, including the condition assessment and functionality underground hydrants. There was obtained more information about this water distribution. The aim of this thesis is to create simple study, which will be serving as a base for better knowledge of the technical condition of the water distribution systems. The semi quantitative methodology FMEA – Failure Mode Effects Analysis was used. There were selected technical indicators and for each specific technical indicator the method of its determination was defined. These technical indicators were classified into specific categories. The water mains in Hrádek have a total length of 6,104 9 km. There were proposed five technical indicators (TU1 – Structure water mains, TU2 – Age of pipe material of the water mains, TU3 – Water losses, TU4 – Water main burst rate, TU5 – Hydraulic parameters). The total category of the condition of water systems is „K3 – Average.” The second part of this thesis deals with the condition assessment and functionality of underground hydrants. The total category of the condition of underground hydrants is „K3 – Average“. Finally, there were three new underground hydrants designed according to Czech technical standard ČSN 730873 – Fire protection of buildings – Equipment for fire-water supply.

The main goal was to provide simple and arranged study about the technical condition of the water distribution system and the technical condition of underground hydrants. There were two drawings made. In the first drawing there was a condition assessment and functionality underground hydrants represented. In the second one there was a technical indicator TU2 – Age of pipe material of the water mains illustrated. This study will be handed over to council and will be used for another operation water main. Based on this study controlled flushing will be executed.