

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ  
KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉHO  
INŽENÝRSTVÍ



OPTIMALIZACE TLAKOVÝCH PÁSEM

Bakalářská práce

Jan Končel

Vedoucí práce: Ing. Filip Horký Ph.D.  
Datum: Květen 2020

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Končel** Jméno: **Jan** Osobní číslo: **460357**  
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**  
Zadávající katedra/ústav: **Katedra zdravotního a ekologického inženýrství**  
Studijní program: **Stavební inženýrství**  
Studijní obor: **Vodní hospodářství a vodní stavby**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Optimalizace tlakových pásem**

Název bakalářské práce anglicky:

**Optimization of pressure zones**

Pokyny pro vypracování:

Rešerše literatury k dané tématice. Analýza vybraných lokalit. Variantní řešení optimalizace tlakových poměrů ve vybraných lokalitách vodovodní sítě. Závěry a návrhová opatření.

Seznam doporučené literatury:

Grünwald A., a kol.: Vodárenství. ČKAIT, Praha, 1998, ISBN 80-902460-7-9,  
Tesařík I. a kol.: Vodárenství. SNTL, Praha 1987

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Filip Horký, Ph.D., katedra zdravotního a ekologického inženýrství FSv**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **19.02.2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **24.05.2020**

Platnost zadání bakalářské práce: \_\_\_\_\_

Ing. Filip Horký, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Jiří Máca, CSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

\_\_\_\_\_ Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_ Podpis studenta

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem prezentovanou práci vypracoval samostatně, a že jsem zmínil všechny použité informační zdroje v souladu s metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 23. 5. 2020

Podpis .....

## **Poděkování**

Touto cestou bych rád poděkoval Ing. Filipu Horkému, Ph.D. za odborné vedení a pomoc při zpracování této bakalářské práce a také za čas, který mi věnoval během konzultací. Odbornou pomoc a náhled do problému praktické části mi poskytl Ing. Michal Skalický Ph.D. z PVK (Pražské vodovody a kanalizace), za což mu patří také velké díky. Další osobou, které bych rád poděkoval, je Ing. Libor Zapletal, který mi pomohl s obstaráním mapových podkladů pro vypracování praktické části.

## **Abstrakt**

Bakalářská práce je složena z teoretické a praktické části. Teoretická část pojednává o koncepci zásobování spotřebiště pitnou vodou. Podrobněji popisuje prvky vodovodu, které se přímo týkají tématu této práce jako jsou např. vodojemy a jejich tlaková funkce. Součástí praktické části je nejprve popis zájmové oblasti KÚ Zbraslav, především z hlediska charakteru zástavby. V krátkosti je také popsáno řešení dopravy pitné vody do oblasti a její následný rozvod do jednotlivých zájmových vodojemů. Dále je uveden postup stanovení tlakových pásem, který je doplněn krátkou charakteristikou zájmových vodojemů a definováním jejich konkrétních hranic tlakových pásem. Nakonec jsou vybrány určité lokality a navržena jejich tlaková optimalizace.

### **Klíčová slova**

Vodojem, tlaková pásma, pitná voda, zásobování vodou, optimalizace tlaku

## **Abstract**

The bachelor's thesis consists of theoretical and practical parts. The theoretical part is about the conception of water supply. It describes parts of the water supply system and focuses on parts related to the practical part's theme, such as the pressure functions of tanks. The practical part describes the region of interest – KÚ Zbraslav. There is information about the solution of the water supply system in that area. Then it talks about the way of determination of pressure zones and about tanks that are used to supply region Zbraslav. In the end, there are proposals for the optimization of pressure zones in selected areas in Zbraslav.

### **Keywords**

Water reservoir, pressure zone, drinking water, water supply, optimization of pressure

# Obsah

Úvod.....	9
Cíl bakalářské práce .....	9
<b>1. Obecný koncept zásobování spotřebiště pitnou vodou .....</b>	<b>10</b>
<b>1.1 Vodárenská soustava – přístup k zásobování vodou .....</b>	<b>10</b>
<b>1.1.1 Rozdělení vodovodů podle územní působnosti .....</b>	<b>10</b>
1.1.1.1 Vodovody místní.....	10
1.1.1.2 Vodovody skupinové .....	11
1.1.1.3 Oblastní vodovody .....	12
<b>1.1.2 Rozdělení vodovodů podle výškového uspořádání .....</b>	<b>13</b>
1.1.2.1 Gravitační vodovod.....	13
1.1.2.2 Výtlačný vodovod.....	14
<b>1.2 Výpočet potřeby vody.....</b>	<b>14</b>
<b>1.2.1 Stanovení hodnot potřeby vody .....</b>	<b>15</b>
<b>1.3 Vodní zdroje .....</b>	<b>16</b>
<b>1.3.1 Podzemní zdroje vody .....</b>	<b>16</b>
<b>1.3.2 Povrchové zdroje vody .....</b>	<b>16</b>
<b>1.3.3 Ochranná pásma .....</b>	<b>16</b>
<b>1.4 Jímání a odběr vody .....</b>	<b>17</b>
<b>1.4.1 Jímací zářez .....</b>	<b>17</b>
<b>1.4.2 Vrtaná studna.....</b>	<b>17</b>
<b>1.4.3 Jímání vody z toku.....</b>	<b>18</b>
<b>1.4.4 Jímání vody z nádrže.....</b>	<b>18</b>
<b>1.5 Čerpací stanice .....</b>	<b>18</b>
<b>1.6 Úprava vody .....</b>	<b>19</b>
<b>1.7 Akumulace vody .....</b>	<b>20</b>
<b>1.7.1 Základní funkce vodojemů .....</b>	<b>20</b>
1.7.1.1 Akumulační funkce.....	20
1.7.1.2 Tlaková funkce .....	20
<b>1.7.2 Dělení vodojemů podle účelu .....</b>	<b>21</b>
1.7.2.1 Vodojem zásobní .....	21
1.7.2.2 Vodojem přerušovací.....	21
<b>1.7.3 Dělení vodojemů podle umístění akumulární nádrže.....</b>	<b>22</b>
1.7.3.1 Zemní vodojem.....	22
1.7.3.2 Nadzemní vodojem.....	23

<b>1.8 Rozvodné vodovodní sítě</b> .....	23
<b>1.8.1 Kategorie vodovodních řadů</b> .....	23
<b>1.8.2 Možné uspořádání rozvodných sítí</b> .....	24
1.8.2.1 Větevová síť.....	24
1.8.2.2 Okružová síť.....	25
<b>1.9 Trubní materiály vodovodů</b> .....	25
<b>1.9.1 Potrubí z PVC</b> .....	26
<b>1.9.2 Litinové trouby</b> .....	27
<b>1.10 Armatury a tvarovky</b> .....	28
<b>1.10.1 Šoupě</b> .....	28
<b>1.10.2 Redukční ventil</b> .....	29
<b>1.10.3 Hydrant</b> .....	29
<b>1.11 Potrubí a armatury zemních vodojemů</b> .....	30
<b>1.12 Základní hydraulické vztahy pro rozvodné sítě</b> .....	31
<b>1.12.1 Bernoulliho rovnice</b> .....	31
<b>1.12.2 Výpočet ztrát</b> .....	32
1.12.2.1 Ztráty třením .....	32
1.12.2.2 Ztráty místní.....	32
<b>1.12.3 Rovnice kontinuity (spojitosti)</b> .....	33
<b>2. Charakteristika zájmového území</b> .....	34
<b>2.1 Zbraslav</b> .....	34
2.1.1 Žabovřesky .....	35
2.1.2 Dolní Zbraslav.....	35
2.1.3 Závist.....	35
2.1.4 Záběhllice.....	35
2.1.5 Baně.....	35
<b>2.2 Koncept zásobování a rozvodu pitné vody v zájmové oblasti</b> .....	35
<b>3. Charakteristika vodojemů a stanovení tlakových pásem</b> .....	36
<b>3.1 Vodojem Havlín</b> .....	37
<b>3.2 Vodojem Baně</b> .....	37
3.2.1 Baně nízkotlak.....	38
3.2.2 Baně vysokotlak .....	39
<b>3.3 Čerpací stanice Závist</b> .....	39
<b>4. Optimalizace tlakových pásem vybraných lokalit zájmového území</b> .....	40
<b>4.1 Lokalita 1 (Okolí Zbraslavského náměstí)</b> .....	40

4.1.1 Navržená optimalizace .....	41
4.2 Lokalita 2 (Severozápad Žabovřesk) .....	42
4.2.1 Navržená optimalizace .....	43
4.3 Lokalita 3 (Nové bytové domy u lesoparku Borovičky).....	43
4.4 Lokalita 4 (Baně ulice Nad Dálnicí) .....	44
4.4.1 Navržená optimalizace .....	44
4.5 Lokalita 5 (Závist) .....	45
4.5.1 Navržená optimalizace .....	46
4.6 Lokalita 6 (Záběhllice) .....	46
4.6.1 Navržená optimalizace .....	47
Závěr.....	48
Literatura .....	49
Obrázky.....	50
Tabulky .....	51
Seznam příloh .....	51



## Úvod

Téma této bakalářské práce jsem si vybral především z důvodu práce s mapovými podklady. Získání vrstevnic, vykreslení tlakových pásem, nahrání katastru a vodovodních sítí zájmového území KÚ Zbraslav bylo pro řešení případné optimalizace zásadní. Návrhy a opatření pro úpravu tlakových poměrů byly navrženy ve vybraných lokalitách, protože optimalizace celého území neodpovídá rozsahu bakalářské práce. Rád bych se proto tématu věnoval i v diplomové práci, ve které bude prostor tento problém pojmut komplexněji. Návrhy optimalizací jsem se snažil volit jako nejlepší možné řešení jak z technického, tak ekonomického hlediska.

## Cíl bakalářské práce

Cílem bakalářské práce v její teoretické části je provést náhled do koncepce zásobování spotřebiště pitnou vodou. Podrobněji jsou popsány kapitoly, které jsou spjaty s tématem praktické části. Veškeré informace jsou doplněny příslušnými schémata, obrázky a tabulkami.

Praktická část je věnována krátké charakteristice zájmové oblasti a vodojemů zásobující tuto oblast pitnou vodou. Je zde stručně popsán koncept dopravy vody do řešených vodojemů a způsob zásobování zvoleného spotřebiště. V další části je podrobně vysvětlen postup, jakým byla stanovena tlaková pásma a definovány výškové hranice těchto pásem pro jednotlivé vodojemy. Následně je vybráno několik lokalit. Vždy je uveden krátký popis vodovodního řádu a vodojemu, který danou oblast zásobuje. Ke každé lokalitě je přiřazeno schéma, z kterého jsou patrná tlaková pásma. Nakonec je u každé z lokalit navržena možná optimalizace.

# 1. Obecný koncept zásobování spotřebiště pitnou vodou

Česká republika má letitou historii koncepčního rozhodování v úseku vodního hospodářství, kterou může prokázat konkrétními výsledky a svým metodickým přínosem. Již dříve se u nás v tomto oboru dařilo hledat a nacházet optimální řešení na celostátní i regionální úrovni. Ne všechna řešení se v konečném důsledku ukázala jako správná. (1)

*Za jisté „minus“ lze v tomto ohledu považovat např. to, že jsme nedokázali a neumíme dostatečně účinně chránit veškeré vodní zdroje, či jsme způsobili urychlení procesu odtoku vody z našeho území s jistými nepříjemnými a dostatečně známými důsledky apod.. (1)*

V dnešní době již nejsou vodohospodářské problémy na místní úrovni řešitelné tak jednoduše a v takovém rozsahu jako tomu bylo dřív. Rozsah a kvalita technického řešení bývá často potlačena z důvodu ekonomické stránky věci, která se dnes zdá být jako nejvíce rozhodující ukazatel. Podmínky získání státního příspěvku nebo výhodnějšího úvěru prostřednictvím SFŽP ČR (Státní fond životního prostředí ČR), Ministerstva zemědělství či účelové dotace obcím Ministerstva financí nebývají už tak optimistické. Obce, které stále nemají veřejný vodovod a kanalizaci mají naději, že jejich problém bude s odstupem času alespoň vyřešen na vyšší technické úrovni. Na druhou stranu lze očekávat daleko větší potíže s vyřízením majetkoprávních vztahů dotčených pozemků. (1)

Výrazný vliv na stav vodárenství má i to, jakým způsobem je řešena likvidace odpadních vod. *Nedořešené problémy likvidace splaškových vod vyvolávají omezení v užití služeb veřejného vodovodu či ekologické problémy v území. (1)*

## 1.1 Vodárenská soustava – přístup k zásobování vodou

*Pod pojmem vodovod rozumíme soubor staveb a zařízení zahrnující vodovodní řady a vodárenské objekty, jimiž jsou zejména stavby pro jímání a odběr povrchové nebo podzemní vody, její úpravu a shromažďování. (2)*

Upřednostňovaným řešením stávajících systémů zásobování vodou je koncepce oblastních a skupinových vodovodů. Spolu s nimi se v praxi můžeme setkat s centralizovanou vodárenskou soustavou nebo místním systémem. Oblastní a skupinové vodovody vznikají s uvedením do provozu velkých vodních zdrojů, nebo účelným spojením centralizovaných soustav. (1)

*U takových teritoriálně rozsáhlých systémů lépe zvládneme existující nerovnoměrnosti v rozprostřené zdrojů a jejich kapacity a v rozmístění odběratelů vody a vytváříme nejvýhodnější podmínky pro řešení většiny technických a ekonomických problémů. (1)*

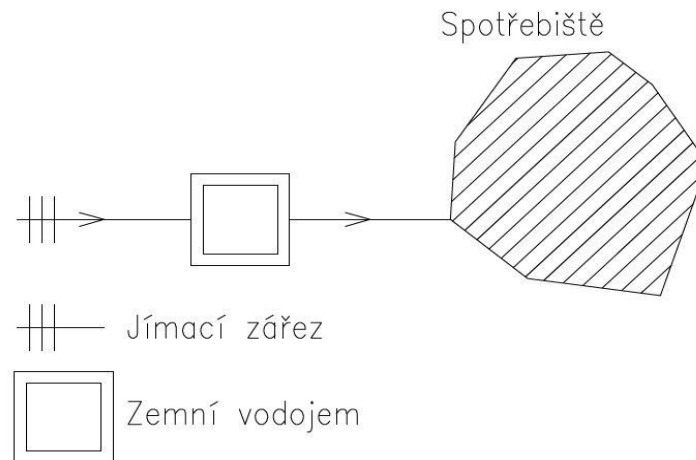
### 1.1.1 Rozdělení vodovodů podle územní působnosti

#### 1.1.1.1 Vodovody místní

Z historického hlediska nejstarší typ vodovodů, jejichž vznik se odvíjel od rozvoje starověkých měst. Sloužily k zásobení jedné obce nebo města, kde díky nepříliš vysokým nárokům na potřebu vody bylo možné nalézt vyhovující zdroj vody nedaleko spotřebiště. (3)

Zařízení místních vodovodů byla technicky jednoduchá. V soustavě byl jediný vodojem ležící nad spotřebištěm, aby mohla být voda do spotřebiště dopravována gravitačně. (3)

Schéma zásobování spotřebiště místním vodovodem lze vidět na obr. 1.

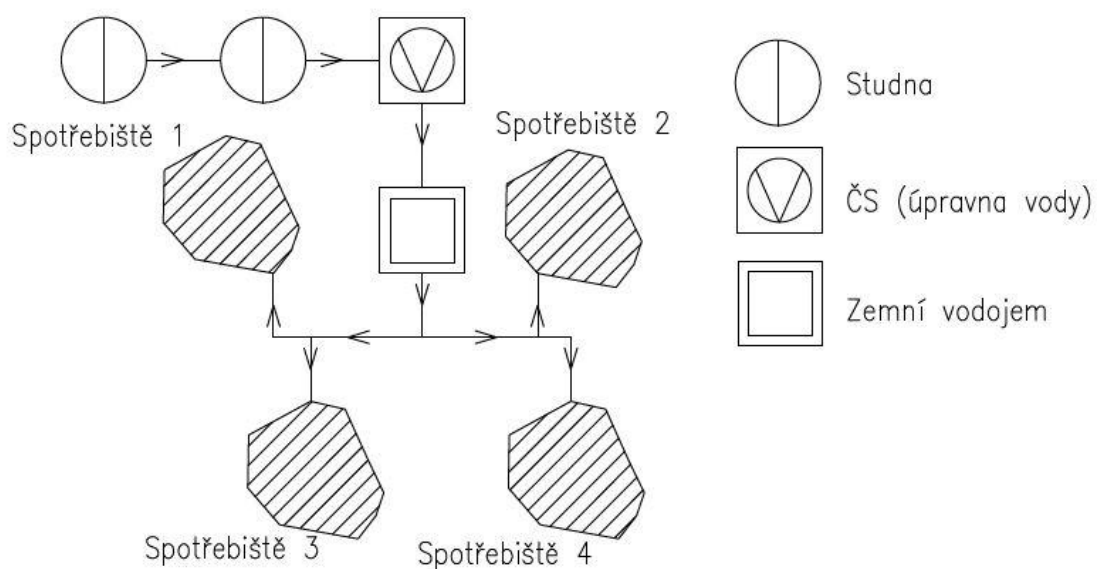


Obr. 1 – Místní vodovod

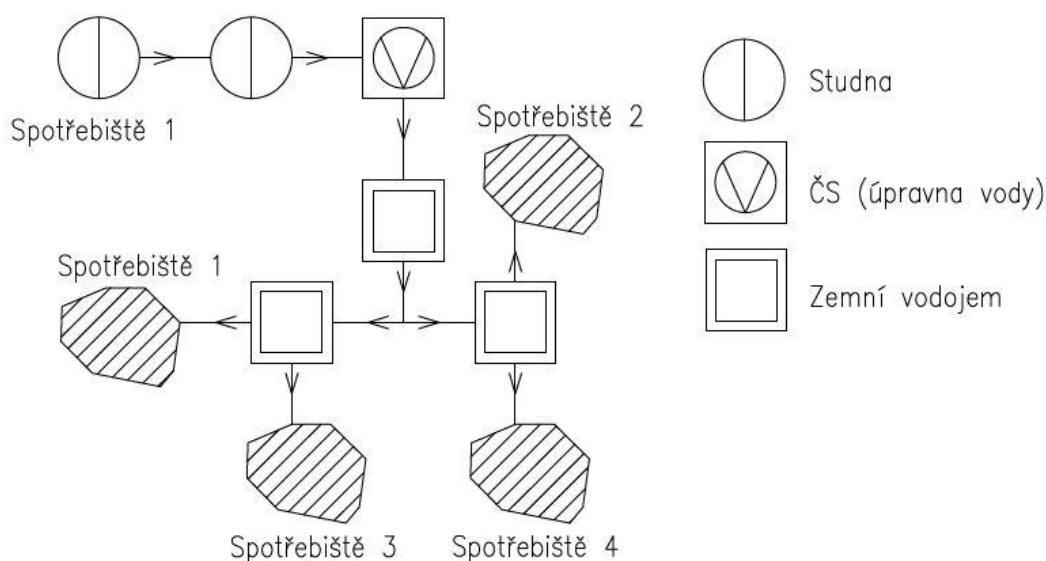
### 1.1.1.2 Vodovody skupinové

Na začátku 20 století se v některých případech jevílo výhodné sdružování určitého počtu spotřebišť do jednoho systému zásobování. Začaly vznikat skupinové vodovody, jejichž charakteristickým znakem je společné zásobování několika spotřebišť z jednoho nebo více vodních zdrojů. Jako zdroj se zde kromě podzemní vody využívá i upravovaná voda povrchová. (2) (3)

Podle vybavení a technického uspořádání je možné skupinové vodovody navrhnout buď s jedním společným vodojemem (obr. 2), nebo s několika místními vodojemy zásobujícími jednotlivá spotřebišť (obr. 3). (2)



Obr. 2 – Skupinový vodovod s jedním vodojemem



Obr. 3 – Skupinový vodovod s více vodojemy

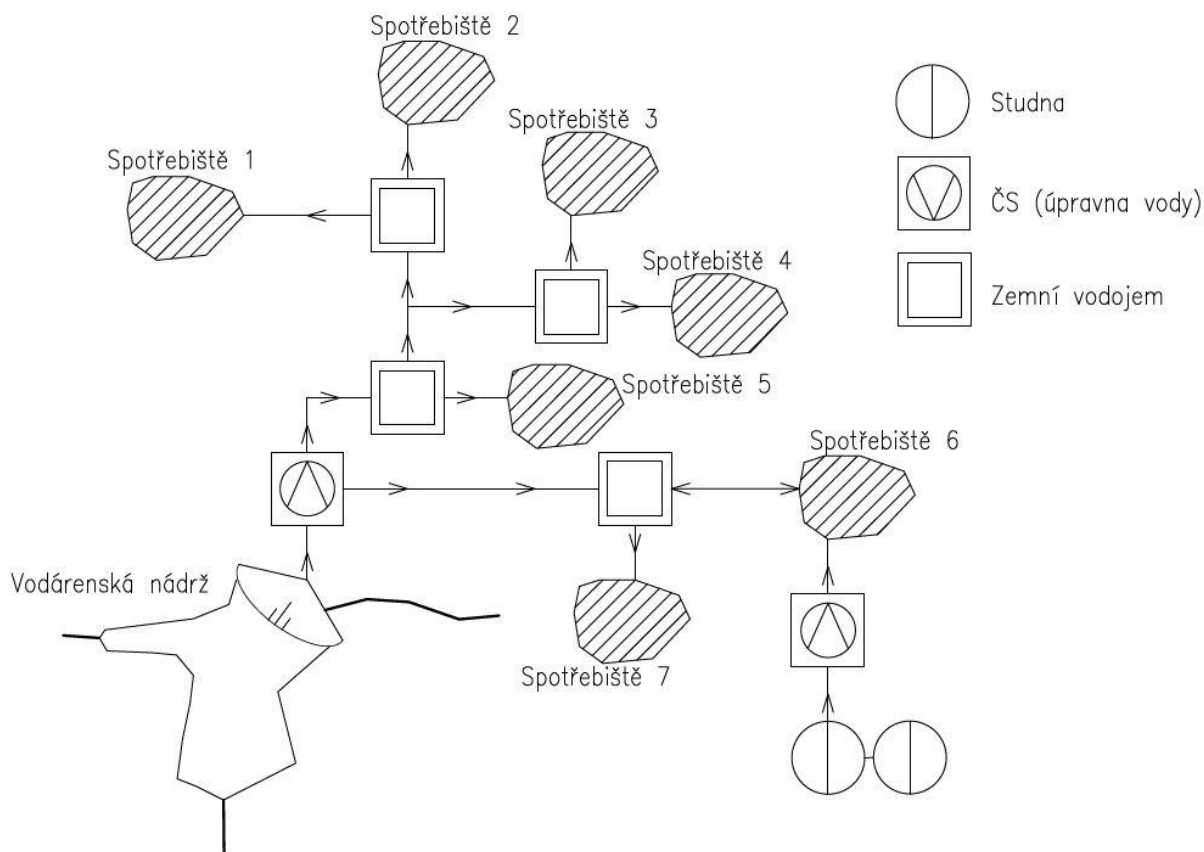
### 1.1.1.3 Oblastní vodovody

Vodovody, s jedním vhodně umístěným zdrojem vody (zpravidla vodárenská nádrž), pomocí kterých je zásobováno rozsáhlé území zahrnující velké množství spotřebišť, které spadají do několika okresů či krajů. Řešení tohoto typu a rozsahu, kde je voda dopravována na velké vzdálenosti se složitým systémem řízení a velkým množstvím objektů, se nazývá vodárenskou soustavou. (2) (3)

*K hlavním přednostem vodárenských soustav a oblastních vodovodů patří vyšší zabezpečení dodávky vody, možnosti převodů vody, optimální využitelnost a spolupráce vodních zdrojů a centrální řízení celého systému s využitím moderních prostředků sdělovací a výpočetní techniky. (2)*

S realizací vodárenské soustavy jsou spojené vysoké investiční a provozní náklady z důvodu velkých investic do výstavby a dopravy vody na velké vzdálenosti. Poruchy vodárenských soustav mají dopad na velké území a je tu riziko větší zranitelnosti centrálních povrchových zdrojů vody. V celém systému navíc dochází k větším ztrátám vody. (2)

Schéma zásobování oblastním vodovodem je patrné z obr. 4.



Obr. 4 – Oblastní vodovod

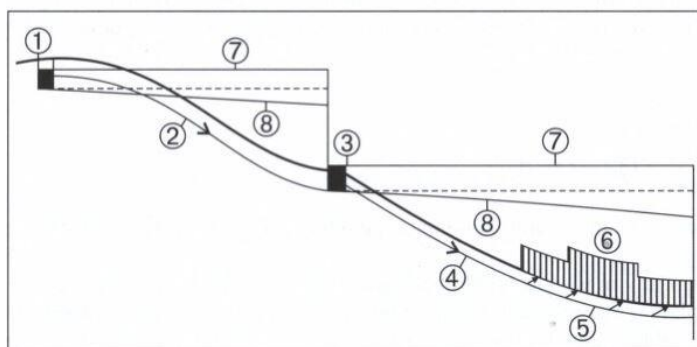
## 1.1.2 Rozdělení vodovodů podle výškového uspořádání

### 1.1.2.1 Gravitační vodovod

Tento typ vodovodu je výhodnou variantou použitelnou v případě, pokud výškový rozdíl mezi vodním zdrojem a spotřebišťem je dostatečně velký a zajistí v síti minimální přetlak bez nutnosti použití čerpadla. (2)

Nejčastějším řešením gravitační dopravy vody je umístění vodojemu před spotřebišťem. Voda je ze zdroje dopravena gravitačně do úpravný vody, z úpravný vody přiváděcím řadem do vodojemu a z vodojemu je potom dopravena zásobním řadem do spotřebišť. (2)

Možné uspořádání gravitačního vodovodu je zobrazeno na Obr. 5.



Gravitační vodovod

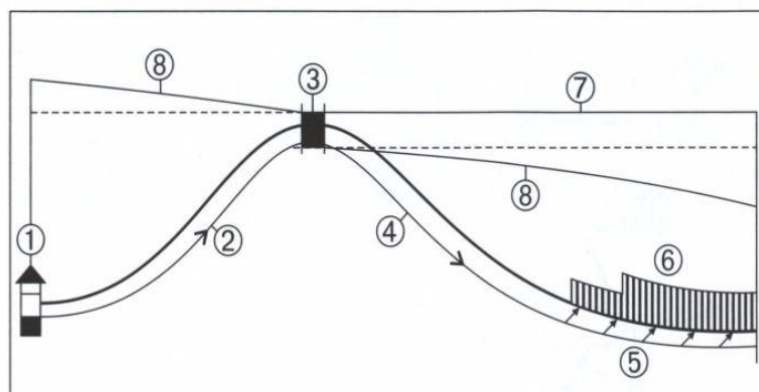
- 1 vodní zdroj
- 2 příváděcí řad
- 3 vodojem
- 4 zásobní řad
- 5 rozvodná síť
- 6 spotřebiště
- 7 čáry max. HST
- 8 čáry min. HDT

Poznámka: v legendě uvedené symboly značí – HST hydrostatického tlaku  
HDT hydrodynamického tlaku

Obr. 5 – Gravitační vodovod

### 1.1.2.2 Výtlačný vodovod

Jedná se o nejčastější variantu uspořádání vodovodů. K tomuto návrhu se přistupuje tehdy, pokud vodní zdroj leží vůči spotřebišti níže, ve stejné úrovni nebo jen o něco málo výše, takže není možné vodu dopravit gravitačně. Na obr. 6 je znázorněna situace, kdy je u zdroje vody realizována čerpací stanice, pomocí které se výtlačným řadem voda dopravuje do vodojemu. Odtud je díky jeho vhodné pozici voda zásobním řadem dopravena gravitačně do rozvodné sítě spotřebiště. (2)



Výtlačný vodovod

- 1 vodní zdroj s ČS
- 2 výtlačný řad
- 3 vodojem
- 4 zásobní řad
- 5 rozvodná síť
- 6 spotřebiště
- 7 čára max. HST
- 8 čáry HDT

Obr. 6 – Výtlačný vodovod

## 1.2 Výpočet potřeby vody

Poslední ucelená metodika pro stanovení potřeby vody byla vydána v roce 1973 v podobě směrnice č. 9 Ministerstvem lesního a vodního hospodářství ČSR a Ministerstvem zdravotnictví ČSR a v současné době není k dispozici žádný platný ucelený nástupce. Součástí této směrnice jsou hodnoty specifické potřeby vody, koeficientů nerovnoměrnosti a další. Všechny tyto informace byly stanoveny na základě celostátního měření a průzkumu s přihlédnutím k zahraničním zkušenostem. (4)

*Aktualizované údaje, z nichž je možné usuzovat hodnotu specifické potřeby vody, jsou k dispozici v podobě směrných čísel roční potřeby vody uvedených v příloze č. 12 vyhlášky č. 428/2001 Sb. ve znění Vyhlášky č. 120/2011 Sb. Podle §29 odst. 2 zmiňované vyhlášky směrná*

čísla roční potřeby vody určují potřebu pitné vody a zpravidla i množství vypouštěné odpadní vody. (4)

Samotná směrná čísla bohužel nejsou dostačujícím podkladem pro stanovení odpovídající potřeby vody. Je téměř nemožné na základě těchto informací postihnout nerovnoměrnosti vycházející jak z místních specifik, tak i z velikosti spotřebiště. (4)

Klíčová otázka pro správné stanovení potřeby vody je stanovení koeficientů, které určují špičkovou potřebu vody (maximální hodinová a maximální denní). Maximální hodinová potřeba je zásadní hodnota pro volbu správné dimenze potrubí vodovodu.

### 1.2.1 Stanovení hodnot potřeby vody

V ČR není v současné době závazná žádná ČSN pro výpočet potřeby vody. *Dimenzování rozvodné vodovodní sítě malých lokalit do 150 přípojek se doporučuje posoudit podle normy ČSN 75 5455 Výpočet vnitřních vodovodů.* (4)

Pro zjednodušené stanovení potřeby vody se používají následující vztahy. Zahrnuty jsou pouze položky, které se týkají vody fakturované obyvatelstvu. Při stanovení potřeby vody pro větší spotřebiště je nutné zahrnout i potřebu vody pro zemědělství, průmysl, administrativu a pro zásobování požární vodou.

- Průměrná potřeba vody (4):

$$Qp = SPV * EO \quad [l/s], [m^3/den]$$

kde

SPV ...specifická potřeba vody fakturovaná obyvatelstvu [l/obyv./den]

EO ...počet ekvivalentních obyvatel [obyvatel]

- Maximální denní potřeba vody (4):

$$Qd = Qp * kd \quad [l/s], [m^3/den]$$

kde

kd ...koeficient denní nerovnoměrnosti [-]

počet obyvatel	$k_d$
do 1 000	1,5
1 000 – 5 000	1,4
5 000 – 20 000	1,35
20 000 – 100 000	1,25
nad 100 000	1,15

Obr. 7 – Přibližné hodnoty  $k_d$  podle připojených obyvatel

- Maximální hodinová potřeba vody (4):

$$Q_h = Q_d * k_h \quad [l/s]$$

kde

$k_h$  ...koeficient hodinové nerovnoměrnosti [-]

Hodnota koeficientu hodinové nerovnoměrnosti se orientačně uvažuje 1,8 – 2,1, kde vyšší hodnoty jsou doporučeny pro zástavbu sídlištního charakteru. (1)

## 1.3 Vodní zdroje

### 1.3.1 Podzemní zdroje vody

Podzemní zdroje vody mohou být využívány díky propustnosti povrchových vrstev Země. Vydátnost vodních zdrojů je ve většině případů ovlivněna množstvím dešťové vody, která po vsáknutí do půdy dosáhne hladiny podzemní vody. Využití podzemní vody závisí na hydrogeologických podmínkách podloží a schopnosti vody proudit skrze tuto vrstvu. Pro vodárenské účely je využívána voda v nasycené zóně. (1) (2)

*Podzemní vody zůstávají skryty přímému pozorování, a proto o zákonitostech jejich vzniku, pohybu a výskytu stále ještě existuje řada nesprávných představ, které způsobují, že se při využívání a ochraně podzemních vod často dělají chyby.* (3)

### 1.3.2 Povrchové zdroje vody

Z důvodu neustále se zvyšujících požadavků na zásobování obyvatelstva a průmyslu vodou není podzemní voda dostatečně vydatným zdrojem. Podíl povrchové vody na celkové vodárensky využívané vodě se neustále zvyšuje.

Důležitým faktorem při využití povrchových vod z toků a nádrží je jejich vydatnost. Při odebírání pomocí břehových jímacích objektů přímo na toku se v našich podmínkách musí často budovat vzdouvací objekt (jezové těleso). V okamžiku, kdy z toku není možné odebírat požadované množství vody při zachování minimálního zůstatkového průtoku, přichází na řadu otázka stavby nádrže. (1)

*Vodárenskou nádrž musíme chápat jako objekt podléhající přírodním zákonům. To znamená, že v objemu vody zachycené v nádrži probíhají fyzikální, chemické a biologické pochody. Kvalita vody závisí na kvalitě přítoku, klimatu, teplotních a srážkových poměrech atd..* (1)

### 1.3.3 Ochranná pásma

Zdroje podzemní i povrchové vody mají svá ochranná pásma, ve kterých je řízena výstavba, těžba, doprava atd.

Nejlepším řešením by bylo bezkolizní hospodaření vůči všem vodním zdrojům. Vzhledem k hustotě zástavby je tento stav v urbanizovaných územích nemožný, a je proto nutné upravit území, stanovit jeho optimální velikost a vyhlásit jasné podmínky pro hospodaření v této oblasti. (1)

Ochranná pásma vodních zdrojů jsou popsána v § 30 zákona č. 254/2001 (vodní zákon). Jejich hlavním účelem je ochrana vydatnosti a ochrana před vnikem závadných látek do zdrojů



podzemní nebo povrchové vody, které by tak mohly negativně ovlivnit její zdravotní nezávadnost a jakost. (5)

*OPVZ jsou dle platného znění vodního zákona založena na principu dvoupásové ochrany. I. stupeň je stanoven jako souvislé území a slouží k ochraně v bezprostředním okolí jímacího nebo odběrného zařízení vodního zdroje. II. stupeň se vymezuje vně ochranného pásma I. stupně a nemusí tvořit souvislou plochu, ale může být stanoveno i jako vzájemně nespojitá území. II. stupeň OPVZ slouží k ochraně vodního zdroje v územích stanovených vodoprávním úřadem. (5)*

*Prováděcím předpisem je vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 137/1999 Sb., kterou se stanoví seznam vodárenských nádrží a zásady pro stanovení a změny ochranných pásem vodních zdrojů. (5)*

## **1.4 Jímání a odběr vody**

Abychom mohli využívat podzemních zdrojů, které prošli hydrogeologickým průzkumem, či zdrojů povrchových, je nutné zbudování jímacích objektů. Tyto objekty mají za úkol umožnit trvalý odběr stanoveného množství vody a optimálně při tom využívat zjištěných zásob. (3)

Pro podzemní zdroje je od roku 2010 v platnosti nová závazná norma ČSN 75 5115 – Jímání podzemní vody.

### **1.4.1 Jímací zářez**

Použití jímacího zářezu je výhodné především u mělkých zvodnělých vrstev, které jsou slabě propustné. Hloubí se zpravidla až na nepropustné podloží, kam se po vyrovnání sklonu pokládají kameninové trouby. Pro kontrolu drénů se budují v lomech a po cca 50 m kontrolní šachty. Po obsypání a dostatečném utěsnění rýhy se zbytek výkopu zasype vytěženým materiálem. Zářezy jsou většinou zaústěny do pramenní jímky, ze které se zachycená voda přečerpává. (1) (2) (3)

### **1.4.2 Vrtaná studna**

Vrtaná studna je díky své konstrukci schopna zajistit odběr vody ze zvodnělého prostředí větších hloubek.

*Klasické studny se navrhují 3,5 až 4 m pod hladinu podzemní vody. Podle normy ČSN 75 5115 - studny individuálního zásobování vodou, mají mít na dně vrstvu filtračního kameniva a nad ním při průměrném stavu hladiny nejméně 2 m vody. (6)*

Základní typy hloubení vrtů rozdělené podle způsobu narušování horniny jsou vrtání otáčivé a nárazové. Vrt je vystrojen zárubnicí a obsypem v aktivní části (zvodnělá hornina), plnými pažnicemi v neaktivní části (nezvodnělá hornina) a zhlavím vrtu s uzávěrem a kalníkem. (2)

*Nejdůležitější částí vrtu je jeho aktivní část, která musí zabezpečovat stabilitu vrtu, přítok vody s co možná nejmenšími tlakovými ztrátami, má zamezovat vnikání jemnozrnných částic horniny do vrtu a vnitřní průměr výstroje musí umožnit umístění osazení čerpadla pro plánovanou vydatnost a snížené hladiny. (2)*

### 1.4.3 Jímání vody z toku

Pokud chceme odebírat vodu z vodního toku, nejprve musíme vybrat vhodné stabilní místo, nebo vodní tok směrově a výškově upravit a vhodné místo tak vytvořit. Jakost vody musí být taková, aby se běžnými technologickými prostředky dosáhlo kvality vyhovující normě pro pitnou vodu. Důležité je kromě zajištění trvalého odběru i zachování minimálního průtoku v řečišti. (1) (2) *Před volbou místa odběru tekoucí povrchové vody se musí posoudit také účinky ledu. U splavných toků je třeba respektovat nároky lodní dopravy.* (3)

Nejčastěji se voda v našich končinách z vodního toku odebírá pomocí břehového jímadla, které se hodí pro vodní toky se stabilními břehy a dnem. Podmínkou je zajištění trvalého odběru i za předpokladu minimální hladiny vody v toku, čehož je docíleno především ve střední a spodní části toku. (3) *Jímací objekt většinou stavebně sdružuje vlastní jímání a čerpací jímku a je vybaven tak, aby se zamezilo pronikání hrubších plavenin a splavenin (hrubé a jemné česle, zdvižený práh).* (1) Odběrným potrubím je potom voda odvedena do čerpací jímky a dále čerpána do úpravny vody. (3)

Druhou možností je realizace jímacího objektu přímo v řečišti. Toto řešení je vhodné v případě, kdy má koryto toku nestabilní břehy, nebo není u břehů splněna podmínka minimální hloubky v důsledku výrazného kolísání hladiny. Objekt bývá umístěn v proudnici v místě, kde nedochází ke zvýšenému ukládání nánosů. (3) *Konstruktivně musí být vyřešen tak, aby byl chráněn před účinky ledu, větších vznášených a plovoucích předmětů a před působením proudu vody. Vtokový otvor je opatřen česlemi proti vnikání nežádoucích látek. Potrubí se klade zpravidla pod dno a voda přitéká do jímky na břehu, odkud se čerpá do úpravy.* (3)

### 1.4.4 Jímání vody z nádrže

Z nádrže je odběr zajištěn pomocí věžového jímadla, které může být uspořádáno jako samostatná odběrná věž, nebo jako těleso začleněné do tělesa hráze. U obou typů věžových jímadel odběr zajišťují nejméně tři otvory, které jsou rozmístěny v různých hloubkách a zajišťují možnost odebírat vodu z nejpříznivější hloubky pro každé období. Je nezbytné, aby všechny vtokové otvory byly chráněny česlemi před vniknutím plovoucích předmětů. Samostatně uzavíratelný by měl být každý otvor z návodní strany, a pokud je to možné i zevnitř objektu. (3)

*Odběr vody z jednotlivých etáží může být uspořádán dvěma způsoby:*

*1. uvnitř věže je svislé potrubí, na které jsou jednotlivé odběry připojeny, sběrné potrubí prochází vodorovnou štolou uvnitř hráze;*

*2. výtok z otvorů uvnitř věže je volný, tzn. Věž je naplněna vodou z příslušného odběru, odtok vede tlakovou štolou* (3)

## 1.5 Čerpací stanice

Čerpací stanice je zařízení, pomocí kterého můžeme dopravit vodu z níže položených zdrojů do úpravy vody, zásobovacích sítí a vodojemů.

*Dělíme je podle způsobu dopravy, podle množství dopravované vody, podle důležitosti a uspořádání technologické a stavební části na hlavní, vedlejší, přečerpávací a cirkulační, čerpací stanice samostatné, vzdálené od zdrojů nebo v jejich těsné blízkosti.* (3)

Zásady navrhování vodárenských čerpacích stanic, ale i čerpacích stanic pro nepitnou vodu stanovuje platná norma ČSN 75 5301.

S tématem této práce souvisí především čerpací stanice přečerpávací, sloužící v zásobovacích systémech ke zlepšování tlakových poměrů. *Umísťují se zpravidla v technických podlažích výškových domů, v armaturních komorách vodojemů, méně často v samostatných objektech.* (3)

## 1.6 Úprava vody

Úprava vody je nezbytná pro zlepšení její kvality s ohledem na její další využití (voda pitná, užitková, technologická aj.). Na prvním místě je dostatečné zásobování obyvatelstva pitnou, zdravotně nezávadnou vodou. Způsob, jakým se voda upravuje na vodu pitnou, je dán jejím fyzikálně-chemickým a bakteriologickým složením, který se zjišťuje na základě rozboru vzorků. (1) Nařízením, kterým se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody je vyhláška č. 252/2004 Sb.

*Dle §3 této vyhlášky:*

*(1) Pitná voda musí mít takové fyzikálně-chemické vlastnosti, které nepředstavují ohrožení veřejného zdraví. Pitná a teplá voda nesmí obsahovat mikroorganismy, parazity a látky jakéhokoliv druhu v počtu nebo koncentraci, které by mohly ohrozit veřejné zdraví.* (7)

Výběr zdroje pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou je cílen především na podzemní vody. Pokud je potřeba odebírat vodu z povrchových zdrojů musí se jednat o tzv. vodárenské toky nebo o vodu akumulovanou ve vodárenských nádržích. Jakmile nejsou dostupné žádné zdroje odpovídající kvality je možné v krajním případě odebírat vodu i z toků nevodárenských. (1)

*Složení podzemní vody závisí na geologických útvarech, jimiž protéká. Zpravidla je čirá a má stálé chemické složení.* (3)

Složení povrchové vody se mění s délkou toku a je rozlišné pro různé hloubky odběru v nádrži. Povrchová voda je vlastně voda pramenitá, která je zředěná vodou z dešťových přeháněk a splachem z povodí a znečištěna odpadními vodami. Složení je velmi proměnlivé také z důvodu závislosti na ročním období. (3)

Povrchová voda	Podzemní voda
Mechanické předčištění	Odkyselování
Čiření	Odželezování
Filtrace	Odmanganování
Dezinfekce	Dezinfekce
Adsorpce	Odstraňování vápníku a hořčíku
Fluoridace	Deionizace
Ultrafiltrace	Demineralizace
Nanofiltrace	Desorpce
Stabilizace	Membránové procesy

Tab. 1 – Přehled typických procesů úpravy podzemní a povrchové vody

Navrhování úpraven vody se řídí platnou normou ČSN 75 5201. *Tato norma platí pro navrhování a rekonstrukci úpraven vody, jejichž účelem je upravit vodu odebranou z přírodních i umělých zdrojů na vodu pitnou.* (8)

## 1.7 Akumulace vody

Ve vodárenství se setkáváme s několika druhy akumulace vody. Krátkodobá akumulace je nejčastěji řešena pomocí vodojemů. K návrhu věžových i zemních vodojemů, které jsou součástí vodovodů pro veřejnou potřebu a slouží pro zásobování pitnou vodou, je od roku 2011 v platnosti norma ČSN 75 5355 – Vodojemy. (2)

Vzhledem k cíli práce je v rámci teoretické části vhodné nastínit některé základní funkce a druhy vodojemů, od jejichž vlastností a umístění se odvíjí stanovení vhodného zásobovacího pásma.

### 1.7.1 Základní funkce vodojemů

#### 1.7.1.1 Akumulační funkce

Krátkodobá akumulace vodojemu slouží především k vyrovnání rozdílu mezi přítokem a odtokem. Dále by svým objemem měl pokrýt stálou zásobu pro hašení požárů a měl by být schopen pokrýt potřebu spotřebiště v době odstraňování poruchy na přiváděcím řadu. (1)

#### 1.7.1.2 Tlaková funkce

Hlavním předmětem práce je optimalizace tlakových pásem vybrané lokality, proto je pochopení tlakové funkce vodojemu zásadní. Je dána polohou vodojemu vzhledem ke spotřebišti, která při gravitačním zásobování definuje tlaková pásma.

*Umístění vodojemů se volí co nejbližší ke spotřebišti, ideální poloha je v těžišti spotřeby. Výškově je vhodné, aby vodojem dodával vodu do příslušné části spotřebiště, kde není větší rozdíl nadmořských výšek terénu než 25-35 m. (1)*

Hodnota rozdílu vychází z vyhlášky 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). Při navrhování nových vodovodů pro veřejnou potřebu se uplatňují ustanovení § 15:

*(4) Maximální přetlak v nejnižších místech vodovodní sítě každého tlakového pásma nesmí převyšovat hodnotu 0,6 MPa. V odůvodněných případech se může zvýšit na 0,7 MPa.*

*(5) Při zástavbě do dvou nadzemních podlaží hydrodynamický přetlak v rozvodné síti musí být v místě připojení vodovodní přípojky nejméně 0,15 MPa. Při zástavbě nad dvě nadzemní podlaží nejméně 0,25 MPa. (9)*

Výškový rozdíl potom vypočítáme ze vztahu:

$$h = H_{max} - H_{min} - \Delta h - \Delta p,$$

kde

*$H_{max}$  je max. tlak vodovodní sítě 0,6 MPa respektive 0,7 MPa*

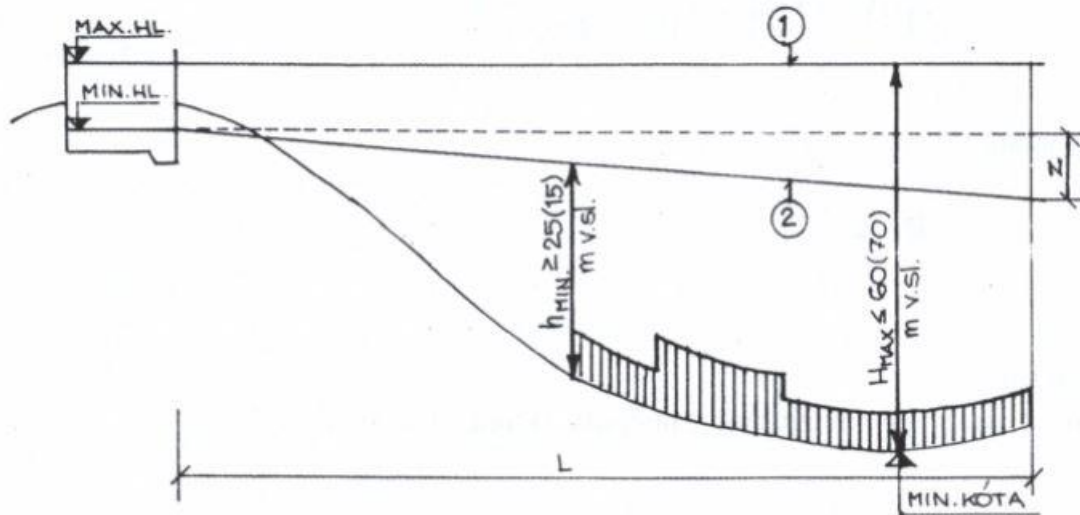
*$H_{min}$  je min. tlak ve vodovodní síti (pro zástavbu nad dvě nadzemní podlaží) 0,25 MPa*

*$\Delta h$  je kolísání hladiny ve vodojemu (cca 0,05 MPa)*

*$\Delta p$  je odhad tlakových ztrát na trase vodojem – spotřebiště (cca 0,05 MPa)*

Z uvedeného tudíž vyplývá, že jedním vodojemem lze gravitačně zásobovat výškové pásmo  $h=60-25-5-5=25$  m, resp.  $h=70-25-5-5=35$  m. (1)

Toto rozmezí je stanovené pro oblast se zástavbou nad dvě nadzemní podlaží, přičemž maximální tlak 0,7 MPa může být navržen jen v odůvodněných případech.



- 1 - čára maximálního hydrostatického přetlaku
- 2 - čára minimálního hydrodynamického přetlaku
- z - tlaková ztráta v úseku délky L

Obr. 8 – Schéma tlakového zásobení

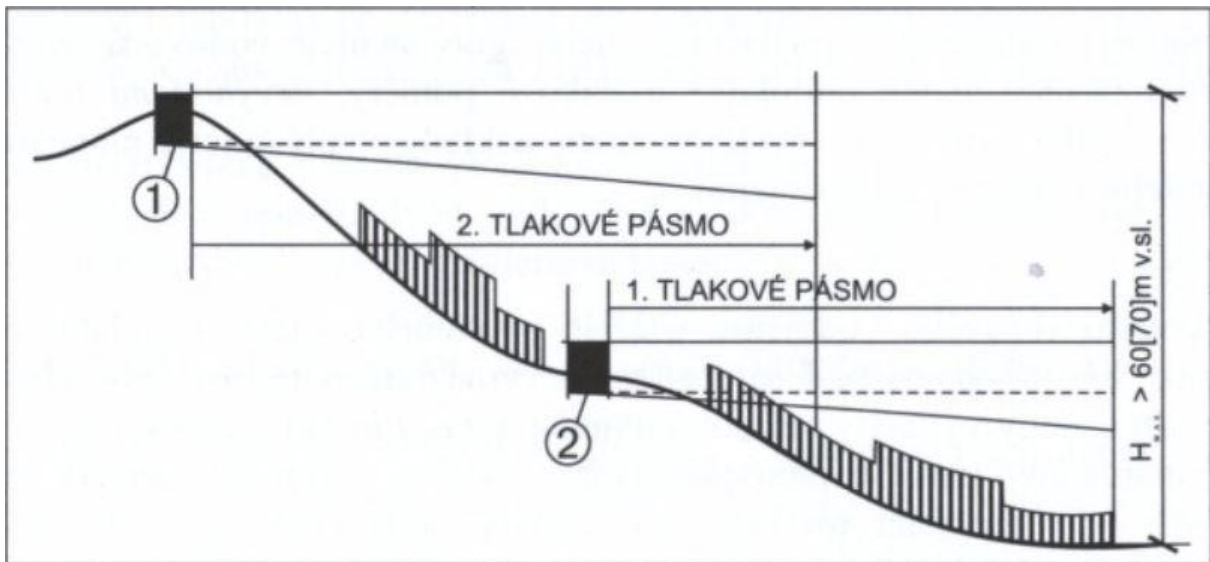
## 1.7.2 Dělení vodojemů podle účelu

### 1.7.2.1 Vodojem zásobní

Tento druh vodojemu je také nazýván akumulací. Zásobuje určité tlakové pásmo a plní akumulací vyrovnávací, akumulací zásobní a tlakovou funkci. Jedná se o průtočný vodojem, který je schopný svojí zásobou vyrovnat rozdíl mezi přítokem a odtokem. Plní se tehdy, jestliže je přítok do vodojemu větší než odběr a prázdní je-li tomu naopak. (2)

### 1.7.2.2 Vodojem přerušovací

Přerušovací vodojem najde své využití v případě, kdy je rozdíl výšek mezi spotřebištěm a zásobním vodojemem větší než 60 m resp. 70 m. Osazením přerušovacího vodojemu se přerušuje hydrostatický tlak vodojemu zásobního a spotřebiště je možné rozdělit na 2 tlakové pásma (obr. 9). Při velké členitosti území lze spotřebiště rozdělit více přerušovacími vodojemy na více tlakových pásem. (2)



Obr. 9 – Schéma přerušovacího vodojemu

### 1.7.3 Dělení vodojemů podle umístění akumulční nádrže

#### 1.7.3.1 Zemní vodojem

Zemní vodojem je nejčastěji používaný druh vodojemu. Skládá se z vodní nádrže a z manipulační neboli armaturní komory. Vodní nádrž slouží pouze k akumulaci potřebného množství vody. V manipulační komoře jsou umístěna veškeré ovládací zařízení, díky kterým jsme schopni řídit provoz vodojemu. U zemních vodojemů se zpravidla navrhují minimálně dvě nádrže. Mohou být zapuštěny do terénu, kde se využívá schopnosti zeminy izolovat teplo, nebo umístěny na terénu. Častým úkazem jsou částečně zapuštěné vodojemy. Zemní vodojemy bývají zhotoveny z železobetonu nebo realizovány jako monolit. Celkový navrhovaný objem zemního vodojemu se skládá z akumulčního objemu  $V_a$ , objemu požární vody  $V_{pož}$  a z objemu vody na překrytí poruchy  $V_{por}$ . (1) (3)



Obr. 10 – Útroby historického zemního vodojemu v Brně

### 1.7.3.2 Nadzemní vodojem

Neboli věžový vodojem tvoří viditelnou dominantní stavbu a je třeba se zabývat jeho architektonickým řešením. Z důvodu ekonomické a estetické náročnosti se tomuto druhu stavby snažíme vyhnout a nahradit je jiným, výhodnějším řešením. V případě, že není jiná možnost než návrh věžového vodojemu, je vhodné realizovat jeho stavbu s co nejmenším možným objemem. Narozdíl od zemního vodojemu se do celkového objemu nepočítá objem požární vody nebo objem vody potřebné na překlenutí poruchy. Celkový objem se tedy stanoví pouze jako množství vody potřebné na pokrytí nerovnoměrnosti mezi přítokem a odtokem. (1) (3)

*Vhodným řešením je spojení věžového vodojemu do funkčního celku s vodojemem zemním a vytvoření prvku, který z jednoho místa může obsluhovat 2 tlaková pásma. (1)*



Obr. 11 – Nefunkční věžový vodojem na Kolínsku, který po rekonstrukci slouží jako rozhledna

## 1.8 Rozvodné vodovodní sítě

### 1.8.1 Kategorie vodovodních řadů

*Vodovodní řady jako tzv. sítě technického vybavení (technické infrastruktury), lze dělit podle územní působnosti, funkčního a kapacitního významu, ve smyslu ČSN 73 6005*

*Prostorové uspořádání sítí technického vybavení na:*

*a) Vedení dálková*

*1. kategorie, kam patří přiváděcí, výtlačné a zásobní řady*

*b) Vedení místní*

*2. kategorie, kam patří hlavní rozvodné řady dopravující vodu do těžiště spotřebiště*

*3. kategorie, kterými jsou vedlejší (uliční) rozvodné řady s přímou funkční vazbou na zásobované objekty.*

*c) Vodovodní přípojky*

kteře vřak podle platné legislativy nejsou vodovodními řadů. Zajiřtůuji dodávku vody jednotlivým odběrným místům. (2)

## 1.8.2 Mořné uspořádaní rozvodných sítí

Rozvodné sítě chápeme jako soustavu vodovodních řadů 2. a 3. kategorie s nezbytným vybavením a vazbou na zásobované spotřebiřště. (2)

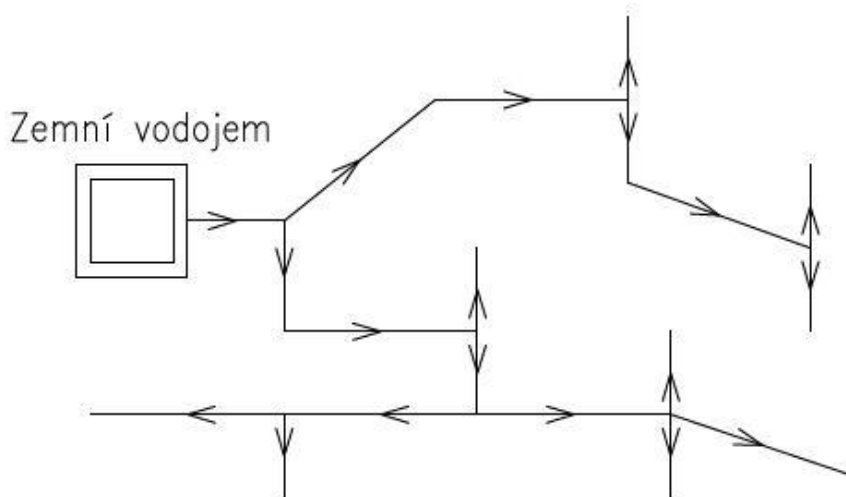
Při návrhu tvaru vodovodní sítě vycházíme z toho, ře vodu musíme dostat ke všem potenciálním odběratelům.

### 1.8.2.1 Větevná síť

Uspořádaní řadů větevné sítě je do tvaru rozvětveného stromu bez zokruhování. Jeho použití je výhodné u malých spotřebiřř předevřim venkovského charakteru, kde charakter zástavby nedovoluje účelně a ekonomicky výhodně vytvořit okruhovou síť rozvodných řadů. (2)

Díky poměrně jednoduchému zpracování návrhu, provedení a provozování jsou investiční náklady na realizaci větevné vodovodní sítě nízké. Z důvodu přívodu vody ke konkrétnímu místu pouze z jedné strany je plynulost zásobování ohrořena jak případnou poruchou, tak nárazovými odběry. Jako značná nevýhoda se jeví i fakt, ře v koncových úsecích sítě může docházet k dlouhodobé stagnaci vody. (2)

Výpočet průtoku ve větevných sítích je poměrně jednoduchý. Základem je znalost uzlových odběrů. Protože u větevných sítí máme jasně daný směr proudění, můžeme postupně od konce sítě načítat uzlové odběry a stanovit tak průtoky v jednotlivých úsecích až ke zdroji tlaku – vodojemu. *Ve všech uzlech vodovodní sítě musí být dodřžen zákon zachování hmoty, tj. součet všech průtoků do uzlu vstupujících a vystupujících musí být roven nule – uzlová podmínka.* (1)



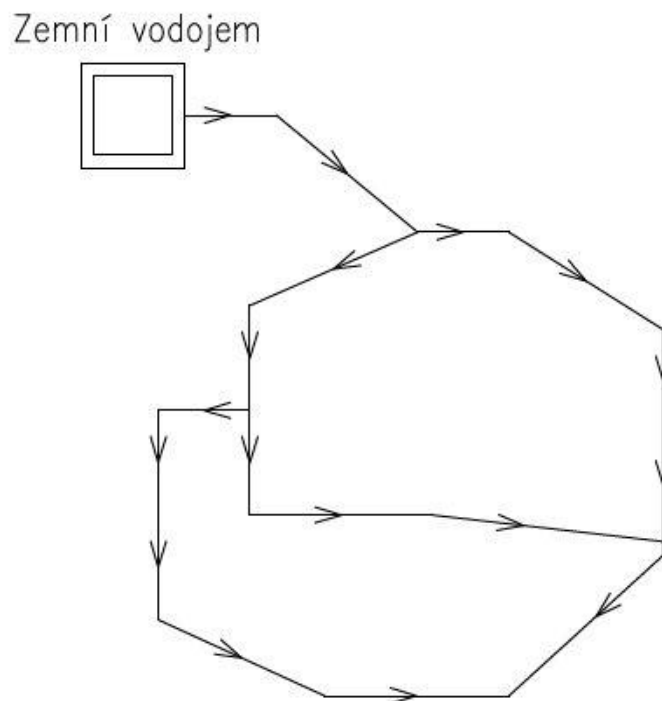
Obr. 12 – Schéma větevné sítě



### 1.8.2.2 Okruhová síť

Uspořádání řadů okruhové sítě je do uzavřených okruhů, které se vzájemně dotýkají v uzlech a styčných úsecích. Velkou výhodou je, že se ke každému odběrnímu místu voda dostane z obou stran. Díky tomu je možné dopad případné poruchy omezit pouze na konkrétní řady nebo jejich úseky a eliminovat nárazové odběry, což zapříčiní vyrovnanější tlaky v síti. (2)

Máme-li v síti  $m$  úseků a  $n$  uzlů a síť je spojitá, má tato síť  $l = m - n + 1$  okruhů. Vedle uzlové podmínky, zmíněné v kapitole o větvěných sítích, musí být u kruhových sítí splněn také zákon zachování energie – okruhová podmínka. (1) Jednotlivé úseky jsou orientovány svým počátečním a koncovým uzlem. Orientaci jednotlivých okruhů volíme tak, aby kladný směr byl proti chodu hodinových ručiček. Okruhová podmínka nám potom říká, že součet hydraulických ztrát v okruhu je roven nule. Pro pokračování ve výpočtu musíme odstraněním jednoho nejméně důležitého uzlu vytvořit z okruhové sítě síť větvenou. (1)



Obr. 13 – Okruhová síť

## 1.9 Trubní materiály vodovodů

Před volbou vhodného trubního materiálu se musí zohlednit spousta hledisek a kritérií. Některé materiály se ukáží pro daný případ jako nevhodné, u jiných zase musíme počítat se sníženou efektivitou. Jaký materiál je obecně nejlepší pro správnou funkčnost vodovodu zůstává klíčovou a nesnadnou otázkou, která představuje komplexní problém.

Rozhodující pro návrh trubního materiálu jsou tato hlediska (2):

- pracovní přetlak a hydraulické rázy v potrubí
- způsob a druh vnějšího zatížení potrubí
- druh, únosnost a agresivita okolní zeminy

- *výskyt bludných proudů*
- *kvalita dopravované vody*
- *požadovaná životnost potrubí*
- *způsob provádění*
- *finanční náklady na realizaci a následně na provoz*

Stupeň materiálové jednotnosti v oblasti vodovodních řadů a sítí je vysoký.

Výhradně jsou používány normalizované výrobky, normalizované zařízení a často typová řešení. Vážné problémy zprůměrnění výstavby a obnovy vodovodních sítí a řadů však zůstávají nevyřešeny. *Jednou z příčin je to, že materiálová základna zůstává příliš rozsáhlá, různorodá, nespolehlivá, nahodilá, nepružná a částečně zastaralá.* (1)

Zde je pro ukázkou uvedeno pár základních materiálů používaných pro vodovodní potrubí.

### **1.9.1 Potrubí z PVC**

V současné době se za nejvýhodnější materiál pro dopravu pitné vody považuje potrubí z plastů, především z polyetylenu (PE) a polyvinylchloridu (PVC). Zde je podrobně popsán materiál PVC, konkrétně takový druh, do kterého se nepřidávají žádná změkčovadla, tzv. neměkčené PVC (zkratka PVC-U).

Veškeré rozměry a další technické parametry musejí odpovídat ČSN EN ISO 1452 - Plastové potrubní systémy pro rozvod vody a tlakové kanalizační přípojky a stokové sítě uložené v zemi i nadzemní - neměkčený polyvinylchlorid (PVC-U). (10)

*Pro kompletaci systému se používají plastové, pro vyšší tlaky i litinové tvarovky určené speciálně pro plastové potrubí. Konstrukce hrdla dovoluje trubce při změně teploty dilatovat v každém spoji. Při správné montáži je zaručena dokonalá těsnost. Jsou použitelné pro trvalou teplotu média max. 45 °C (bez tlaku až do 60 °C) a k transportu látek, které neporuší materiál trubek ani pryžových těsnění. PVC trubní systém je schopný odolat běžným desinfekčním prostředkům v koncentracích a dobách působení, běžně používaných pro desinfekci rozvodů pitné vody. Chemická odolnost systému je často určována odolností těsnících kroužků, která je všeobecně nižší než odolnost PVC. Díky svojí pružnosti odolávají plastové trubky krátkodobým přetížením i dynamickému zatěžování lépe než trubky tuhé. Mají rovněž vysokou odolnost proti vlivům sedání zeminy.* (10)

Největší výhodou trubních systémů z PVC je výrazně nižší hmotnost než všechny ostatní trubní materiály (asi pětina hmotnosti ocelových trubek). Odolávají korozi a mají hladký povrch, díky kterému jsou hydraulicky výhodné. Další výhodou jsou spolehlivé, těsné spoje a poměrně snadná a rychlá montáž. Základní charakteristika PVC trubek je na obr. 14. (2) (3)

střední specifická hmotnost	$\rho = 1,4 \text{ g/cm}^3$
krátkodobý modul pružnosti	$E = 3000 \text{ až } 3600 \text{ MPa}$
dlouhodobý modul pružnosti	$E_{50} = 1750 \text{ až } 2000 \text{ MPa}$
koeficient teplotní roztažnosti	$\alpha = 0,08 \text{ mm/m.K}$
krátkodobá pevnost v tahu (20 °C)	$\beta_{z(20^\circ\text{C})} = 44 \text{ MPa}$
MRS (50 let, 20 °C)	25,0 MPa
Poissonův součinitel příčné kontrakce	$\mu = 0,33$
tepelná vodivost	$\lambda = 0,15 \text{ W/m.K}$
nasákavost	pod 4 mg/cm <sup>2</sup>

Obr. 14 – Charakteristické vlastnosti potrubí z PVC

## 1.9.2 Litinové trouby

Litina je u nás i v zahraničí nejdéle používaným materiálem na výrobu vodovodních trubek. V současnosti litinové trouby stále tvoří největší podíl provozovaného potrubí. Proti ocelovým trubkám mají tu výhodu, že lépe odolávají korozi. Od roku 1989 se u nás používají trouby z tzv. tvárné litiny, která má lepší technické parametry a vlastnosti než šedá litina. Tvárná litina umožňuje vyrábět trouby pro větší pracovní přetlaky, má zhruba o třetinu menší hmotnost a zároveň disponuje až dvojnásobnou pevností v tahu. Potrubí z tvárné litiny je nejčastěji opatřeno vnitřní cementovou vystýlkou a vnějším pozinkováním. (3) (11)

Vzhledem ke své skladebné délce dokáží trouby z tvárné litiny dobře odolávat změnám polohy při sedání nebo při nerovnoměrné úpravě podloží. Disponují vysokou podélnou pevností v ohybu, takže umožňují překlenout chyby podpěr bez přetížení a následného poškození. *Navíc hrdlové spoje v závislosti na jmenovité světlosti a typu spoje umožňují úhlové vychýlení až 5°. To znamená, že trouba délky 6 m dovolí cca 50 cm vybočení z osy hrdla předem položené trouby nebo tvarovky.* (11) Na těsnost celého systému nemají vliv celoplošná sedání. Tlak působící na jednu troubu není přenášen na další, takže nemůže dojít k porušení těsnosti. *Jišťené násuvné hrdlové spoje BLS® zajišťují tvarovkám a troubám bezpečnost proti účinkům podélných sil i v případě sedání nebo délkových změn trubního tělesa a nemůže dojít k jejich vzájemnému vytážení z hrdel.* (11)

Charakteristika	Jednotka	Hodnota
Pevnost v tahu	N/mm <sup>2</sup>	420
Mez kluzu 0,2 %	N/mm <sup>2</sup>	300
Poměrné prodloužení při přetržení	%	≥ 10
Pevnost v tlaku	N/mm <sup>2</sup>	900
Modul pružnosti	N/mm <sup>2</sup>	170.000
Pevnost v protřžení / odolnost proti vzniku trhlin	N/mm <sup>2</sup>	300
Odolnost proti vrcholovému tlaku	N/mm <sup>2</sup>	550
Pevnost v podélném ohybu	N/mm <sup>2</sup>	420
Rozkmit	N/mm <sup>2</sup>	135
Koeficient tepelné roztažnosti	m/mK	10 x 10 <sup>-6</sup>
Tepelná vodivost	W/cmK	0,42
Měrné teplo	J/gK	0,55

Obr. 15 – Charakteristické vlastnosti potrubí z tvárné litiny

## 1.10 Armatury a tvarovky

Armatury umožňují řízení a ovládání provozu. Dělíme je podle funkce a způsobu použití na uzavírací, odběrné a ostatní. Tvarovky tvoří součást potrubí a umožňují nám směrově měnit trasu vodovodu, změnu průměru, odbočení, připojení armatury či ukončení potrubí. (3) (2)

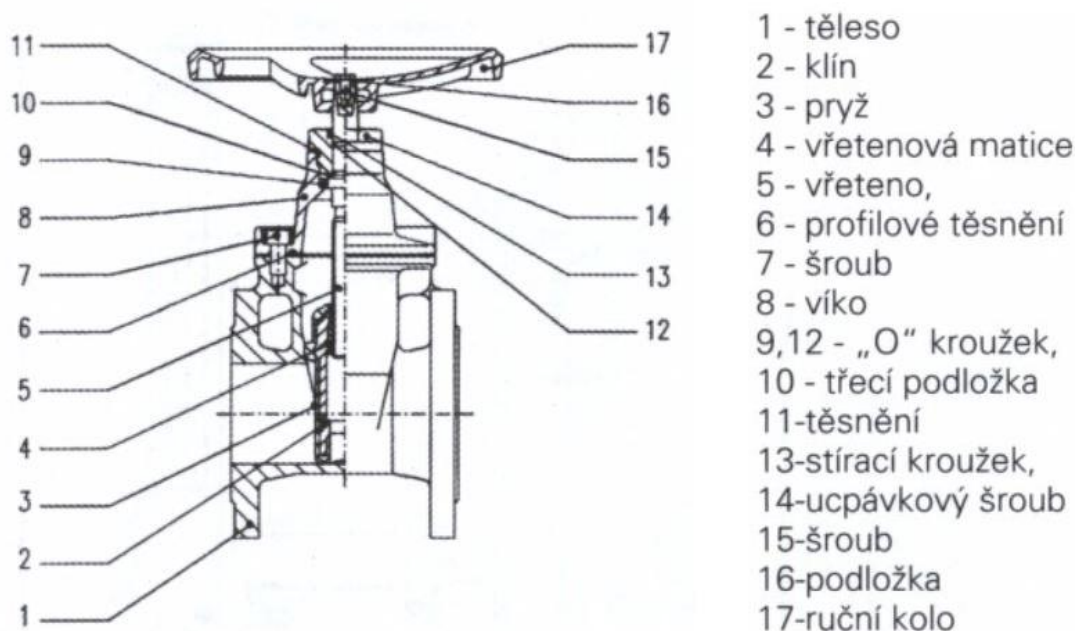
Součástí této práce je detailní popis šoupátka, které je jednou ze základních a nejpoužívanějších armatur. Vzhledem k charakteru této práce je dále popsán redukční ventil, pomocí kterého můžeme regulovat tlak, a tak úzce souvisí s tématem řešeným v praktické části.

### 1.10.1 Šoupě

Především v místech odbočných řadů se umísťují šoupátka. U větevné sítě se šoupátka osazují jak na odbočný řad, tak za odbočku na hlavní řad. U okružové sítě je na místě osazovat šoupátka i před odbočný řad kvůli možnosti zokruhování sítě při vzniku případné poruchy. Na dlouhých úsecích přivaděčů se osazují šoupátka trasová. V místech odbočení se nejčastěji osazují dvoupolohová šoupátka, v liniových trubních vedeních jsou to potom šoupátka sekční. (2)

*V ulicích a zastavěných částech jsou šoupátka se zařízením kryta pod zemí. Toto uspořádání se nazývá zemní souprava. Je to ochranná tvarová trubka, vřetenový nástavec a poklop. Při umístění více šoupátek do uzlu je výhodnější jejich instalace do armaturní šachty se vstupním poklopem. (3)*

Pro potrubí z PVC jsou vyráběna hrdlová šoupátka, pro litinové potrubí šoupátka přírubová (obr. 16). Pokud je potřeba instalovat např. přírubové šoupátko z tvárné litiny na potrubí z PVC je nutné pro přechod zvolit vhodnou tvarovku.

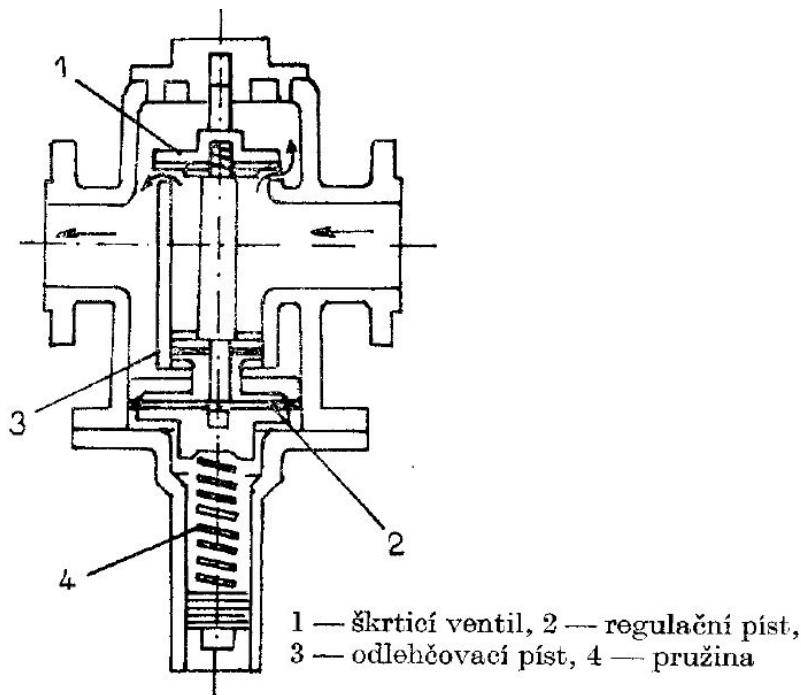


Obr. 16 – Přírubové šoupátko

### 1.10.2 Redukční ventil

Pomocí redukčních ventilů je možné, zejména u přiváděcích potrubí a v úsecích rozdělovacích jednotlivá tlaková pásma, regulovat tlak vody v potrubí. (3) (1)

*Pružinové redukční ventily pracují na principu rovnosti sil. Síla způsobená tlakem vody působí na membránu a ta působí proti nastavitelné síle pružiny. Pokles výstupního tlaku způsobí snížení síly, kterou působí membrána proti pružině. Síla pružiny, která je v daném okamžiku vyšší než síla membrány, pootevře kuželku ventilu. Tím dojde ke zvyšování výstupního tlaku, dokud nejsou síly pružiny a membrány opět v rovnováze. Díky vyvážené kuželce ventilu nemá kolísání vstupního tlaku žádný vliv na tlak vody na výstupní straně. (12)*

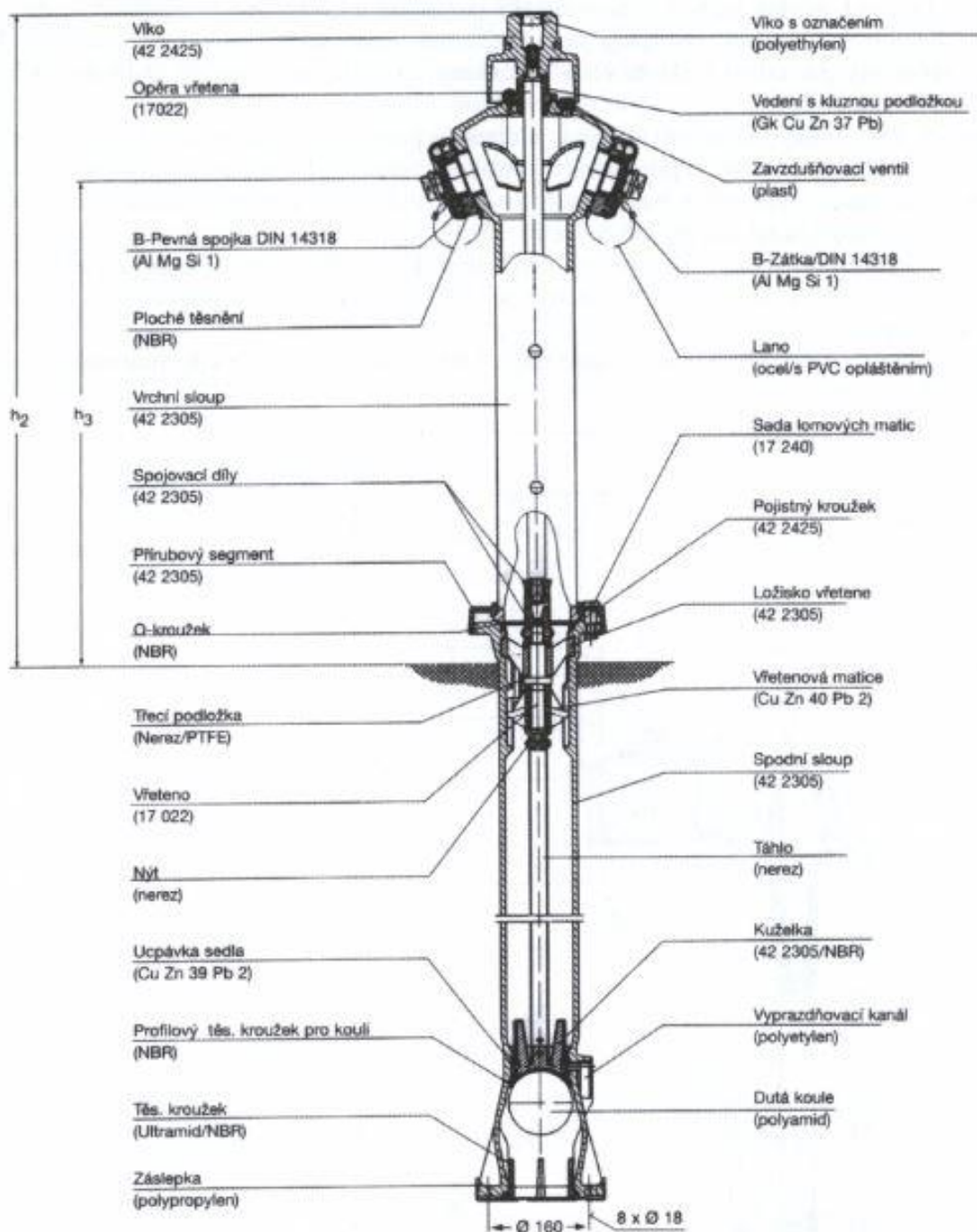


Obr. 17 – Schéma redukčního ventilu

### 1.10.3 Hydrant

Pro odběr vody z vodovodní sítě pro požární účely, kropení a čištění ulic, proplachování trubních úseků a odvzdušňování slouží hydrant. Rozmístění hydrantů ve vodovodní síti pro požární účely se řídí ČSN 73 0873 – Požární bezpečnost staveb. Zásobování požární vodou. (3)

Výtok podzemního hydrantu by měl být těsně pod úrovní terénu a měl by být chráněn hydrantovým poklopem proti poškození. Nadzemní hydrant (obr. 18) má na rozdíl od podzemního ústí odboček pro připojení hadic nad terénem. Oba druhy hydrantů se vyrábějí jak ze šedé, tak tvárné litiny. (2)



Obr. 18 – Schéma nadzemního hydrantu

## 1.11 Potrubí a armatury zemních vodojemů

*Pro rozvody ve vodojemu mají být přednostně používány litinové tlakové trouby a tvarovky. Největší pracovní přetlaky v potrubí nesmějí ve vodojemu překročit jmenovité tlaky potrubí, tvarovek a armatur. (3)*

Potrubí v manipulační komoře, které slouží jako přívod vody, musí být opatřeno uzávěry a musí být navrženo tak, aby bylo možné plnit jednotlivé nádrže nezávisle na sobě. Na přívodní potrubí je instalována odbočka napojená na odběrné potrubí pro případ výpadku vodojemu, aby nebyla přerušena dodávka vody do spotřebiště. Vtok do odběrného potrubí musí

být pro každou nádrž vyřešen samostatně a musí být zabezpečen proti vniknutí větších předmětů. Každá nádrž musí být opatřena výpustí, osazovanou pod dno nádrže, která umožňuje vypuštění všech nečistot při čištění vodojemu. Důležitou součástí vodojemu je přeliv. Přeliv a odpadní potrubí, dimenzované na největší možný přítok do nádrže musí zajistit, aby hladina vody nedosáhla na úroveň trámů, stropu nebo větracích šachet nádrže. Do odpadního potrubí ústí jak voda z přelivu, tak voda z výpustního potrubí. Samotné vyústění odpadu je třeba řešit individuálně s ohledem na charakter a stav recipientu. (3)

Příslušné úseky potrubí a armatury zemních vodojemů se umísťují do manipulační komory. Prostorové uspořádání potrubí a armatur musí být přehledné, účelné a se snadným a bezpečným přístupem. Podle potřeby se zřídí nad potrubím přechodová lávka. U všech armatur, s kterými se často manipuluje, nebo armatur nad DN 300 je doporučeno strojní ovládání. (3)

*Pro umožnění čištění vodojemů nad 1000 m<sup>3</sup> se doporučuje zajistit zdroj tlakové vody o přetlaku nejméně 0,4 MPa. (3)*

## 1.12 Základní hydraulické vztahy pro rozvodné sítě

Ve vodovodních sítích je tlakový průtok vody. Při navrhování a posuzování dimenze potrubí a vyšetřování tlakových poměrů v rozvodné síti se vychází z předpokladu ustáleného průtokového režimu. Při proudění kapaliny v potrubí vznikají tlakové ztráty, které mají původ jednak v tření kapaliny o stěny potrubí a jednak v místních odporech. (2)

### 1.12.1 Bernoulliho rovnice

*Bernoulliho rovnice je aplikací zákona zachování mechanické energie. Základní tvar platí jen pro ideální kapaliny, kde je průtok beze ztrát. Pro reálnou kapalinu se doplňuje o ztrátovou výšku. (13)*

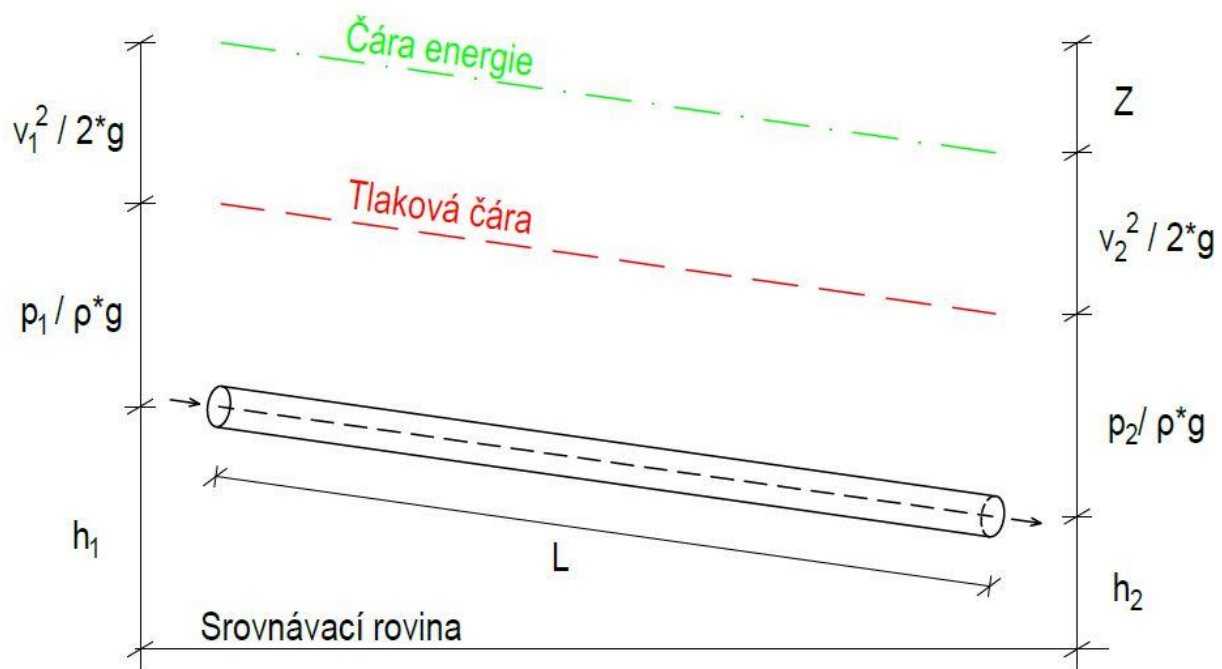
*Z Bernoulliho rovnice vyplývá, že tlak proudící kapaliny klesá s rostoucí rychlostí. Při velkém zúžení trubice, kde rychlost proudu kapaliny značně vzroste, může tlak v kapalině klesnout tak, že bude menší než tlak atmosférický – v zúženém místě trubice vzniká podtlak. (13)*

Upravená Bernoulliho rovnice se zohledněním ztrát v potrubí má tvar:

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho * g} + \frac{\alpha * v_1^2}{2 * g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho * g} + \frac{\alpha * v_2^2}{2 * g} + Z$$

kde

$h$	...výška potrubí od srovnávací hladiny
$\frac{p}{\rho * g}$	...tlaková výška (sklon tlakové čáry)
$\frac{\alpha * v^2}{2 * g}$	...rychlostní výška (sklon čáry energie)
$Z$	...ztráty ( $Z_t$ – ztráty třením; $Z_m$ – ztráty místní)



Obr. 19 – Průběh tlakové čáry a čáry energie při ustáleném proudění se zohledněním ztrát

## 1.12.2 Výpočet ztrát

### 1.12.2.1 Ztráty třením

Jejich důvodem je tření kapaliny o stěny potrubí. Velikost těchto ztrát závisí na použitém materiálu, délce a průměru potrubí a na průtočném množství. (2)

Jejich hodnota se stanoví z Darcyho – Weissbachovy rovnice (2):

$$z_t = \lambda * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

kde

$\lambda$	...součinitel tření
$L$	...délka potrubí
$D$	...vnitřní průměr potrubí
$v$	...průřezová rychlost
$g$	...tíhové zrychlení

Součinitel tření lze stanovit empirickými vzorci nebo pomocí Moodyho diagramu. Pro získání součinitele z Moodyho diagramu je třeba znát Reynoldsovo číslo a relativní drsnost potrubí.

### 1.12.2.2 Ztráty místní

Příčinou místních ztrát jsou místní odpory potrubí, mezi které patří např. lomy, zúžení nebo různé armatury.



Mají praktický význam pouze u tzv. hydraulicky krátkých potrubí, jako jsou sací potrubí čerpadel, násosky, shybky apod., kde platí:

$$\frac{l}{d} \leq 1000$$

Kde  $l$  je délka potrubí a  $d$  jeho světlost. U hydraulicky dlouhých potrubí možno místní ztráty zanedbat, protože jejich hodnota je ve srovnání se ztrátami třením nepodstatná. (2)

Místní ztráty se vypočítají ze vztahu (2):

$$z_m = \xi * \frac{v^2}{2g}$$

kde

- $\xi$  ...součinitel místní ztráty
- $v$  ...průměrná rychlost
- $g$  ...tíhové zrychlení

Součinitel místní ztráty závisí na druhu a rozměru odporu. Pro jednotlivé tvarovky a armatury dostaneme tabulkové hodnoty od výrobce.

### 1.12.3 Rovnice kontinuity (spojitosti)

Jedná se v podstatě o formulaci zákona zachování hmoty. Rovnice kontinuity je rovnice, která vyjadřuje vztah mezi rychlostí proudění  $v$  a obsahem průřezu  $S$  v jednom místě uzavřené trubice při ustáleném proudění ideální kapaliny. (14)

$$Q = S * v$$

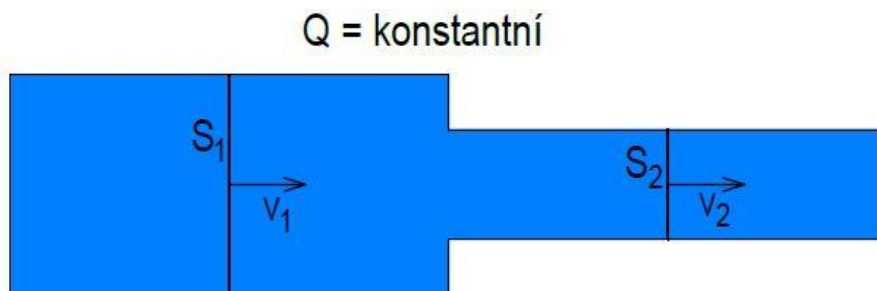
kde

- $Q$  ...objemový průtok
- $S$  ...plošný obsah průřezu
- $v$  ...průměrná rychlost proudění v průřezu

Z rovnice kontinuity dále plyne:

$$S_1 * v_1 = S_2 * v_2 \text{ (obr.20)}$$

Z těchto vztahů je patrné, že při změně průřezu potrubí zůstává konstantní průtok  $Q$ . Při zmenšení průměru potrubí se zvýší rychlost proudění, a naopak při zvětšení průměru se rychlost sníží.



Obr. 20 – Schéma rovnice kontinuity

## 2. Charakteristika zájmového území

### 2.1 Zbraslav

Zbraslav je městská čtvrť, katastrální území a nejnižnější část hlavního města Prahy. Rozkládá se převážně při levém břehu Vltavy, pod původním soutokem s Berounkou. Toto bývalé rameno Berounky bylo zachováno jako tůň pojmenovaná Krňák. Současný soutok Berounky s Vltavou byl posunut více k severu. Celková rozloha čtvrti činí 985 ha a celkem zde žije zhruba 9500 obyvatel. (15)

Zbraslav se skládá z několika historických vesnic a osad: Baně, Záběhlice, Žabovřesky, Závist, Strnady, původní stará Zbraslav v okolí zámku a dále se skládá z nových čtvrtí Sluneční město a zahradní čtvrť. Najít zde můžeme i „klasické“ sídliště, postavené v době totalitní éry. (15)



Obr. 21 – Základní mapa KÚ Zbraslav

### **2.1.1 Žabovřesky**

Tato historická část leží v samotném centru Zbraslavi. Na severu tohoto území je původní část se zástavbou jednogeneračních a dvougeneračních rodinných domů. Najdeme zde fotbalové hřiště, sportovní centrum třešňovka či Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy.

Na území mezi Horní Zbraslaví, Žabovřesky a Baněmi (na historickém katastru Žabovřesk) najdeme novou čtvrť bytových domů. Tato čtvrť je budována postupně od konce 90. let minulého století a má ambice stát se novým centrem Zbraslavi. (16)

### **2.1.2 Dolní Zbraslav**

Původní historické jádro této městské části je situováno v okolí Zámku Zbraslav, ležícího nad slepým ramenem Berounky Krňákem. Jižně od zámku se rozprostírá staré Zbraslavské náměstí, v jehož okolí jsou pro zástavbu charakteristické bytové domy. (16)

Dále na jih po ulici Elišky Přemyslovny je oblast Horní Zbraslav. I zde převládá především původní zástavba. Na rozdíl od okolí náměstí, je zde tvořena jak bytovými domy, tak domy rodinnými. Na konci ulice je potom Zbraslavské sídliště, pro které je charakteristická vícepodlažní zástavba.

### **2.1.3 Závist**

Závist je část Zbraslavi ležící na pravém břehu Vltavy. Území Závisti není nijak hustě osídleno. Zástavba rodinných domů se však rozrůstá a dá se očekávat, že v budoucnu bude hustota osídlení oblasti daleko vyšší. Se Zbraslaví je Závist spojena mostem Závodu míru.

### **2.1.4 Záběhlice**

Bývalá vesnice při levém břehu Vltavy je dnes součástí Zbraslavi. Zástavba zde ve východní části přechází z bytových a rodinných domů na panelovou zástavbu. Centrem Záběhlic vede ulice Žltavského. Západně od této ulice se rozprostírá nově zrekonstruovaný lesopark Belveder.

### **2.1.5 Baně**

Baně jsou nejvýše položená část Zbraslavi. Ulice procházející středem této části nese název Na Baních. Zástavba je zde opět jednopodlažního až dvoupodlažního charakteru. Převládají rodinné domky.

## **2.2 Koncept zásobování a rozvodu pitné vody v zájmové oblasti**

Zásobování celého katastrálního území Zbraslav je zajištěno pomocí vodojemů Havlín, Baně a čerpací stanice Závist.

Hlavní zdroj vody pro zásobování Zbraslavi je úpravna vody Želivka. Koncovou stavbou štolového přivaděče ze Želivky je vodojem Jesenice o celkovém objemu 200 000 m<sup>3</sup>. Z vodojemu vede dále potrubí DN 1200, z kterého je pod Vltavou shybka do shybkového objektu č. 16 – Lahovice. Ze shybkového objektu vede potrubí DN 600, které je dále rozděleno na DN 300 pro zásobování Havlína a DN 400 pro vodojem Baně. Mezi Havlínem a Baněmi je potrubí ještě odbočeno pro přívod vody do KÚ Lipence. Z vodojemu Havlín vede pod mostem

Závodu míru potrubí DN 150, které je za mostem rozděleno na dva vodovody DN 100. Jeden z těchto dvou řadů slouží jako zdroj vody pro Čerpací stanici Závist, zatímco druhý vede ke Zbraslavskému nádraží.

### 3. Charakteristika vodojemů a stanovení tlakových pásem

V kapitole 1.7.1.2 Tlaková funkce vodojemů je popsán učebnicový postup stanovení výškového rozdílu mezi vodojemem a spotřebišťem, který se stanoví na základě nejvyššího přípustného tlaku. V praktické části této práce bylo ke stanovení tlakových pásem zájmových vodojemů a čerpací stanice přistupováno spíše z praktické stránky.

Hodnoty přípustných tlaků, které jsou závazně dané normou byly již zmíněny. Pro stanovení tlakových pásem bylo zásadní znát vždy kótu maximální a minimální hladiny vody ve vodojemu či kótu maximálního čerpání ČS. Tím, že byly stanoveny 2 rozdílné hladiny, bylo zohledněno možné kolísání vody v nádrži. Abychom se drželi na straně bezpečnosti, tak od maximální hladiny byly stanoveny tlaková pásma maximálních tlaků a od minimální hladiny tlaková pásma minimálních tlaků. V Případě čerpací stanice a hodnot maximálního čerpání bylo postupováno obdobně. Od kóty hladiny byla vždy odečtena příslušná mezní hodnota tlaku v m v. s. Například pokud by byla minimální kóta hladiny v nádrži na úrovni 450 m n. m., tak by byl minimální tlak pro zástavbu do dvou podlaží dosažen ve výšce 435 m n. m. tzn. 450–435 m n. m. by bylo pásmo s rozmezím tlaku 0-0,15 MPa.

Tlakové ztráty, které jsou v učebnicovém příkladu zohledněny hodnotou 5 m v. s. byly při stanovení tlakových pásem v této práci zanedbány. Jejich hodnota se načítá s délkou potrubí a její stanovení by se muselo pojmout komplexněji. Pokud bychom automaticky odečetli 5 m v. s., posunuli bychom tak hranice všech pásem taky o 5 výškových metrů. V případě maximálních tlaků jsme zanedbáním ztrát na straně bezpečnosti. Tvrdíme, že hranice např. 0,6 MPa leží v nadmořské výšce, ve které je skutečný tlak třeba o 0,02 MPa menší (hodnota rozdílu závisí na velikosti ztrát). U minimálních tlaků je tomu naopak. Tvrdíme, že je podmínka minimálního tlaku splněna ve výšce, ve které je skutečný tlak o něco nižší. Hodnota ztrát je v místě minimálních tlaků malá, protože je toto území blízko vodojemu a voda neurazí v potrubí velkou vzdálenost. Spíše než posunout hranici minimálního tlaku a tvrdit, že podmínka není splněna v oblasti, ve které splněna být může, se jeví jako lepší řešení provést přímé měření tlaků na síti v místech, ležících na hraně minimálních tlakových pásem a s výstavbou přípojek a armatur postupovat na základě získaných poznatků.

Získání dat pro stanovení přesných tlakových ztrát a upřesnění tlakových pásem by bylo možné pomocí matematických modelů. Dalším způsobem by bylo provést dostatečné množství měření v zájmové oblasti a na základě místních podmínek pak odhadnout hodnotu ztrát pro jednotlivá území. Nejpřesnějších výsledků by se dosáhlo kombinací více metod. Problém tlakových ztrát a jejich přesné hodnoty by vydal na samostatnou práci. V dalších částech této práce je, jak už bylo řečeno, problém tlakových ztrát zanedbán.

Hranice tlakových pásem byla zaokrouhlena na celá čísla z důvodu vyznačení tlakových pásem na základě vrstevnic, které jsou vykreslovány po 1 metru. Abychom se drželi na straně bezpečnosti, byla hranice minimálních tlaků zaokrouhlena směrem dolů a hranice pro maximální tlaky nahoru.

Součástí příloh jsou přehledné situace tlakových pásem pro jednotlivé zájmové vodojemy a také podélné profily, které vyobrazují charakter reliéfu a taktéž obsahují tlaková pásma vybraných vodojemů. Součástí je i schéma znázorňující umístění podélných profilů s vrstevnicovým podkladem.

### 3.1 Vodojem Havlín

Vodojem Havlín je zemní vodojem ležící na vrcholu stejnojmenného návrší vedle třešňového sadu, který se rozprostírá jižně od místního kostela. V roce 2012 prošel rekonstrukcí a v současné době je složen z 2 komor o objemu 500 m<sup>3</sup>. Celkový objem vodojemu je tedy 1000 m<sup>3</sup>. Kóta minimální hladiny vody v nádrži je 256 m n. m. a kóta maximální hladiny 259,6 m n. m. Pomocí vodojemu Havlín je zásobováno území Dolní Zbraslavi a území Záběhlic.

Hranice jednotlivých tlakových pásem byly stanoveny takto:

- 0,15 MPa – 241 m n.m.
- 0,25 MPa – 231 m n.m.
- 0,60 MPa – 200 m n. m.
- 0,70 MPa – 190 m n. m.

Přehledná situace tlakových pásem vodojemu Havlín je vyobrazena v příloze 1.



Obr. 22 – Zemní vodojem Havlín

### 3.2 Vodojem Baně

Vodojem Baně leží v oblasti nesoucí stejný název a spadající do území Zbraslavi. Je situován vedle hlavní silnice v ulici Nad Kamínkou. Skládá se ze 3 kruhových komor, z nichž každá má objem 400 m<sup>3</sup>. Celkový objem vodojemu je tedy 1200 m<sup>3</sup>. Kóta minimální hladiny

vody v nádrži je 284,65 m n. m. a kóta maximální hladiny 289,15 m n. m. Vodojem Baně gravitačně zásobuje území Žabovřesky.

Hranice jednotlivých tlakových pásem byly stanoveny takto:

- 0,15 MPa – 269 m n. m.
- 0,25 MPa – 259 m n. m.
- 0,60 MPa – 229 m n. m.
- 0,70 MPa – 219 m n. m.

Přehledná situace tlakových pásem pro vodojem Baně je zobrazena v příloze 2.



Obr. 23 – Zemní vodojem Baně

### 3.2.1 Baně nízkotlak

V roce 2007 byla po rekonstrukci do vodojemu Baně instalována čerpací stanice. Hodnoty maximálního možného čerpání pomocí nízkotlaku z vodojemu Baně jsou 299,6 m n. m. a 302,6 m n. m. Pomocí nízkotlakové čerpací stanice je možné z vodojemu Baně zásobovat novou zástavbu bytových domů u lesoparku Borovičky.

Hranice jednotlivých tlakových pásem byly stanoveny takto:

- 0,15 MPa – 284 m n. m.
- 0,25 MPa – 274 m n. m.
- 0,60 MPa – 243 m n. m.
- 0,70 MPa – 233 m n. m.

Přehledná situace stanovených tlakových pásem je zobrazena v příloze 3.

### 3.2.2 Baně vysokotlak

Vysokotlaká čerpací stanice vodojemu Baně má hodnoty maximálního možného čerpání 336,6 m n. m. a 341,6 m n. m. Pomocí vysokotlaku lze z vodojemu zásobovat celou oblast Baně.

Hranice jednotlivých tlakových pásem byly stanoveny takto:

- 0,15 MPa – 321 m n. m.
- 0,25 MPa – 311 m n. m.
- 0,60 MPa – 282 m n. m.
- 0,70 MPa – 272 m n. m.

Přehledná situace tlakových pásem pro Baně vysokotlak je zobrazena v příloze 4.

### 3.3 Čerpací stanice Závist

Většina území Závisti leží v příliš vysoké nadmořské výšce vůči vodojemu Havlín. Z tohoto důvodu jsou v této oblasti nedostatečné tlaky a není možné Závist zásobovat gravitačně z Havlína. Byla proto vystavěna čerpací stanice Závist, která má hodnoty maximálního čerpání 267 m n. m. a 275 m n. m.

Hranice jednotlivých tlakových pásem byly stanoveny takto:

- 0,15 MPa – 252 m n. m.
- 0,25 MPa – 242 m n. m.
- 0,60 MPa – 215 m n. m.
- 0,70 MPa – 205 m n. m.

Přehledná situace tlakových pásem pro ČS Závist je zobrazena v příloze 5.



Obr. 24 – Budova ČS Závist

## 4. Optimalizace tlakových pásem vybraných lokalit zájmového území

V rámci optimalizace tlakových pásem jsem vybral několik lokalit v zájmovém území, zásobovaných z jednotlivých vodojemů. V případě nesplnění podmínky minimálních či maximálních tlaků bylo navrženo možné řešení.

Ve všech příložených schématech jsou tlaková pásma barevně odlišena následovně:

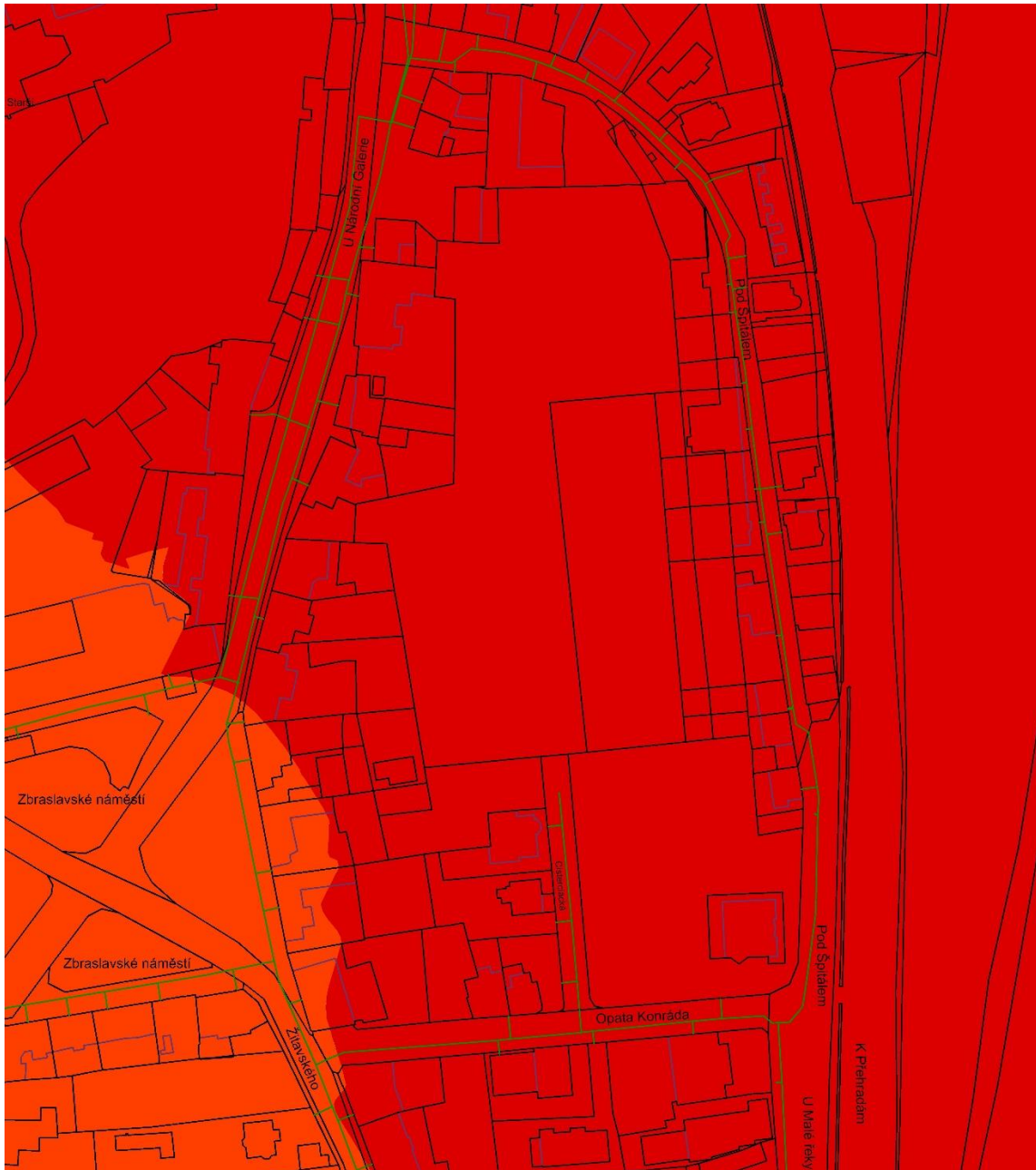
- 0 – 0,15 MPa: zeleně
- 0,15 – 0,25 MPa: žlutě
- 0,25 – 0,60 MPa: oranžově
- 0,60 – 0,70 MPa: červeně

### 4.1 Lokalita 1 (Okolí Zbraslavského náměstí)

První vybranou lokalitou je území západně od Zbraslavského náměstí, které spadá do tlakového pásma 0,6 – 0,7 MPa pro zásobování z vodojemu Havlín (Obr. 25). V místě převládá původní historická zástavba.

V severní části Zbraslavského náměstí vede vodovodní řad, pokračující levou stranou ulice U Národní Galerie. Na začátku této ulice leží hranice tlakového pásma do 0,6 MPa. Na křižovatce se rozděluje na potrubí vedoucí na jih ulicí Pod Špitálem a na potrubí zásobující nedaleký hotel severně od křižovatky. V místě, kde ulice Pod Špitálem přechází na ulici U Malé řeky je potrubí odbočeno do Opata Konráda. Zhruba v polovině této ulice je odbočeno slepé rameno zásobující ulici Cisterciácká. Na konci Opata Konráda vede potrubí ulicí Žitavského na sever zpět na Zbraslavské náměstí a odtud pravou stranou ulice U Národní Galerie. Na tento řad jsou instalovány všechny domovní přípojky v této ulici. Dále pokračuje na sever pod k Lipanskému potoku.





Obr. 25 – Oblast kolem Zbraslavského náměstí zásobená gravitačně z Havlína

#### 4.1.1 Navržená optimalizace

Jako první navrhuji instalaci šoupátka na střetu ulic Opata Konráda a Žitavského. Tímto opatřením uzavřeme okruhovou síť a utvoříme z ulice Opata Konráda slepé rameno. Na začátek ulice navrhuji umístit redukční ventil, pomocí kterého jsme schopni redukovat tlak v rameni pod hranici maximálního tlaku 0,6 MPa.

Oblast Zbraslavského náměstí není potřeba nijak optimalizovat, jelikož leží v oblasti přípustného tlaku. Před první domovní přípojkou v ulici U Národní galerie navrhuji umístění redukčního ventilu na vodovodní řad na pravé straně, z důvodu nebezpečí vysokého tlaku u domovních přípojek.

Jako poslední úpravu v této oblasti navrhuji uzavřít šoupátkem vodovodní řad vedoucí ulicí Pod Špitálem na střetu s ulicí U Národní galerie. Tímto opatřením opět utvoříme z potrubí

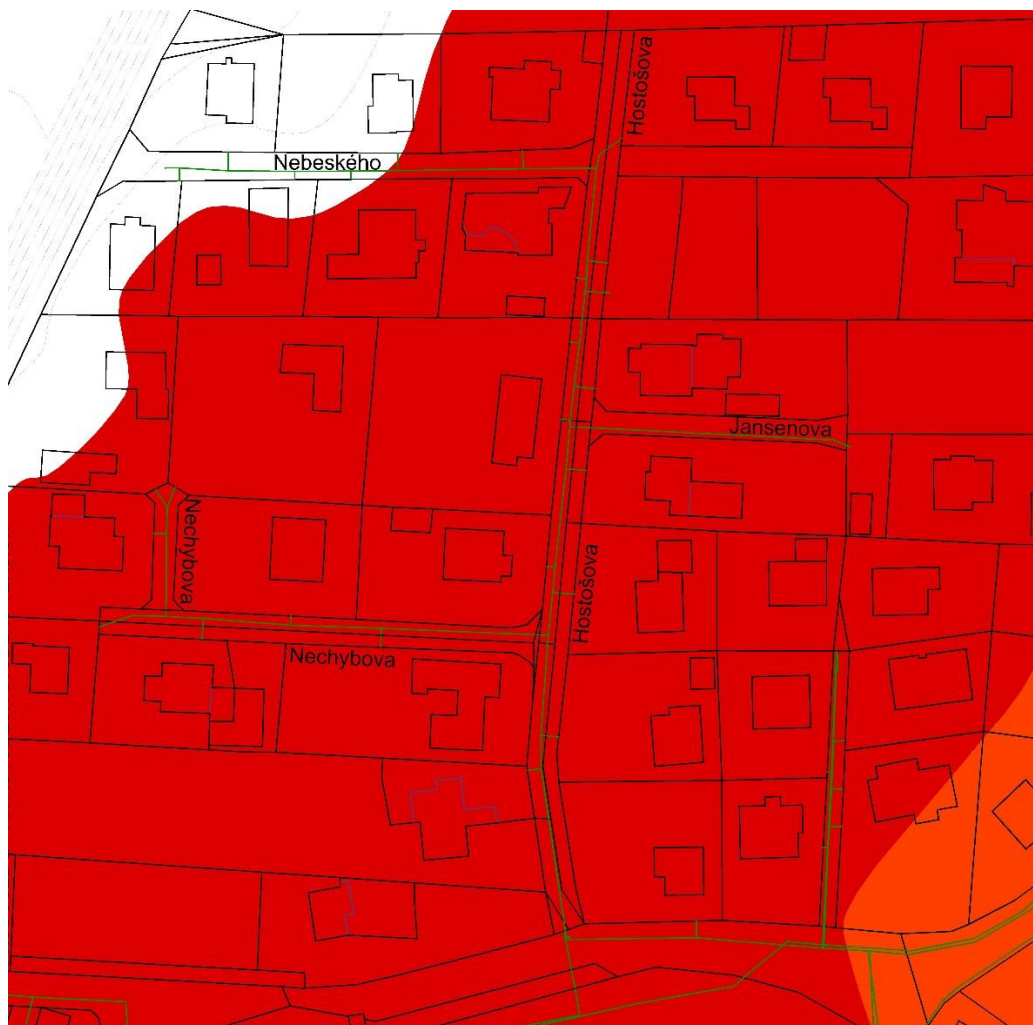
v této ulici slepé rameno a umístěním redukčního ventilu na jeho začátku zredukujeme tlak na hodnotu do 0,6 MPa.

Na odbočeném vodovodu, který zásobuje nedaleký hotel, by bylo vhodné instalovat sestavu redukující tlak přímo před objektem. Jelikož se jedná o hotelové zařízení, může být v tomto případě vyšší tlak žádoucí. V této lokalitě se stále jedná o tlakové pásmo do 0,7 MPa, které může být v odůvodněných případech pro zásobování povoleno.

Obě slepá ramena byla navržena tak, aby jejich koncový bod byl v nižší nebo stejné nadmořské výšce jako jejich počáteční bod. V případě havárie a náhlého poklesu tlaků by se mohla voda z konce ramene vracet zpět a vzniklo by riziko jejího odběru některou z domovních přípojek. Vzhledem k faktu, že nelze garantovat její kvalitu a zdravotní nezávadnost, se tomu snažíme předejít.

## 4.2 Lokalita 2 (Severozápad Žabovřesk)

Ulicí Žabovřeská vede vodovodní řad, který na střetnutí s ulicí K Peluňku odbočuje na sever a jeho slepé rameno slouží k zásobování ulic Hostošova, Nechybova, Jansenova a Nebeského (obr. 26). Při gravitačním zásobení z vodojemu Baně leží celý tento severovýchodní roh Žabovřesk v tlakovém pásmu 0,6 – 0,7 MPa. Okraj ulice Nebeského leží dokonce za hranicí 0,7 Mpa.



Obr. 26 – Severozápadní roh Žabovřesk zásobený gravitačně z Baní

### 4.2.1 Navržená optimalizace

Jedná se o poměrně malé území, které je ve velké vzdálenosti od zásobovacího vodojemu Baně. S přihlédnutím k této skutečnosti a ke způsobu stanovení tlakových pásem je možné, že skutečný tlak v oblasti bude splňovat hranici 0,6 MPa. To by mohlo být způsobeno především tlakovými ztrátami na cestě od vodojemu. Pokud tlak v rameni splňuje tuto podmínku by bylo možné zjistit pomocí tlakových zkoušek. Na základě výsledků měření by se rozhodlo, zda je nutná optimalizace či nikoliv.

Pokud by podmínka maximálního tlaku splněna nebyla, navrhoval bych osazení redukčního ventilu za odbočkou z hlavního řádu a zregulováním tlaku v takové výši, aby do optimálního pásma spadala i ulice Nebeského.

### 4.3 Lokalita 3 (Nové bytové domy u lesoparku Borovičky)

Tato lokalita, ležící u hlavní ulice Na Baních je zásobována pomocí nízkotlaké čerpací stanice z vodojemu Baně. Zástavbu zde tvoří nové vícepodlažní bytové domy. Jejich stavba stále pokračuje, a tak se dá do budoucna očekávat růst této lokality.

Celá oblast leží v ideálním tlakovém pásmu pro zásobování nízkotlakem z Baní. Z tohoto důvodu není potřeba navrhovat žádné optimalizační úpravy. Pokud by se zástavba rozrůstala směrem na jih a „pohltila“ zdejší zahrádkářskou kolonii, bylo by nutné řešit optimalizaci zásobování z důvodu nedostatečných tlaků. Jako řešení takového problému bych navrhoval u objektů zřídít čerpání.

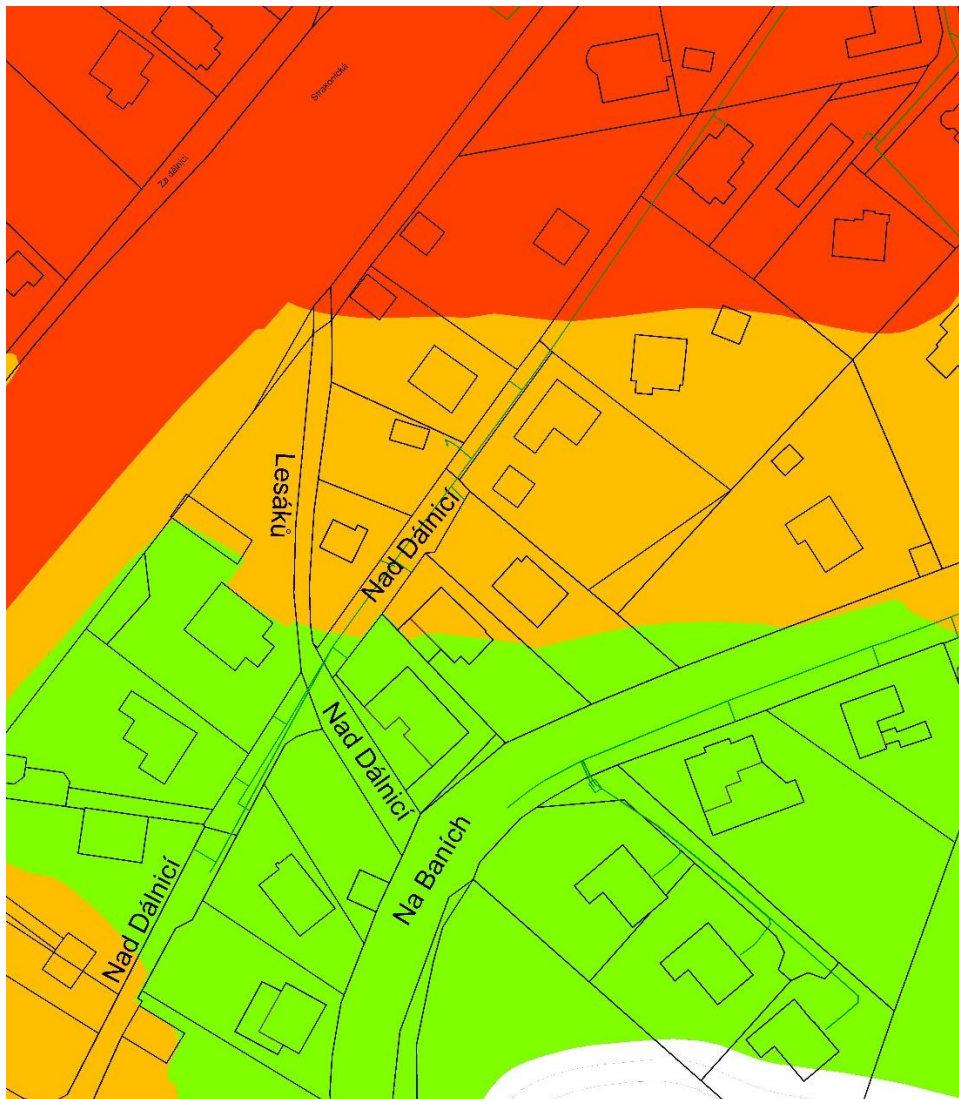


Obr. 27 – Areál nových bytových domů ležící v ideálním tlakovém pásmu pro zásobování

## 4.4 Lokalita 4 (Baně ulice Nad Dálnicí)

Vodovodní řad zásobující tuto oblast vede z odbočení v ulici Lesáků. V ulici Nad Dálnicí je instalovány vícero vodovodních přípojek. V první půlce ulice spadá potrubí do tlakového pásma 0,15 – 0,25 MPa, které je hranicí minimálního tlaku do dvou nadzemních podlaží. Dále přechází do pásma do 0,15 MPa, které minimální tlak nesplňuje.

V jižní části je z ulice Na Baních napojeno 6 objektů na vodovod, který vede z ulice K Vejvodě. Domovní přípojky těchto objektů nesplňují podmínku minimálního tlaku.



Obr. 28 – Ulice Nad Dálnicí a Na Baních

### 4.4.1 Navržená optimalizace

V části ulice Nad Dálnicí, kde je splněn minimální tlak pro zástavbu do dvou podlaží, optimalizace není nutná. Jsou zde pouze rodinné domy a takových přípojek by měl být tlak 0,15 – 0,25 MPa dostačující. Vzhledem ke způsobu stanovení tlakových pásem zde skutečný tlak může být o něco menší. Proto navrhuji provést na řadu tlakové měření a případně u domovních přípojek, u kterých bude tlak nedostatečný zřídit čerpadlo. V druhé části, kde se tlak pohybuje v rozmezí 0 – 0,15 MPa navrhuji u domovních přípojek zřídit také čerpadla. Pokud by nebylo

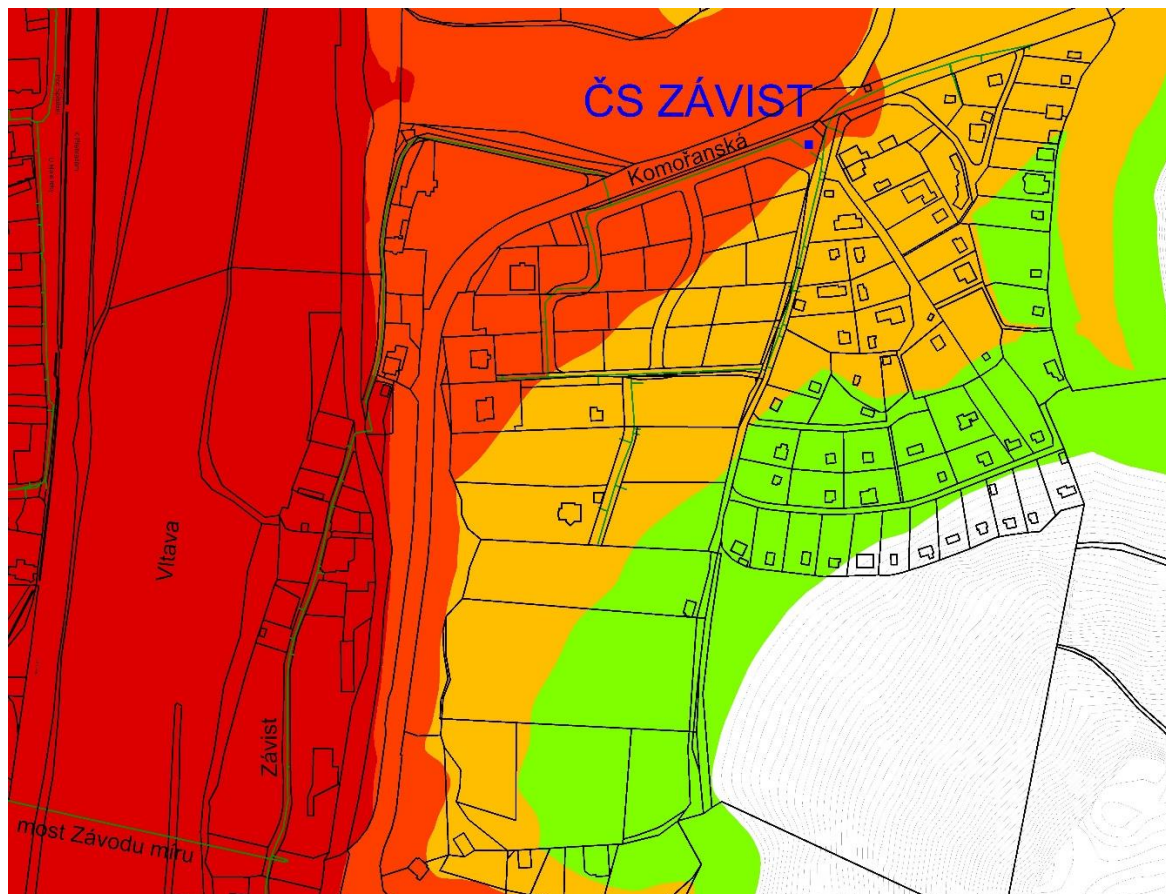
realizováno dočerpávání, mohlo by dojít k situaci, kdy by tlak klesnul na tolik, že by nebylo možné odebírání vody z řadu.

Oblast zásobována vodovodním řadem vedoucím ulicí Na Baních také nesplňuje hranici minimálního tlaku. U domovních přípojek taktéž navrhuji zřízení čerpání.

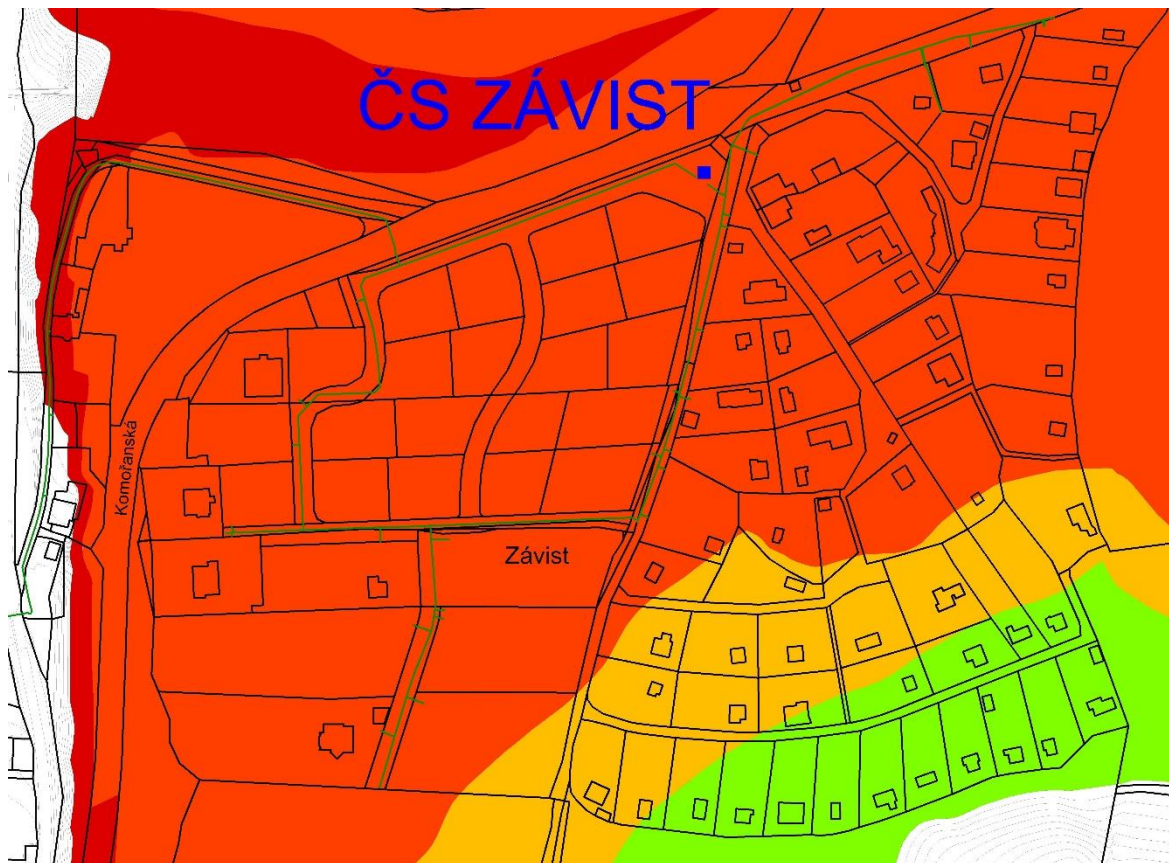
Místní zástavba má rostoucí tendenci a je dost dobře možné, že v budoucích letech se bude dále rozrůstat směrem na jih. Všechny další vzniklé objekty by svojí polohou byly pod hranicí minimálního tlaku. Nabízí se tedy řešení v podobě realizace vhodně umístěné čerpací stanice, která by vyřešila problém s nízkými tlaky v celé oblasti.

## 4.5 Lokalita 5 (Závist)

Jak už bylo řečeno, do Závisti je voda dopravována z Havlína vodovodním řadem vedoucím pod Mostem Závodu míru. Odtud vede ulicí Závist na sever, kde se poté stáčí na východ kde stojí na ulici Komořanská objekt Čerpací stanice. Vodovod je rozdělen do několika potrubí zásobujících různé části závisti. Na levé straně je oblast stavebních parcel, kde se dá do budoucna počítat s výstavbou. Vodovodní síť je v tomto místě zokruhovaná. Zbytek Závisti je zásobován pomocí slepých ramen. Na jihu leží území, která zatím není napojeno na veřejný vodovod. Vzhledem k růstu této lokality se dá předpokládat, že bude oblast v nejbližších letech napojena.



Obr. 29 – Tlakové poměry v Závisti při gravitačním zásobení z Havlína



Obr. 30 – Tlaková pásma po použití čerpací stanice Závist

#### 4.5.1 Navržená optimalizace

Jak je patrné z obr. 30 celý vodovodní řad zásobující Závist spadá do ideálního tlakového pásma pro zásobování z ČS. Oblast stavebních parcel při zásobování z Havlína přechází ve svém jihovýchodním rohu do pásma 0,15 – 0,25 MPa. Vzhledem k předpokladu výstavby rodinných domů by tento tlak měl být dostačující. Pokud by tomu tak z nějakého důvodu nebylo, lze sem vodu dopravit i z čerpací stanice. Dle mého názoru není nutné navrhovat zde nějaké optimalizace. Pokud bude pokračovat výstavba směrem na jih a realizuje se její připojení na veřejný vodovod, bude nutná výstavba další čerpací stanice z důvodu nedostatečných tlaků.

Na obr. 29 lze vidět, že ulice Závist, kterou je voda dopravována z Havlína, leží v pásmu nad 0,6 MPa. V této ulici je instalováno několik domovních přípojek, na kterých by mohl být nepřijatelný tlak. Umístění redukčního ventilu na začátek ulice by způsobilo snížení tlaku v dalších oblastech zásobovaných Havlínem, v kterých je tlak na ideální úrovni. Navrhuji proto instalaci redukčních ventilů a snížení tlaku přímo na domovních přípojkách.

#### 4.6 Lokalita 6 (Záběhlice)

Jižně od mostu Závodu míru vede vodovodní potrubí ulicí Žitavského. Celá ulice se nachází v tlakovém pásmu 0,6 – 0,7 MPa. Vzhledem k množství přípojek a umístění ulice na hranici pásma by skutečný tlak v potrubí měl odpovídat spíše hranici 0,6 MPa. Z potrubí vedoucího ulicí Žitavského jsou odbočeny řady zásobující ulice Šůrova, K Belvederu, Boženy Hofmeisterové a Ke Dračkám. Ulice Ottova je zásobována potrubím vedoucím ze západu a následně Šůrovo ulicí.



Obr. 31 – Oblast Záběhlic v nevyhovujícím tlakovém pásmu

#### 4.6.1 Navržená optimalizace

V případě potřeby redukování tlaku v celém rozsahu ulice Žitavského navrhuji, aby byla uzavřena šoupětem západní přípojka z ulice U Klubovny a umístěn redukční ventil pod odbočkou na most Závodu míru. Tímto krokem zároveň vyřešíme i vysoké tlaky ve všech bočních ulicích zásobovaných z odboček tohoto řádu. Je nutné prošetřit, zda nesnížíme tlak pod úroveň 0,25 MPa ve slepém rameni odbočeném z ulice Boženy Hofmeisterové směrem na jih. Dále navrhuji umístění redukčního ventilu na potrubí zásobující ulici Ottova, a to v místě odbočení do Štirovi ulice. Pokud by nebylo nutné snižovat tlak v celém rozsahu hlavní ulice, navrhol bych umístění redukčních ventilů vždy za odbočkou do jednotlivých slepých ramen.

## Závěr

Hlavním tématem bakalářské práce byla optimalizace tlakových pásem ve vybrané lokalitě. Vzhledem k rozsahu práce a nutnosti sestavení mapových podkladů znázorňujících jednotlivá tlaková pásma, byly pro optimalizaci vybrány jen určité lokality v zájmové oblasti. Práce slouží jako uvedení do dané problematiky. Komplexní řešení optimalizace pro celou oblast by sahalo nad rámec bakalářské práce.

Součástí příloh jsou mapové podklady znázorňující tlakové poměry v území. Všechny tyto podklady jsem vypracoval v programu autoCAD 2019. Vrstevnicové podklady mi poskytl Ing. Libor Zapletal z vlastních archivů. Výkresy jsou podloženy katastrální mapou, která byla vygenerována pomocí přídatku do programu autoCAD s názvem BIMTech Tools. Autory rozšíření jsou Ing. Arch. Rostislav Mareš, Ing. Martin Hluší a Ing. Pavel Neškudla. Výkresy vodovodních sítí pochází z otevřených dat institutu pro plánování a rozvoj hlavního města Prahy (ippraha.cz).

Řešení, jak navrhnout vhodnou optimalizaci se dá najít nespočet. Hlavním cílem při výběru vlastního návrhu bylo najít co nejjednodušší a zároveň efektivní řešení.

Veškeré vypracované mapové podklady pojednávající o tlakových poměrech v oblasti KÚ Zbraslav mohou být využity v navazující diplomové práci na toto téma, kterou bych rád vypracoval. Rozsah diplomové práce by umožnil pojmout optimalizaci tlakových pásem komplexně pro celou oblast.



## Literatura

1. **Grünwald, Alexander, Macek, Lubomír a Šrytr, Petr.** *Vodárenství*. Praha : Český svaz stavebních inženýrů, 1998. str. 192. 80-238-9946-5.
2. **Novák, Josef a kol.** *Průručka provozovatele vodovodní sítě*. Líbeznice u Prahy : Medim, 2003. str. 151. 80-238-9946-5.
3. **Tesařík, Igor.** *Vodárenství*. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1987. str. 440. L17-C3-IV31/78334.
4. **Kučera, Tomáš a Kadula, Dušan.** Stanovení potřeby vody v případě malých spotřebišť. *tzb-info.cz*. [Online] 2. Leden 2012. [Citace: 25. Duben 2020.] <https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/8156-stanoveni-potreby-vody-v-pripade-malych-spotrebist>.
5. **Ministerstvo životního prostředí.** Ochranná pásma vodních zdrojů. *mzp.cz*. [Online] [Citace: 13. 5 2020.] [https://www.mzp.cz/cz/ochranna\\_pasma\\_vodnich\\_zdroju](https://www.mzp.cz/cz/ochranna_pasma_vodnich_zdroju).
6. **GEROtop.** Základní informace o studnách. *gerotop.cz*. [Online] [Citace: 10. 5 2020.] <https://www.gerotop.cz/o-studnach>.
7. **AION, s.r.o.** Vyhláška č. 252/2004 Sb. *zakonyprolidi.cz*. [Online] [Citace: 15. 5 2020.] <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-252>.
8. **Technor.** Anotace ČSN 75 5201. *technor.cz*. [Online] [Citace: 12. 5 2020.] [http://www.technicke-normy-csn.cz/755201-csn-75-5201\\_4\\_85515.html](http://www.technicke-normy-csn.cz/755201-csn-75-5201_4_85515.html).
9. **AION s.r.o.** Vyhláška č. 428/2001 Sb. *zakonyprolidi.cz*. [Online] [Citace: 15. 5 2020.] <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-428#cast7>.
10. **Pipelife Czech s.r.o.** Tlakové potrubí z PVC. *pipelife.cz*. [Online] [Citace: 10. 5 2020.] [https://www.pipelife.cz/media/cz/pdf\\_downloads/2018\\_TLAKOVE-POTRUBI-PVC.pdf](https://www.pipelife.cz/media/cz/pdf_downloads/2018_TLAKOVE-POTRUBI-PVC.pdf).
11. **vonRoll hydro s.r.o.** Systémy potrubí z tvárné litiny pro pitnou vodu. *duktus.cz*. [Online] [Citace: 8. 5 2020.] [http://www.duktus.cz/katalog\\_voda/Duktus\\_Katalog\\_PitnaVoda.pdf](http://www.duktus.cz/katalog_voda/Duktus_Katalog_PitnaVoda.pdf).
12. **Honeywell.** Redukční ventil. *sofim.cz*. [Online] [Citace: 12. 5 2020.] <http://www.sofim.cz/download/eshop/imported/D06F.pdf>.
13. **Králová, Magda.** Bernoulliho rovnice. *edu.techmania.cz*. [Online] [Citace: 11. 5 2020.] <https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/tekutiny/bernoulliho-rovnice>.
14. **MediaWiki.** Rovnice kontinuity. *wikiskripta.eu*. [Online] [Citace: 13. 5 2020.] [https://www.wikiskripta.eu/w/Rovnice\\_kontinuity](https://www.wikiskripta.eu/w/Rovnice_kontinuity).
15. **Občanské sdružení Zbraslav.info.** O Zbraslavi. *zbraslav.info.cz*. [Online] [Citace: 20. 5 2020.] <http://zbraslav.info/uvodni-stranka>.
16. **Místopis.** Zbraslav. *mistopis.eu*. [Online] Únor 2009. [Citace: 20. 5 2020.] <http://www.mistopis.eu/mistopiscr/praha/praha16/zbraslav/zbraslav.htm>.

## Obrázky

Obr. 1: Autor schématu Jan Končel

Obr. 2: Autor schématu Jan Končel

Obr. 3: Autor schématu Jan Končel

Obr. 4: Autor schématu Jan Končel

Obr. 5: **Novák, Josef a kol.** *Příručka provozovatele vodovodní sítě*. Líbeznice u Prahy : Medim, 2003. str. 151. 80-238-9946-5.

Obr. 6: **Novák, Josef a kol.** *Příručka provozovatele vodovodní sítě*. Líbeznice u Prahy : Medim, 2003. str. 151. 80-238-9946-5.

Obr. 7: **Kučera, Tomáš a Kadula, Dušan.** Stanovení potřeby vody v případě malých spotřebišť. *tzb-info.cz*. [Online] 2. Leden 2012. [Citace: 25. Duben 2020.] <https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/8156-stanoveni-potreby-vody-v-pripade-malych-spotrebist>.

Obr. 8: **Novák, Josef a kol.** *Příručka provozovatele vodovodní sítě*. Líbeznice u Prahy : Medim, 2003. str. 151. 80-238-9946-5.

Obr. 9: **Novák, Josef a kol.** *Příručka provozovatele vodovodní sítě*. Líbeznice u Prahy : Medim, 2003. str. 151. 80-238-9946-5.

Obr. 10: **Kalina, J., Sloupová, K., Vérteši, M.,** Správným směrem [online]. Jiří Kalina, 2014 [cit. 2020-05-22] [http://spravnym.smerem.cz/index.php?stranka=obrazek.php&obr=Temata/Vodojemy\\_pri\\_ulici\\_tvrdeho/vodojemy\\_pri\\_ulici\\_tvrdeho\\_10.jpg](http://spravnym.smerem.cz/index.php?stranka=obrazek.php&obr=Temata/Vodojemy_pri_ulici_tvrdeho/vodojemy_pri_ulici_tvrdeho_10.jpg)

Obr. 11: **Šulc, Roman.** Vodojem (rozhledna). *cestyapamatky.cz*. [online]. [Citace: 15 Květen 2020] <https://www.cestyapamatky.cz/kolinsko/kolin/vodojem-rozhledna>

Obr. 12: Autor schématu Jan Končel

Obr. 13: Autor schématu Jan Končel

Obr. 14: **Pipelife Czech s.r.o.** Tlakové potrubí z PVC. *pipelife.cz*. [Online] [Citace: 10. 5 2020.] [https://www.pipelife.cz/media/cz/pdf\\_downloads/2018\\_TLAKOVE-POTRUBI-PVC.pdf](https://www.pipelife.cz/media/cz/pdf_downloads/2018_TLAKOVE-POTRUBI-PVC.pdf).

Obr. 15: **vonRoll hydro s.r.o.** Systémy potrubí z tvárné litiny pro pitnou vodu. *duktus.cz*. [Online] [Citace: 8. 5 2020.] [http://www.duktus.cz/katalog\\_voda/Duktus\\_Katalog\\_PitnaVoda.pdf](http://www.duktus.cz/katalog_voda/Duktus_Katalog_PitnaVoda.pdf).

Obr. 16: **Novák, Josef a kol.** *Příručka provozovatele vodovodní sítě*. Líbeznice u Prahy : Medim, 2003. str. 151. 80-238-9946-5.

Obr. 17: **Tesařík, Igor.** *Vodárenství*. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1987. str. 440. L17-C3-IV31/78334.

Obr. 18: **Novák, Josef a kol.** *Příručka provozovatele vodovodní sítě*. Líbeznice u Prahy : Medim, 2003. str. 151. 80-238-9946-5.

Obr. 19: Autor schématu Jan Končel

Obr. 20: Autor schématu Jan Končel

Obr. 21: **ČÚZK**. Výstřižek z mapy. Geoportal.cuzk.cz. [online] [Citace: 20. 5. 2020]  
<https://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/#ipsQueue>

Obr. 22: Autor fotografie Jan Končel

Obr. 23: Autor fotografie Jan Končel

Obr. 24: Autor fotografie Jan Končel

Obr. 25: Autor schématu Jan Končel

Obr. 26: Autor schématu Jan Končel

Obr. 27: Autor schématu Jan Končel

Obr. 28: Autor schématu Jan Končel

Obr. 29: Autor schématu Jan Končel

Obr. 30: Autor schématu Jan Končel

Obr. 31: Autor schématu Jan Končel

## **Tabulky**

Tab. 1: **Grünwald, Alexander, Macek, Lubomír a Šrytr, Petr.** *Vodárenství*. Praha : Český svaz stavebních inženýrů, 1998. str. 192. 80-238-9946-5.

## **Seznam příloh**

Příloha č. 1: Schéma tlakových pásem – Havlín gravitace; formát A3; Autor: Jan Končel

Příloha č. 2: Schéma tlakových pásem – Baně gravitace; formát A3; Autor: Jan Končel

Příloha č. 3: Schéma tlakových pásem – Baně nízkotlak; formát A3; Autor: Jan Končel

Příloha č. 4: Schéma tlakových pásem – Baně vysokotlak; formát A3; Autor: Jan Končel

Příloha č. 5: Schéma tlakových pásem – ČS Závist; formát A3; Autor: Jan Končel

Příloha č. 6: Schéma vykreslení podélných profilů; formát A3; Autor: Jan Končel

Příloha č. 7: Podélný profil Baně-Havlín – tlaková pásma: Havlín gravitace; formát A3;  
Autor: Jan Končel

Příloha č. 8: Podélný profil Baně-Havlín – tlaková pásma: Baně gravitace; formát A3; Autor:  
Jan Končel

Příloha č. 9: Podélný profil Baně-Havlín – tlaková pásma: Baně nízkotlak; formát A3; Autor:  
Jan Končel

Příloha č. 10: Podélný profil Havlín-ČS Závist – tlaková pásma: Havlín gravitace; formát A3;  
Autor: Jan Končel

Příloha č. 11: Podélný profil ČS Závist-Baně – tlaková pásma: Baně gravitace; formát A3;  
Autor: Jan Končel

Příloha č. 12: Podélný profil ČS Závist-Baně – tlaková pásma: Baně nízkotlak; formát A3;  
Autor: Jan Končel