

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra zdravotního a ekologického inženýrství



Studie zásobování pitnou vodou obce Mužetice

Study of drinking water supply in the village Mužetice

Bakalářská práce

Lukáš Freudl

Vedoucí práce: Ing. Filip Horký, Ph.D.

Praha

květen 2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Freudl</u>	Jméno: <u>Lukáš</u>	Osobní číslo: <u>484495</u>
Zadávací katedra: <u>Katedra zdravotního a ekologického inženýrství</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Vodní hospodářství a vodní stavby</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Studie zásobování pitnou vodou obce Mužetice

Název bakalářské práce anglicky: Study of drinking water supply in the village Mužetice

Pokyny pro vypracování:

Rešerše literatury k dané tématice. Analýza dané lokality. Příprava a zpracování podkladů. Vyhodnocení a posouzení stávajícího stavu zásobování obce pitnou vodou. Variantní řešení zásobování vodou. Posouzení a vyhodnocení výsledků. Závěry a doporučení.


Seznam doporučené literatury:

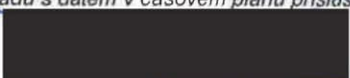
Grünwald A., a kol.: Vodárenství. ČKAIT, Praha, 1998, ISBN 80-902460-7-9,
Tesařík I. a kol.: Vodárenství. SNTL, Praha 1987
zákon č. 274/2001 Sb., vyhláška č. 482/2001 Sb., ČSN EN 805, ČSN 75 5401, ČSN 75 5355

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Filip Horký, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 15.02.2022

Termín odevzdání BP v IS KOS: 15.05.2022
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku



Podpis vedoucího práce


Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

16.02.2022
Datum převzetí zadání


Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že bakalářskou práci jsem zpracoval samostatně s použitím odborné literatury, podkladů poskytnutých od provozovatele ČEVAK a.s., informací od starosty města Sedlice a informací od správců technické infrastruktury uvedených v seznamu použité literatury.

V Praze 15. 05. 2022

.....

Lukáš Freudl

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Filipu Horkému, Ph.D., vedoucímu bakalářské práce, za odborné konzultace k návrhu technických řešení. Dále děkuji mé rodině, která mě po celou dobu studia velmi podporovala. Poděkovat bych chtěl také provozním technikům ze společnosti ČEVAK a. s. za informace z provozu vodovodních sítí a zapůjčení provozní dokumentace a také panu starostovi města Sedlice za poskytnutí podkladů.

Abstrakt

Bakalářská práce obsahuje část teoretickou a část praktickou. Teoretická část se věnuje literární rešerši z problematiky vodárenství, pojímá informace o historickém vývoji vodárenství a popisuje jeho jednotlivé prvky od zdroje až ke spotřebiteli. Závěr teoretické části je věnován matematickému modelování a základním výpočtům potřebným pro návrh vodovodních systémů. V praktické části je řešeno zásobování pitnou vodou obce Mužetice a související obce Holušice. Na začátku praktické části je věnována pozornost popisu stávajícího způsobu zásobování jednotlivých obcí. Dále se práce zabývá návrhem koncepce zásobování pitnou vodou a možných variantních řešení. Pro zvolenou variantu byly zpracovány hydrotechnické výpočty, návrh trasování a matematický model. Investiční náročnost jednotlivých variant byla stanovena orientačním propočtem.

Klíčová slova

vodárenství, potřeba vody, vodní zdroj, distribuce vody, akumulace, návrh, variantní řešení, pitná voda, vodárenská soustava, spotřebiště, kvalita vody

Abstract

This bachelor thesis contains a theoretical part and a practical part. The theoretical part deals with a literature research on water issues and also provides information about historical development of water management. Further it describes its individual elements from the source to the consumer. The conclusion of the theoretical part deals with mathematical modeling and basic calculations needed for the design of water supply systems. The practical part deals with the supply of drinking water for the village of Mužetice and other related village of Holušice. At the beginning of the practical part, current method of supplying individual municipalities are described. Furthermore, this thesis deals with the design of the concept of drinking watersupply and possible alternative solutions. Hydrotechnical calculations, tracing design and mathematical model were chosen and conducted for the selected variant. The investment intensity of individual variants was determined by an approximate calculation.

Keywords

watersupply, waterdemand, water source, waterdistribution, accumulation, design, variant solution, drinkingwater, watersupplysystem, consumer, waterquality

Obsah

1. ÚVOD.....	1
1.1 HISTORIE VODÁRENSTVÍ	1
1.1.1 <i>Ve světě</i>	1
1.1.2 <i>Vybraná města v Čechách</i>	2
2. CÍLE PRÁCE.....	3
3. VODÁRENSTVÍ.....	4
3.1 POTŘEBA VODY.....	4
3.1.1 <i>Domácnosti</i>	5
3.1.2 <i>Průmysl</i>	5
3.1.3 <i>Zemědělství</i>	5
3.1.4 <i>Ztráty</i>	5
3.1.5 <i>Požární voda</i>	6
3.2 VODNÍ ZDROJE	6
3.2.1 <i>Podzemní voda</i>	7
3.2.2 <i>Povrchová voda</i>	7
3.3 JÍMÁNÍ VODY	7
3.3.1 <i>Podzemní</i>	8
3.3.2 <i>Povrchové</i>	9
3.4 ÚPRAVA VODY	10
3.5 AKUMULACE VODY.....	11
3.5.1 <i>Vodojem</i>	12
3.6 DISTRIBUCE VODY	14
3.6.1 <i>Trubní materiály</i>	14
3.6.2 <i>Armatury</i>	16
3.6.3 <i>Vodovodní sítě</i>	18
3.6.4 <i>Čerpadla</i>	19
4. ZÁKLADNÍ POPIS MATEMATICKÉHO MODELOVÁNÍ.....	20
5. ZÁKLADNÍ VÝPOČTY VE VODÁRENSTVÍ.....	21
5.1 POTŘEBA VODY.....	21
5.2 NÁVRH VODOVODNÍ SÍTĚ	22
5.3 POTRUBÍ	23
5.4 VODOJEM.....	26
5.5 ČERPADLO	28
5.6 MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ	29
5.6.1 <i>EPANET</i>	29
5.6.2 <i>InfoWater</i>	30
6. OBEC MUŽETICE	31
6.1 POPIS OBCE	31
6.2 STÁVAJÍCÍ ZPŮSOB ZÁSOBOVÁNÍ PITNOU VODOU	32
6.3 VODNÍ ZDROJ	33
6.3.1 <i>Studna S1</i>	33
6.3.2 <i>Studna S2</i>	33
6.3.3 <i>Ochranná pásma</i>	33
6.3.4 <i>Vydatnost vodního zdroje</i>	34
6.4 JAKOST SUROVÉ VODY	35

6.5	ÚPRAVNA SUROVÉ VODY S ČERPACÍ STANICÍ.....	36
6.6	VODOJEM MUŽETICE	37
6.7	STÁVAJÍCÍ ROZVODNÁ VODOVODNÍ SÍŤ.....	38
7.	OBEC HOLUŠICE	39
7.1	POPIS OBCE	39
7.2	STÁVAJÍCÍ ZPŮSOB ZÁSOBOVÁNÍ.....	40
7.3	VODNÍ ZDROJ	41
7.4	PŘEDÁVACÍ VODOMĚRNÁ ŠACHTA	43
7.5	VODOJEM HOLUŠICE.....	44
7.6	STÁVAJÍCÍ ROZVODNÁ VODOVODNÍ SÍŤ.....	45
8.	NÁVRH KONCEPCE ZÁSOBOVÁNÍ PITNOU VODOU OBCE MUŽETICE.....	46
8.1	VARIANTNÍ ŘEŠENÍ ZÁSOBOVÁNÍ PITNOU VODOU	46
8.1.1	<i>Varianta č. 1</i>	46
8.1.2	<i>Varianta č. 2</i>	46
8.1.3	<i>Varianta č. 3</i>	46
8.1.4	<i>Varianta č. 4</i>	47
8.1.5	<i>Základní porovnání variant</i>	47
8.2	POSOUZENÍ TLAKOVÝCH POMĚRŮ VSJČ – VDJ HOLUŠICE.....	48
8.3	VÝPOČET POTŘEBY VODY HOLUŠICE – MUŽETICE.....	49
8.3.1	<i>Stav</i>	49
8.3.2	<i>Výhled</i>	50
8.4	POSOUZENÍ VELIKOSTI VDJ HOLUŠICE	50
8.4.1	<i>Stav</i>	51
8.4.2	<i>Výhled</i>	52
8.5	NÁVRH VODOVODNÍHO SYSTÉMU	53
8.5.1	<i>Výtlačný řad VSJČ – VDJ Holušice</i>	53
8.5.2	<i>AT stanice</i>	53
8.5.3	<i>Vodovodní síť</i>	54
9.	MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ	55
9.1	VÝSLEDKY MATEMATICKÉHO MODELOVÁNÍ.....	56
9.2	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MATEMATICKÉHO MODELOVÁNÍ.....	59
10.	PROPOČET NÁKLADŮ	59
10.1	VARIANTA Č. 1.....	59
10.2	VARIANTA Č. 2.....	60
10.3	VARIANTA Č. 3.....	60
10.4	VARIANTA Č. 4.....	61
10.5	PROVOZNÍ NÁKLADY.....	61
11.	ZÁVĚR	62
12.	SEZNAM ZKRATEK	64
13.	ZDROJE	65
14.	PŘÍLOHY.....	69

1. Úvod

S rozvojem lidstva a civilizace roste neustále potřeba vody. Dnes je voda vzácnější více než kdy dříve! Voda je jedna ze základních a nejdůležitějších potřeb pro člověka, bez nadsázky ji můžeme nazvat nejdůležitější potravinou. Každý živý organismus potřebuje pro život vodu. Voda je nedílnou součástí v jednotlivých odvětvích průmyslu a v zemědělství.

1.1 Historie vodárenství

Vodárenská zařízení jsou nejstaršími technickými zařízeními. Vodárenské prvky jsou spojeny s vyspělými starověkými městy. Vodárenskými prvky byla vybavena města i v pozdějších dobách. Ke zmodernizování vodovodů došlo v době průmyslové revoluce. Díky využití tehdejších vynálezů mohly být vytvářeny vodovody soudobého typu [1].

1.1.1 Ve světě

Přístup k dostatečnému množství vody byl důležitý už od počátku civilizace. První historicky uznávaná civilizace se usídlila v Mezopotámii kolem roku 3100 př. n. l. díky opakujícím se záplavám u řek Eufrat a Tigris byla půda obohacována živinami a velmi úrodná. Každá civilizace osidlovala území podél vodních toků, kde byl dostatek vody. Lidé už v těchto dobách kopali studny, aby si usnadnili přístup k vodě [2].

Kolem roku 1700 př. n. l. byl zpracován první historicky doložený vodohospodářský plán, který nechal zpracovat syn babylonského krále Chammurabiho. V plánu byly navrženy zavlažovací kanály, vodovody, regulace řeky Eufrat a další vodohospodářská díla. Plánovaná díla byla postavena během 16 let [3].

Kanáty považujeme za první navržený distribuční systém ve starověké Persii kolem roku 700 př. n. l. Kanáty jsou umělé podzemní kanály, jimiž se přivádí voda gravitačně z kopců do okolních městeček.

Římané stavěli akvadukty v období 312 př. n. l. až 455 n. l. Akvadukty využívají gravitaci k dopravě vody ze vzdálených zdrojů do měst. Nejstarším akvaduktem je Aqua Appia postaveným v roce 312 př. n. l. Nejdelším akvaduktem je Aqua Marcia, který přiváděl vodu do Říma. Voda byla dopravována do fontán a lázní. Vodu ve svých domovech mělo jen několik vysoce postavených.

Úžasným příkladem raného vodního inženýrství jsou tzv. “Stairway of Fountains“, která byly postaveny roku 1450 ve městě Machu Picchu. Fontány zásobovaly pramenitou vodou celé město.

Ve Philadelphii použili jako první na světě litinové potrubí pro výstavbu vodovodu v roce 1804.

Teprve v 19. Století se lidé začali zabývat bližší sanitací vody. Do té doby neměli znalosti o mikrobech, a proto je zajímavé pouze viditelný zákal [2].

1.1.2 Vybraná města v Čechách

1.1.2.1 Praha

První veřejný gravitační vodovod byl v Praze vybudován v polovině 14. století [4]. Pražská města byla zásobována gravitačně pomocí systému vodárenských věží až do poloviny 19. století. Pomocí pěti vodáren bylo zajišťováno čerpání vody a rozvod. Na pravém břehu Vltavy se nacházela Staroměstská, Šítkovská, Novomlýnská a Žofínská vodárna, na levém břehu Vltavy Malostranská. Pomocí soukromých a veřejných kašen a studní byla distribuována nefiltrovaná voda z Vltavy. S rozvojem města přestaly stávající vodárny dostačovat, proto docházelo k budování malých lokálních vodáren. Vyřešení problému se zásobením vodou v Praze se povedlo částečně před první světovou válkou, úplně v druhé polovině 20. Století. Nová moderní káranská vodárna byla spuštěna roku 1914. Obyvatelé města začali využívat skutečně pitnou vodu, čerpanou z podzemí. Želivka, třetí pražská vodárna, která je dnes hlavním zdrojem pitné vody, byla uvedena v roce 1972 do provozu [5].

1.1.2.2 České Budějovice

V Českých Budějovicích stačily z počátku četné studně pro zásobování obyvatelstva, protože se v území nacházela podzemní voda poměrně vysoko. S postupem času ale nároky na vodu vzrůstaly, a proto byl postaven první vodovod roku 1501, který dopravoval vodu z okolních rybníků. V roce 1716 bylo nutné stávající vodovod modernizovat. Došlo k vybudování Samsonovy kašny na náměstí a vodovodního systému. Zdrojem vody pro město byla řeka Vltava. Na břehu Vltavy byla postavena vodárenská věž v blízkosti Lučního mlýna. Do vodárenského komplexu byla osazena čerpadla. Vodní kolo zajišťovalo pohon celého systému. Vodárenská věž zajišťovala gravitační rozvod vody. Samsonova kašna byla propojena vodovodem s vodárenskou věží. Takto vybudovaný vodovod byl využíván až do poloviny 19.

Století. Roku 1882 byl uveden do provozu nový vodovod z Nedabyle s vodou pitnou. Město od té doby mělo dva vodovody, jak s vodou pitnou, tak s vodou užitkovou. V letech 1972 – 1978 došlo ke zprovoznění vodárenské nádrže Římov. Úpravna vody Plav byla uvedena do provozu v roce 1981 [5, 6].

1.1.2.3 Brno

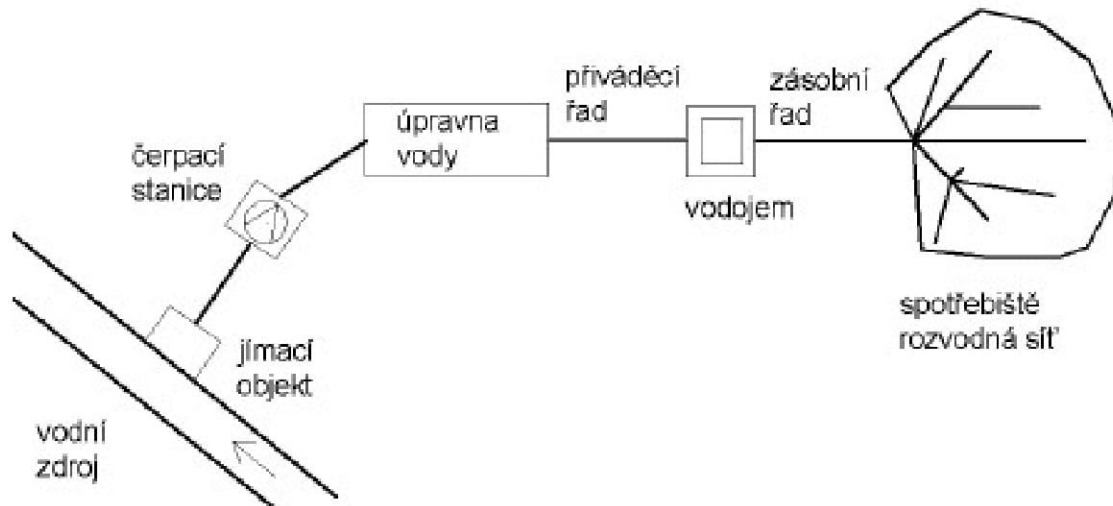
Město Brno bylo zásobováno vodou ze studní až do konce 12. Století, kdy začalo mít problém s kvalitou vody. Kvalita vody byla zhoršována prosakováním hnojišť a žump do studní. Město mělo nejen zdroje pitné vody, ale i dva zdroje užitkové vody. Jedním zdrojem užitkové vody byla řeka Svratka a druhým Žabí potok. Voda byla dopravována dřevěným potrubím pomocí čerpadel do dřevěných usazovacích nádrží na Františkově. Voda byla vedena do obecních kašen, soukromé přípojky měli většinou jen vysoce postavení odběratelé. Vodovod Kartouz byl využíván do roku 1913. Mezi lety 1869 – 1872 vznikla nová vodárna v Pisárkách, kvůli zvyšujícímu se nedostatku vody. Nová vodárna využívala biologické filtry, které ale vodu neupravily dostatečně na vodu pitnou. Roku 1913 byla uvedena do provozu vodárna v Baníně, která zajišťovala kvalitní pitnou vodu. Původní Pisárecká vodárna ukončila provoz až v roce 1974 [5].

2. Cíle práce

Cílem teoretické části bakalářské práce je zpracování literární rešerše na téma vodárenství. Praktická část si klade za cíl popsat stávající způsob zásobování pitnou vodou, navrhnout zlepšení stávajícího stavu a analyzovat možnosti napojení na vodárenskou soustavu Jižní Čechy. Napojení na VSJČ je zpracováno ve variantním řešení s výběrem jedné varianty, která řeší území jako celek. Vybraná varianta byla posouzena ručním výpočtem a následně ověřena matematickým modelem v programu EPANET.

3. Vodárenství

Zařízení pro zásobování obyvatelstva, průmyslu a zemědělství vodou jsou soubory vzájemně propojených prvků. Soubor těchto prvků a vztahů nazýváme vodárenskou soustavou. Pojetí vodárenských zařízení můžeme využít k řešení problémů zásobování vodou [1].



Obr. 3.1: Prvky vodárenského systému [7].

3.1 Potřeba vody

Při navrhování a posuzování jednotlivých vodárenských prvků vycházíme z potřeby vody. Pro tento návrh je důležitá předpověď potřeby vody. Mezi rozhodující faktory stanovení potřeby vody patří počet obyvatel připojených na veřejný vodovod a specifická potřeba vody. Tyto základní faktory se v čase mění. Počet obyvatel připojených na veřejný vodovod závisí na demografickém vývoji v zásobovaném území. Specifická potřeba vody je ovlivněna např.: hydrologickými a klimatickými podmínkami, cenou vody a občanskou vybaveností. Předpověď potřeby vody by se měla provádět minimálně na dobu 30-ti let. Životnost vodárenských objektů je ale zpravidla vyšší. Předpovědi bychom měli věnovat dostatečnou pozornost, protože souvisí s investicemi do vodárenských zařízení. Náklady jsou přenášeny do ceny vody. Celkově se na spotřebovaném množství vody podílí domácnosti, průmysl a administrativa a zemědělství [8].



Obr. 3.1.1: Vývoj specifické potřeby vody v domácnostech [9].

3.1.1 Domácnosti

Potřeba vody v domácnostech se odvíjí od technického vybavení bydlení. Hlavní potřebu vody tvoří voda na pití, vaření a mytí. Vedlejší potřebu vody tvoří zavlažování zahrad, napouštění bazénů a mytí aut [8].

3.1.2 Průmysl

Uvažujeme s dělením na potřebu vody pro administrativu a potřebu vody pro výrobní procesy. Potřebu vody pro administrativu tvoří voda na pití a pro sociální účely. Potřebu vody pro výrobní účely tvoří voda použitá v technologickém procesu a voda pro zaměstnance [8].

3.1.3 Zemědělství

Potřeba vody závisí na typu zemědělské výroby. Zemědělská výroba se dělí na živočišnou výrobu a rostlinnou výrobu. Potřebu vody pro pracovníky v zemědělství stanovujeme obdobně jako pro pracovníky v průmyslu [1].

3.1.4 Ztráty

Ztráty vody jsou způsobeny poruchami na distribučních sítích a vlastní spotřebou při provozu vodárenských zařízení (proplach potrubí, odkalování, praní filtrů). Do ztrát můžeme zařadit i nepřesnost na měřicích zařízeních [8].

3.1.5 Požární voda

Zvláštní potřebu vody tvoří voda pro požární účely, se kterou je při návrhu potřeby vody nutné počítat. Potřebu požární vody lze dopředu jen těžko odhadnout [1]. Zdroj požární vody musí být schopen trvale zajišťovat požární vodu v předepsaném množství po dobu alespoň 30 minut [10].

Tab. 3.1.5.1: Největší vzdálenosti vnějších odběrných míst [10].

Číslo položky	Druh objektu a jeho mezní plocha požárního úseku S v m^2	Hydrant ⁴⁾	Výtokový stojan	Plnicí místo	Vodní tok nebo nádrž od objektu, v metrech
		Od objektu / mezi sebou, v metrech ³⁾			
1	Rodinné domy do zastavěné plochy $S \leq 200$ a nevýrobní objekty (kromě skladů) do plochy $S^{1)} \leq 120$	200/400 (300/500)	600 / 1 200	3 000 / 6 000	600
2	Nevýrobní objekty o ploše $120 < S^{1)} \leq 1 000$; výrobní objekty a sklady do plochy $S^{1)} \leq 500$; čerpací stanice kapalných a zkapalněných plyných pohonných hmot	150/300 (300/500)	600 / 1 200	2 500 / 5 000	600
3	Nevýrobní objekty o ploše $1 000 < S^{1)} \leq 2 000$; výrobní objekty a sklady o ploše $500 < S^{1)} \leq 1 500$; otevřená technologická zařízení do plochy $S^{1)} \leq 1 500$	150/300 (250/450)	500 / 1 000	2 000 / 4 000	500
4	Nevýrobní objekty o ploše $S^{1)} > 2 000$; výrobní objekty, sklady a otevřená technologická zařízení o ploše $S^{1)} > 1 500$	100/200 (200/350)	400 / 800	1 500 / 3 000	400
5	Objekty s vysokým požárním zatížením ²⁾ ($p > 120 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$) a současně s plochou $S^{1)} > 2500$	100/200 (200/350)	300 / 600	1 000 / 2 000	300

¹⁾ Plocha S v m^2 představuje plochu požárního úseku (u vícepodlažních požárních úseků je dána součtem ploch užitných podlaží).

²⁾ U položek 1 až 4 se nemusí k požárnímu zatížení přihlížet.

³⁾ Bez dalšího průkazu (např. analýzou zdolávání požáru, dle přílohy B) nesmí být u dispozičně rozlehlých objektů vnější odběrní místa vzdálena od všech míst, kde existuje možnost hoření požárního zatížení, více než 600 m.

⁴⁾ Hodnota v závorce musí být prokázána analýzou zdolávání požáru (viz přílohu B)

3.2 Vodní zdroje

Využívané zdroje pro zásobování vodou jsou podzemní a povrchové. Snadné jímání vody a ve velkém množství je ze zdrojů povrchových. Bohužel u povrchových zdrojů dochází ke snadnému znečištění a tím se zhoršuje kvalita vody a prodražuje se i její úprava na vodu pitnou. Za nejvhodnější zdroj pitné vody považujeme vodu podzemní. Podzemní voda má zpravidla dobré vlastnosti a počítá se s jejím využitím hlavně pro zásobování obyvatelstva. Kvalitní zdroje podzemní vody můžeme již dnes označit za zcela nedostačující. Z těchto důvodů se využívají zdroje povrchové [1].

Pro zdroje podzemní vody a povrchové vody stanovujeme ochranná pásma. V ochranném pásmu vodního zdroje je řízeno hospodaření, výstavba, těžba atd. Pro ochranná pásma platí ustanovení zákona č. 254/2001 Sb. Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) [8, 11].

3.2.1 Podzemní voda

Díky propustnosti povrchových vrstev Země mohou být využívány zdroje podzemní vody. Vydatnost vodních zdrojů většinou závisí na množství dešťové vody, která se infiltruje do zemin a proteče jednotlivými vrstvami až k hladině podzemní vody. Zdroje podzemní vody můžeme využívat díky proudění podzemní vody. Proudění podzemní vody ovlivňují jednotlivé formace zemin, jakými jsou zvodnělá vrstva (aquifer), aquiclude a aquitard. Všechna vody co je pod povrchem země je označována jako voda podzemní jak v nasycené tak v nenasycené zóně. Podzemní vodu z nasycené zóny využíváme k vodárenským účelům. Na rychlost proudění skrz jednotlivé vrstvy má velmi významný vliv koeficient hydraulické vodivosti, který se liší dle typu jednotlivých zemin [8].

3.2.2 Povrchová voda

Povrchové zdroje využíváme tehdy, když nemáme dostatečně vydatné zdroje podzemní vody. Pokud chceme využívat povrchové zdroje vody z toků a nádrží, také řešíme otázku vydatnosti. Pokud už není možné odebírat vodu z povrchových zdrojů z důvodu zachování minimálních zůstatkových průtoků, přichází v úvahu rozhodnutí o vybudování vodárenské nádrže s požadovanou kapacitou. Vodárenské nádrže chápeme jako objekt, ve kterém probíhají fyzikální, chemické i biologické děje. Kvalitu vody v nádrži ovlivňují faktory, jakými jsou kvalita přítoku do nádrže, klima, teplotní a srážkové poměry. Pro zachování dobré kvality vody je nutné zajistit ochranu povodí vodárenské nádrže. Nádrže ploché a málo hluboké jsou jednoduše promíchávány působením větru. Kvalita vody v hlubokých nádržích se odvíjí od teploty a jejích změn [8].

3.3 Jímání vody

Budování jímacích objektů je potřeba pro využívání podzemních vod, které byly ověřeny hydrogeologickým průzkumem, a k odběru povrchových vod [1].

3.3.1 Podzemní

Jímací objekty budujeme tak, aby využívaly zásoby podzemních vod, zajišťovaly jejich ochranu a trvale umožňovaly odběr stanovaného množství vody. Mezi základní typy jímacích objektů patří plošné jímací objekty, vertikální jímací objekty a horizontální jímací objekty [1].

3.3.1.1 Plošné jímací objekty

Pro zachycování pramenů a plošných vývěřů vody ze skalních hornin se používají plošné jímací objekty. Plošné jímací objekty jsou v dnešní době využívány jen zřídka, jelikož je snaha zachytit podzemní vodu ve větší hloubce. Voda u povrchu může být snadno znečištěna, při delším suchu a zaklesnutí hladin podzemní vody nelze využívat statické zásoby [1].

3.3.1.2 Vertikální jímací objekty

Hydrogeologické vrty jsou nejrozšířenějším typem jímacích objektů. Hloubení je prováděno několika způsoby, podle typu horniny, průměru a hloubky, do které jsou hloubeny. Způsoby rozrušování hornin jsou například vrtání nárazové a vrtání otáčivé. Voda bez příměsí, či voda s přidanými látkami, které zvyšují hmotnost a viskozitu, se používají k výplachu při vrtání. Vyhloubený vrt, který je vystrojen pro dlouhodobé odčerpávání, je nazýván jímacím objektem [1].

3.3.1.3 Horizontální jímací objekty

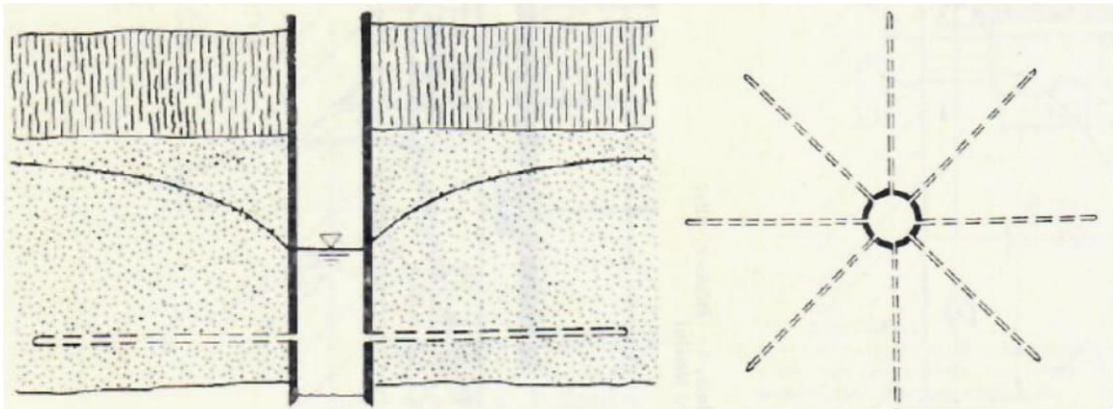
Využívání horizontálních jímacích objektů je tehdy, kdy zachycení vody pomocí vertikálních jímacích objektů není dostatečné nebo je nevhodné. Mezi horizontální jímací objekty řadíme zářezy, štoly a vodorovné vrty.

U slabě propustných mělkých zvodněných vrstev využíváme zářezy. Zářezy se hloubí až na nepropustné podloží. Zachycená voda se přečerpává z jímky, do které jsou zářezy svedeny.

Hornickým způsobem ražené jímací objekty nazýváme štoly. Z povrchově ražené štoly vytéká voda gravitačně do jímky, která je umístěna u ústí štoly.

K jímací podzemní vody se čím dál více využívají vodorovné vrty. Studny s horizontálními jímači jsou nejčastějším typem. Studna funguje jako jímka, ze které jsou prováděny paprscitě vodorovné vrty ve zvodněné vrstvě. Vodorovné vrty mohou dosahovat až 100 m a z jedné studny jich může být až dvanáct. Vertikální vrty mohou

mít menší vydatnost, než studny s horizontálními jímači ve stejných podmínkách. Z řady studní je možno odebírat vodu několika způsoby. Pokud nelze dosáhnout vyhovující sací výšky, je-li hladina podzemní vody hluboko pod terénem, využíváme k odčerpávání vody ponorné čerpadlo. Provozně výhodným řešením při malém počtu studní je použití horizontálního čerpadla se společným sacím potrubím. Násoskové potrubí využíváme u dlouhých řad studní [1].



Obr. 3.3.1.3.1: Studna s horizontálními jímači [1].

3.3.2 Povrchové

Jímání povrchové vody dělíme na jímadla ve stojatých vodách a jímadla v tekoucích vodách.

3.3.2.1 Jímadla v nádržích (stojatých vodách)

Pro jímání vody v nádržích jsou zpravidla využívána věžová jímadla. Věžové jímadlo je samostatná odběrná věž spojená komunikačně s hrází nebo břehem, nebo je začleněno do hráze. U sypaných hrází se setkáme spíše se samostatnou odběrnou věží, naopak u betonových hrází je jímadlo začleněno v hrázi. Kvůli stratifikaci vody v nádrži v jednotlivých obdobích v roce se na jímadle používají minimálně tři odběrné otvory v různých hloubkách, pro nejprůzračnější odběr v daném období. Jímání vody nade dnem je možné u nádrží s čistou vodou a u nádrží, kde nedochází k rozkladu usazených organických látek a nedochází k usazování sedimentů [1].

3.3.2.2 Jímadla v tekoucích vodách

Pro zásobování obyvatelstva a průmyslu vodou se často využívá jímání vody z vodních toků. Velký důraz je kladen na jakost vody ve vodoteči, aby bylo možné ji jednoduše upravit na vodu pitnou. Odběr vody je vázán na vodoprávní povolení. Odběr

vody z vodoteče nesmí ovlivnit nároky všech stávajících uživatelů vody a musí být zachován minimální zůstatkový průtok.

U širších vodních toků s nestabilními břehy nebo s nedostatečnou hloubkou vody u břehů je vhodné jímání vody nade dnem řečiště. Odběr musí být umístěn v proudnici, v místě s menší sedimentací nánosů a mimo místa znečištění odpadními látkami.

Pokud se nachází na toku s bystřinným režimem, je vhodné využít jímání ve dně koryta. Jímání ve dně musí být vhodně umístěno do míst s velkou rychlostí, aby nedocházelo k usazování suspendovaných látek. Objekt nesmí zmenšit průtočný profil a vyvolat sedimentaci.

V našich končinách je nejčastěji využívané břehové jímadlo pro odběr vody z tekoucích vod. Břehové jímadlo je vhodné u vodních toků se stabilním dnem a břehy, pokud můžeme zajistit odběr při minimální hladině v toku. Tyto odběry je vhodné situovat do středních a dolních částí vodního toku, kde klesá rychlost proudění. Z jímadla je voda dopravována odběrným potrubím na čerpací stanici a odtud dále na úpravnu vody [1].

3.4 Úprava vody

Vodu, kterou upravujeme na vodu pitnou, získáváme jak z podzemních zdrojů, tak z povrchových zdrojů. Voda je původem z atmosférických srážek, které se infiltrovaly do zeminy, a stala se z ní voda podzemní nebo po saturaci zeminy došlo k povrchovému odtoku a voda byla zachycena v nádržích, kterou nazýváme vodou povrchovou. K čištění atmosféry dochází při srážkách ve formě kapek nebo sněhu, kvůli kterému má voda různé chemické složení. Chemické složení ovlivňuje znečištění atmosféry. Ve vodě jsou rozpuštěné atmosférické plyny, soli, částičky prachu a kouře. Chemické složení vody podzemní závisí mimo jiné na geologickém podloží, do kterého se voda infiltruje. Podzemní voda je zpravidla čirá a chemicky stálá. Povrchová voda je voda pramenitá znečištěná atmosférickými srážkami, odpadní vodou a povrchovým odtokem z povodí [1].

Úprava kvality vody závisí na způsobu jejího využití (pitná, užitková, technologická). Hlavním důvodem úpravy vody je zásobování obyvatel kvalitně upravenou, zdravotně nezávadnou pitnou vodou. Pitná voda nesmí při dlouhodobém užívání vyvolat onemocnění ani poruchy zdraví [8].

Vlastnosti vody definuje vyhláška č. 252/2004 Sb. kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody [12].

Na základě fyzikálně-chemického a bakteriologického složení navrhujeme typ úpravy surové vody na vodu pitnou. V dnešní době není velký problém odstranit agresivní oxidy uhličitě, železo, mangan a v malé koncentraci i dusitany, sulfany radioaktivní látky a těžké kovy. Značný problém představují přítomné fenoly, tenzidy, pesticidy a mikropolutanty nazývané jako PPCP (pharmaceuticals and personal care products) [8].

Tab. 3.4.1: Přehled typických procesů úpravy povrchových a podzemních vod [8].

Povrchová voda	Podzemní voda
Mechanické předčištění	Odkyselování
Číření	Odželezňování
Filtrace	Odmanganování
Dezinfekce	Dezinfekce
Další stupně úpravy, běžně nepoužívané (nákladné)	
Adsorpce	Odstraňování vápníku a hořčíku
Fluoridace	Deionizace
Ultrafiltrace	Demineralizace
Nanofiltrace	Desorpce
Stabilizace	Membránové procesy

Tab. 3.4.2: Přehled odpadů z úpravy vody [8].

Kaly z číření vody	Kaly z náplavné filtrace
Kaly z praní filtrů	Solanky z iontové výměny
Kaly z odstraňování vápníku a hořčíku	Solanky z membránových procesů
Kaly z odželezňování a odmanganování	Desorbované plyny

3.5 Akumulace vody

Ve vodárenství existují dva typy akumulace vody tj. akumulace dlouhodobá a krátkodobá a akumulace surové a upravené vody [8].

Dlouhodobá akumulace zajišťuje dostatečnou zásobu vody pro spotřebiště. Dlouhodobá akumulace je zajišťována nejčastěji pomocí povrchových vodárenských nádrží a rybníků nebo ve vhodných podzemních vodonosných vrstvách. Krátkodobou akumulaci vody vytváříme pomocí vodojemů [1].

3.5.1 Vodojem

Základními funkcemi vodojemu jsou funkce akumuláční, funkce tlaková a funkce kontaktní. Vodojemy dělíme na vodojemy zemní a vodojemy věžové. Vodojem se skládá ze vstupního prostoru, akumuláčního prostoru a armaturní komory. Dále dělíme vodojemy podle půdorysu na kruhové a pravoúhlé, podle počtu nádrží na jednokomorové a vícekomorové [8].

3.5.1.1 Funkce akumuláční

Akumuláční funkce zajišťuje vyrovnání nerovnoměrnosti mezi přítokem a odtokem. Navržený objem vodojemu musí pokrýt nerovnoměrnosti mezi přítokem a odběrem vody ve spotřebišti, stálou zásobu vody pro požární účely a zásobování spotřebiště po dobu odstraňování poruchy na přírodním řadu [8].

3.5.1.2 Funkce tlaková

Tlaková funkce je dána umístěním vodojemu vzhledem ke spotřebišti. Pokud je spotřebiště zásobované gravitačně, poloha hladin určuje maximální a minimální tlak ve vodovodní síti. Vodojem umísťujeme co nejbližší spotřebišti, ideálně do těžiště spotřeby. Maximální a minimální tlak ve vodovodní síti je dán kolísáním hladin ve vodojemu [8].

Dle vyhlášky č. 428/2001 Sb. maximální hydrostatický přetlak ve vodovodní síti v místě napojení přípojky nesmí převýšit 0,6 MPa, v odůvodněných případech 0,7 MPa, minimální hydrodynamický přetlak ve vodovodní síti v místě napojení přípojky na vodovodní řad nesmí být nižší než 0,15 MPa (u staveb do dvou nadzemních podlaží), případně 0,25 MPa (u staveb s více než dvěma nadzemními podlažími) [13].

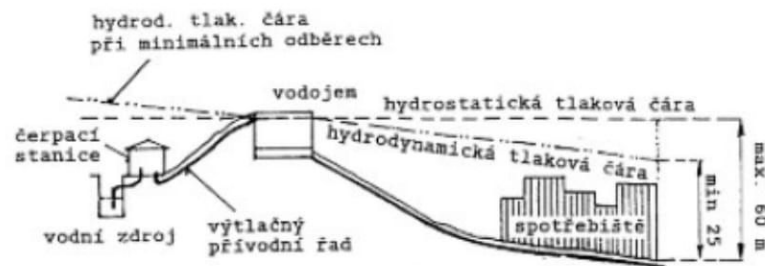
3.5.1.3 Funkce kontaktní

Stanovujeme takový objem, aby doba zdržení ve vodojemu byla dostatečná pro reakční dobu vody a chemikálií, která je nutná pro hygienické zabezpečení vody [8].

3.5.1.4 Zemní vodojemy

Zemní vodojemy můžeme celé zapustit pod terén kvůli využití tepelně izolačních vlastností zeminy, polo-zapustit a využít částečně tepelně izolační vlastnosti zeminy a vlastnosti tepelně izolačních materiálů nebo celé umístit na terén a použít tepelně izolační materiály. Nejčastěji využívaným materiálem pro stavbu zemního

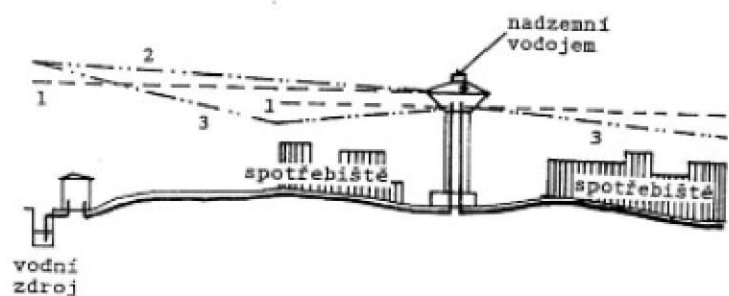
vodojemu je železobeton. Výjimečně využíváme ocel nebo jiné materiály (sklolaminát). Celkový objem zemního vodojemu vychází z dílčích objemů, kterými jsou provozní objem, požární objem a objem na překrytí poruchy. Akumulační objem závisí na typu plnění vodojemu. Jedním typem plnění je gravitační přítok 24 hodin denně a druhým typem plnění je čerpání cca 17 hodin denně. Celkový objem zemního vodojemu se pohybuje v rozmezí 60 – 100 % z maximální denní potřeby vody [8].



Obr. 3.5.1.4.1: Výtlačný vodovod s vodojemem před spotřebištěm [8].

3.5.1.5 Věžové vodojemy

Věžové vodojemy jsou dominantními stavbami, a proto nedílnou součástí vodohospodářského návrhu je i návrh architektonický. Věžové vodojemy jsou ekonomicky i esteticky náročnými stavbami. Z těchto důvodů se velmi často tomuto typu snažíme vyhnout jiným způsobem zásobování např. přímým čerpáním do vodovodní sítě. Pokud stavíme věžový vodojem, je zapotřebí navrhovat jejich objem co nejmenší. Věžový vodojem se zpravidla navrhuje pro vyrovnání nerovnoměrnosti mezi přítokem a odtokem, nemusíme jej navrhovat na požární objem ani na poruchu. Věžové vodojemy navrhujeme výhradně jako jednokomorové. Střední dřík věžových vodojemů slouží pro umístění schodiště a všech potrubí. Nejčastěji využívaným materiálem je železobeton nebo ocel. Věžové vodojemy je nezbytné opatřit tepelně izolačními materiály [8].



Obr. 3.5.1.5.1: Výtlačný vodovod s vodojemem ve spotřebišti [8].

3.6 Distribuce vody

Vyrobenou pitnou vodu musíme dopravit ke spotřebiteli v požadovaném množství, předepsaném tlaku a kvalitě. Ve vodárenství řešíme jak spolehlivě dodávky vody zajistit. V rámci vodárenství řešíme optimalizaci odběru, výroby a dopravu vody tak, aby náklady na zásobování vodou byly co nejnižší. Spolehlivost dodávky vody zajišťujeme spojením prvků vodárenské soustavy [8].

3.6.1 Trubní materiály

Materiál potrubí musí být zdravotně nezávadný. Veškeré prvky na vodovodní síti nesmí nepříznivě ovlivňovat jakost dopravované pitné vody a musí vyhovovat příslušným normám a mít hygienický atest. Trubní materiál musí splňovat podmínky navržených tlakových pásem [14]. Běžně používané tlakové řady potrubí činí PN10, PN16, PN25, PN40 a PN64

Tab. 3.6.1.1: Hydraulická drsnost Δ pro technicky vyráběná potrubí [15].

DRUH POTRUBÍ	STAV POTRUBÍ	Δ [m]
Ocelové bezešvé	nové	0,00001 - 0,00002
	po použití	0,00015
	po delším provozu	0,0003
Ocelové svařované	nové	0,00003 - 0,0001
	po delším provozu - vyčištěné	0,0001 - 0,0002
	po použití - mírně zrezivělé	0,0003 - 0,0007
	staré zrezivělé a inkrustované	0,0008 - 0,0015
	silně zrezivělé a inkrustované	0,002 - 0,004
Litinové	nové, bituminované, asfaltované	0,00001 - 0,00016
	nové - bez úpravy	0,0002 - 0,0005
	po použití	0,0005 - 0,0015
	silně zrezivělé a inkrustované	0,002 - 0,003
Betonové	nové železobetonové - hladká omítka	0,00001 - 0,00005
	nové - vyráběné odstředivým litím	0,00015 - 0,0003
	po použití	0,0003 - 0,0008
	po delší době provozu	0,001 - 0,003
Potrubí s cem. nebo silikát. vystýlkou	nová vystýlka tl. 3 - 6 mm	0,00003 - 0,0001
Potrubí z nenasycených polyesterových pryskyřic		0,000003 - 0,000015

3.6.1.1 Kovové

Běžně používané tlakové řady pro kovová potrubí činí PN10, PN16, PN25, PN40 a PN64.

Nejdéle používaným materiálem je šedá litina. Šedá litina má vyšší odolnost proti korozi než ocel. Nevýhodou šedé litiny je křehkost a malá pevnost v tahu. Tato nevýhoda v kombinaci s utěsněním spojů pomocí hliníkové vaty zapříčiňovala velkou poruchovost potrubí. Postupem času se přestala využívat hliníková vata a začal se používat pružný spoj těsněný pryžovým kroužkem a ucpávkou [14].

Později se začala používat tvárná litina. Velkou výhodou tohoto materiálu je pružnost a značná odolnost proti korozi. Odolnost je řešena ošetřením vnějšího povrchu potrubí pomocí zinku, pryskyřice a dalších materiálů. Vnitřní část potrubí je opatřena cementovou výstelkou nebo úpravou z plastu. Hrdlové spoje jsou utěsněny pryžovým těsněním a případně jsou opatřeny zámkem pro přesunutí tahu. U přírubových spojů je třeba používat korozivzdorné šrouby [14]. Standardně vyráběná délka trub je 6 m [16].

Pro vodovodní potrubí se dlouhou dobu používá i ocel. Ocelové potrubí se využívá zejména u průměrů vyšších než 800 mm. Ocelové potrubí má vyšší pevnost proti namáhání vnitřním přetlakem a ostatním vnějším silám působících na potrubí. Ocelové trouby jsou velmi odolné proti vodnímu rázu. Mezi další výhody ocelových trub patří snadná opracovatelnost, možnost svařování a větší stavební délka. Při navrhování ocelových trub ale nesmíme zapomenout na návržení a realizaci i jejich ochrany. Pokud bychom ocelové potrubí v zemině nechránili pomocí nějakého opatření, životnost těchto trub se rapidně sníží až na 4-5 let. U ocelových trub existují mimo svařovaných spojů i spoje hrdlové a přírubové [14]. Standardně vyráběná délka trub je 6 m [17].

3.6.1.2 Nekovové

Běžně používané tlakové řady pro nekovová potrubí činí PN6, PN10, PN16. Trouby z polyvinylchloridu (PVC) neobsahují změkčovadla. Pro spojení se využívají plastové a litinové tvarovky, které jsou určeny pro montáž potrubí z PVC. Trouby a tvarovky s nástrčným hrdlem jsou opatřeny těsnícím kroužkem z elastomeru. Tento spoj je při správné montáži dokonale těsný. Materiál je odolný proti desinfekčním prostředkům pro pitnou vodu. Odolává působení umělých hnojiv. Montáž trub z PVC je jednoduchá díky lehkosti materiálu. Pokládka PVC potrubí je rychlá.

Polyetylen je dalším nekovovým materiálem hojně využívaným. Dnes se využívá HDPE (High Density Polyethylene). Barva těchto rour je černá s modrými pruhy nebo modrá. Trouby jsou dodávány v délkách 6 a 12 m, případně jako svitky v délce 100 až 500 m. Možnost dodávky ve svitku je omezena průměrem potrubí. Použití svitků výrazně snižuje časové a materiálové náklady. Polyetylen je možné svařovat na tupo a pomocí elektrospojek. Díky svařování trub odpadá nutnost těsnění hrdlových spojů. Svařením polyetylenových trub nevzniká oslabené místo a systém, který vznikne, je plně homogenní.

Potrubí ze sklolaminátu má lepší hydraulické vlastnosti než plastové potrubí. Další výhodou trub ze sklolaminátu je vyšší odolnost proti vnitřním přetlakům a vnějším zatížení. Azbestocementové potrubí je v současné době vyřazováno z provozu [14].

3.6.2 Armatury

Vodovodní potrubí se skládá z trub, tvarovek a armatur. Armatury slouží k řízení a ovládání provozu. Armatury se dělí podle funkce a způsobu použití. Tvarovky umožňují změnu trasy, změnu průměru, odbočení, připojení armatur, ukončení potrubí [14].

3.6.2.1 Uzavírací

Mezi uzavírací armatury patří šoupátka, klapky, ventily, kohouty a plovákové uzávěry. Šoupátka umísťujeme zejména do uzlů na všechny větve uzlu. V provozu lze jednoduše odstavit jakoukoliv část mezi jednotlivými uzly nebo úseky. V případě, že se jedná o dlouhý řad, šoupátko se usazuje i po určité vzdálenosti na hlavní řad, v praxi nazývané jako sekční šoupě. Umístění šoupat navrhuje projektant podle provozních potřeb.

Uzavírací klapky fungují stejně jako šoupátka. Klapky se snadno ovládají. S využitím klapek se setkáme převážně u větších průměrů potrubí, v armaturních komorách vodojemů a úpraven vod. Pro manipulaci se využívá servopohon.

S ventily a kohouty se setkáme především na vodovodních přípojkách. Osazují se nejčastěji před a za vodoměr, aby bylo možné po určité době vodoměr jednoduše vyměnit.

Zpětná klapka zajišťuje průtok vody jedním směrem. Koncová (žabí) klapka se umísťuje např. na koncích odkalovacích potrubí a vypouštěcích potrubí [14].

3.6.2.2 Odběrné

Hydranty používáme k odběru vody z vodovodního potrubí pro požární účely, proplachy úseků, odvzdušňování a odkalování potrubí. Hydranty dělíme na podzemní, nadzemní a šachtové. Hydranty sloužící pro odběr vody k požárním účelům umísťujeme dle ČSN 73 0873. Podzemní hydrant je umístěn pod úrovní terénu a je chráněn hydrantovým poklopem. Podzemní hydrant může být teleskopický. Nadzemní hydrant

je umístěn nad úrovní terénu a je viditelný. Výtokové stojany považujeme za odběrné armatury.

Vzdušníky jsou speciální typy hydrantů, které odvádí nežádoucí vzduch z vodovodního potrubí. Umisťujeme je na nejvyšší místa po trase vodovodního potrubí, kde by se bez vzdušníku mohly tvořit vzduchové kapsy. Funkci vzdušníku může přebírat v provozu hydrant nebo vodovodní přípojka. Vzdušník může být automatický nebo ruční. Automatický vzdušník zajišťuje provozní odvzdušnění a zavzdušnění bez nutnosti obsluhy.

Kalosvody, v praxi nazývané jako „kalníky“, osazujeme na nejnižší místa po trase vodovodního potrubí, kde předpokládáme usazování kalových částic. V zastavěných oblastech se jako kalníky využívají hydranty. Využívá se pro odstranění kalu z vodovodního potrubí nebo pro vypuštění trubních úseků při poruchách [14].

3.6.2.3 Ostatní

Mezi ostatní armatury řadíme redukční ventily, zpětné klapky, montážní vložky a kompenzátory. Redukční ventily využíváme k regulaci tlaku vody ve vodovodní síti. Setkáme se s nimi převážně u příváděcích a zásobních řadů a v úsecích rozdělující tlaková pásma. V současné době existují redukční ventily, které umožňují velmi citlivou reakci na změnu tlaku.

Montážní vložky umisťujeme na vodovodní řad pro usnadnění montáže a demontáže armatur a tvarovek. Skládají se z pevné a pohyblivé části, kterou utěsňuje teleskopicky upravená ucpávka.

Kompenzátory se využívají z důvodu podélných změn potrubí vlivem změn teplot. Ve vodárenství se setkáme s vlnovcovými a pryžovými kompenzátory. Vlnové kompenzátory snižují hydraulické odpory. Pryžové kompenzátory vyrovnávají podélné tepelné roztažnosti potrubí [14].

3.6.2.4 Vodoměry

Měřidla dělíme na různé typy podle principu měření na objemové, rychlostní, typu Woltmann a jednovtoková či vícevtoková.

Objemové měřidlo je složeno z komor o známém objemu a z mechanismu poháněného proudem vody. Při průtoku vody měřidlem dochází k plnění a prázdnění jednotlivých komor. Součtem těchto objemů získáme celkový proteklý objem.

Rychlostní měřidlo je vybaveno pohyblivým prvkem, který se dostává do pohybu při průtoku vody. Pohyb tohoto elementu je přenášen mechanickým nebo jiným způsobem na indikační zařízení, které počítá celkový objem.

Vodoměr typu Woltmann obsahuje rotor se šroubovými lopatkami. Rotor se otáčí kolem osy proudu vody.

Jednotoková či vícestoková měřidla mají lopatkový rotor, který rotuje kolmo k proudu vody. Měřidlo je jednotokové, pokud proud vody naráží na obvod rotoru v jedno místě, vícestokové, pokud proud vody naráží na obvod rotoru současně v několika bodech [14].

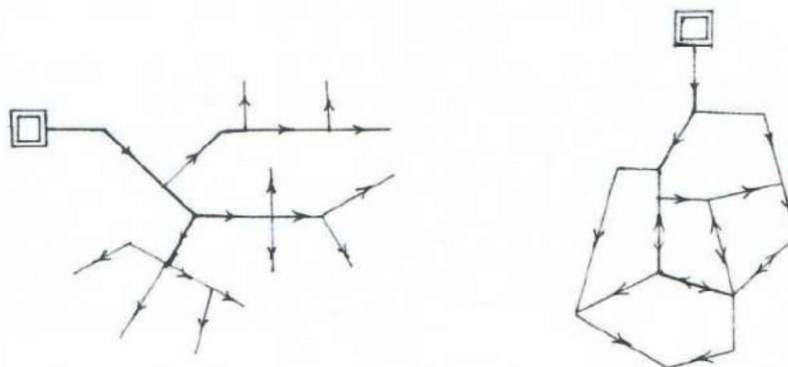
3.6.3 Vodovodní sítě

Vodovodní sítě dělíme dle uspořádání na větvenné a okruhové.

Větvenná síť je uspořádána jako rozvětvený strom. Využití této sítě je zejména u malých spotřebišť. Mezi výhody této sítě patří nižší investiční náklady, jednoduché navrhování, jasné průtokové a tlakové poměry. Velkou nevýhodou této sítě jsou poruchy. Pokud dojde k poruše na začátku této sítě, není možné zásobovat obyvatelstvo. Další nevýhodou je stagnace vody v koncových úsecích.

Okruhová síť je uspořádána do uzavřených okruhů, které se spojují ve styčných úsecích a uzlech. S tímto typem sítě se setkáme u větších spotřebišť. Tato síť je provozně výhodná, dochází k téměř neustálému pohybu vody ve vodovodní síti. Pokud nastane porucha na této síti, může dojít k zásobování z druhé strany. Tlaky v síti jsou vyrovnanější. Nevýhodou této sítě jsou vyšší pořizovací náklady, složitější návrh a výpočet sítě.

Kombinovaná síť kombinuje oba typy předchozích sítí. Okruhovou síť doplňuje síť větvenná v okrajových částech spotřebišť. Kombinuje mimo jiné výhody a nevýhody obou typů [14].



Obr. 3.6.3.1: Schéma větvenné sítě (vlevo) a okruhové sítě (vpravo) [14].

3.6.4 Čerpadla

Základní dělení je na čerpadla hydrostatická a čerpadla hydrodynamická. Ve vodárenství se nejčastěji využívají čerpadla hydrodynamická.

Čerpadla dělíme podle použití, pohonu, polohy osy, dosahovaného pracovního tlaku, počtu oběžných kol a konstrukce a způsobu dopravy kapaliny.

Podle použití dělíme na čerpadla pro čistou vodu, kalovou vodu, kaly a další.

Podle pohonu dělíme na čerpadla s pohonem elektrickým, spalovacím a dalším.

Podle polohy osy dělíme čerpadla na horizontální a vertikální.

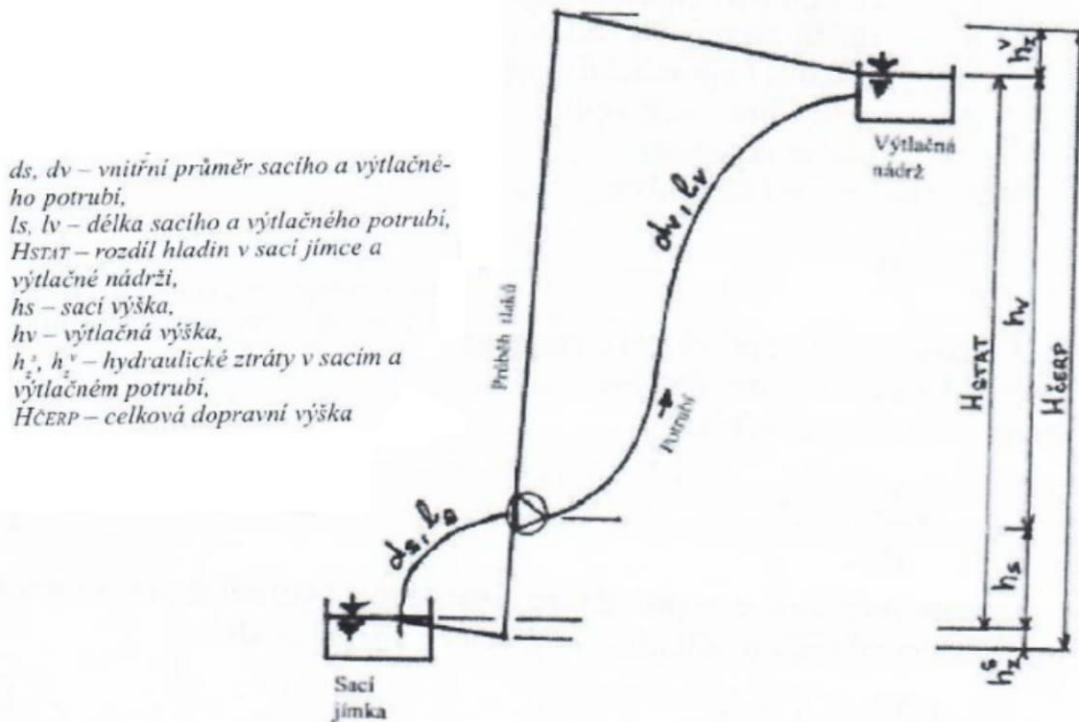
Podle dosahovaného pracovního tlaku dělíme čerpadla na nízkotlaká, středotlaká a vysokotlaká.

Podle počtu oběžných kol dělíme čerpadla na jednostupňová a vícestupňová.

Podle konstrukce a způsobu dopravy kapaliny dělíme na čerpadla točivá (č. odstředivá, č. šikmotoká, č. vrtulová), čerpadla rotační objemová (č. šroubová, č. s ozubenými koly, č. křídlová), čerpadla s kmitavým pohybem (č. pístová, č. plunžerová, č. membránová), čerpadla proudová (ejektory, injektory) a čerpadla pneumatická (č. mamutová, monžíky, pulzometry).

Čerpadla odstředivá jsou nejrozšířeněji používaná ve vodárenství [14].

Výtlačný systém se skládá z 5 částí: Sací jímka → sací potrubí → čerpadlo → → výtlačné potrubí → výtlačná nádrž.



Obr. 3.6.4.1: Schéma hydraulického systému [14].

3.6.4.1 Automatické tlakové stanice

Automatické tlakové stanice ATS jsou využívány ve vodárenství pro dopravu vody a zajištění tlakových poměrů. Skládají se z tlakové nádoby, která není určena k zásobnímu objemu, ale k regulaci. Tlakové nádoby jsou naplněny ze $\frac{2}{3}$ stlačeným vzduchem, který vytlačuje vodu ke spotřebiteli. Čerpadla sepnou ve chvíli, kdy tlak v nádobě klesne na danou hranici. Spínání čerpadel AT stanice by mělo být nastaveno 6-8 zapnutí za hodinu. Při častějším spínání klesá nárok na objem tlakové nádoby, roste však spotřeba energie a opotřebení zařízení. Rozdíl spínacího a vypínacího tlaku závisí na hospodárnosti. Pro tlakové nádoby platí, že rozdíl spínacího a vypínacího tlaku by neměl být vyšší než 0,1 MPa, aby v rozvodné síti moc nekolísala tlak. AT stanice se využívají především v místech s nevhodným terénem pro vybudování vodojemu nebo při zásobování malého spotřebiště vodou. Investiční náklady na vybudování AT stanice jsou podstatně nižší než na vybudování vodojemu, provozní náklady mohou být ale naopak vyšší [8]. Moderní ATS využívají při svém provozu frekvenční měniče, které jsou určeny pro ovládání otáček čerpadel a tím zajišťují stálý tlak ve vodovodní síti při kolísajících odběrech [18].

4. Základní popis matematického modelování

Matematické modelování je využíváno v přírodních, technických a ekonomických oborech. Díky modelování můžeme simulovat systémy a analyzovat a předvídat procesy a jevy. Pomocí matematických modelů získáváme srozumitelný popis určitých faktorů v dané situaci a odhalujeme vztahy mezi prvky vymodelovaného systému [19, 20, 21]. MUNI

Matematický model je teoretický model, který popisuje chování systému pomocí matematického zápisu.

Matematický model nám poskytuje mnoho výhod:

- umožňuje nám objasnit chování systému
- zrychluje proces poznání objektivní reality, dlouhodobě probíhající procesy v reálu sledujeme během výpočtu [22]
- usnadňuje a racionalizuje proces poznání [23]
- umožňuje variantní řešení

5. Základní výpočty ve vodárenství

Tekutiny dělíme na newtonské a neneutonské. U newtonských kapalin platí Newtonův zákon viskozity. Vodu považujeme za newtonskou tekutinu. I přesto, že voda obsahuje krom molekul H_2O i rozpuštěné soli, tuhé částice, bakterie a další, považujeme jí za kontinuum. Dále pro zjednodušení při výpočtech uvažujeme, že je voda tzv. ideální kapalina, tedy kapalina nestlačitelná a nevazká. Taková tekutina ale v reálném prostředí neexistuje, využíváme tohoto předpokladu pro odvozování zákonů proudění [24].

5.1 Potřeba vody

Výpočet potřeby vody je důležitým podkladem pro návrh nebo posouzení vodovodu a jednotlivých vodárenských prvků.

Stále využívaným podkladem pro výpočet potřeby vody je směrnice č.9/1973 [25] a její aktualizace z roku 1994 [8]. Ve vyhlášce č. 428/2001 Sb. (prováděcí vyhláška k zákonu 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu) jsou uváděna směrná čísla roční potřeby vody [26].

Průměrnou denní potřebu vody Q_p obvykle stanovujeme jako součet potřeby vody pro obyvatelstvo a potřebu vody na občanskou vybavenost s přidáním 20 % na ztráty vody.

Maximální denní potřebu vody Q_m získáme přenásobením hodnoty Q_p součinitelem denní nerovnoměrnosti. Na Q_m se navrhuje zařízení na odběr vody ze zdroje, kapacita úpravny vody, příváděcí řady do vodojemů a vycházíme z ní při výpočtu akumulárního objemu vodojemu [14]. Součinitel denní nerovnoměrnosti se liší dle velikosti spotřebiště.

Tab. 5.1.1: Tabulka hodnot součinitele denní nerovnoměrnosti k_d [25].

Velikost obce	Součinitel denní nerovnoměrnost k_d
Do 1 000 obyvatel	1,50
1 000 – 5 000 obyvatel	1,40
5 000 – 20 000 obyvatel	1,35
20 000 – 100 000 obyvatel	1,25

Maximální hodinová potřeba vody Q_h se vypočte přenásobením hodnoty Q_m součinitelem hodinové nerovnoměrnosti. Na Q_h se navrhuje zásobní a rozvodné řady.

Tab. 5.1.2: Tabulka hodnot součinitele hodinové nerovnoměrnosti k_h [25].

Typ spotřebiště	Součinitel hodinové nerovnoměrnosti k_h
Zástavba rodinnými domy	1,80
Zástavba sídlištního charakteru	2,10

Tab. 5.1.3: Část tabulky hodnot $k_{h,max}$ [27].

Počet obyvatel	Součinitel maximální hodinové nerovnoměrnosti $k_{h,max}$
30	7,2
40	6,9
50	6,7
75	6,3
100	5,9
300	4,4

U malých spotřebišť je dobré využít hodnoty součinitele maximální hodinové nerovnoměrnosti, jelikož může docházet k větší rozkolísanosti potřeby vody než bychom uvažovali dle směrnice č.9/1973.

Průměrná denní potřeba vody [14]

$$Q_p = PO * q_p \quad (1)$$

- PO – počet obyvatel
- q_p – specifická potřeba vody

Maximální denní potřeba vody [14]

$$Q_m = Q_p * k_d \quad (2)$$

- Q_p – průměrná denní potřeba vody
- k_d – součinitel denní nerovnoměrnosti

Maximální hodinová potřeba vody [14]

$$Q_h = Q_m * k_h \quad (3)$$

- Q_m – maximální denní potřeba vody
- k_h – součinitel hodinové nerovnoměrnosti

5.2 Návrh vodovodní sítě

Vychází ze situace řešené lokality, na základě kterých se stanoví:

- uzlové body
- délky mezi uzlovými body

Úseková potřeba vody [14]

$$q_i = \frac{Q_o}{\sum l_{ri}} * l_{ri} \quad (4)$$

- Q_o – maximální hodinová potřeba vody pro obyvatelstvo [l/s]
- $\sum l_{ri}$ – součet redukovaných délek všech úseků sítě [m]
- l_{ri} – redukovaná délka i-tého úseku [m]

$$l_{ri} = l_i * \gamma_i \quad (5)$$

- γ_i – součinitel uličního zalidnění
- l_i – skutečná délka i-tého úseku

Součinitel uličního zalidnění γ

- bez zástavby $\gamma = 0$
- do 1 nadzemního podlaží $\gamma = 0,5$
- do 1 nadzemní podlaží a 1 podzemního podlaží $\gamma = 1$
- do 2 nadzemních podlaží a 1 podzemního podlaží $\gamma = 1,5$

Uzlová potřeba vody [14]

$$Q_u = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{i=n} q_i + Q_b \quad (6)$$

- q – úsekové odběry
- Q_u – uzlové odběry
- Q_b – bodový odběr

5.3 Potrubí

Mezi základní a v praxi využívané rovnice z hydrauliky patří rovnice kontinuity a rovnice Bernoulliho [14].

1. rovnice kontinuity (spojitosti)

$$Q_1 = Q_2 \quad (7)$$

$$S_1 * v_1 = S_2 * v_2 = \text{konstantní} \quad (8)$$

2. rovnice Bernoulliho (vychází ze zákona zachování energie)

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho * g} + \frac{v_1^2}{2 * g} = \text{konstantní} \quad (9)$$

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho * g} + \frac{\alpha v_1^2}{2 * g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho * g} + \frac{\alpha v_2^2}{2 * g} + Z \quad (10)$$

- Q – průtok [m^3/s]
- S – průtočná plocha [m^2]
- v – střední profilová rychlost [m/s]
- h_1, h_2 – geodetická výška
- ρ – hustota [kg/m^3]
- g – tíhová zrychlení [m/s^2]
- α – Coriolisovo číslo [-]
- $\frac{p_1}{\rho * g}; \frac{p_2}{\rho * g}$ - tlaková výška [m]
- $\frac{\alpha v_1^2}{2 * g}; \frac{\alpha v_2^2}{2 * g}$ - rychlostní výška [m]
- Z – tlaková ztráta na úseku L [m]

Sklon čáry tlaku je dán jako poměr ztrát ku délce úseku.

$$I = \frac{Z}{L} * 1000 - [\text{‰}] \quad (11)$$

Celkové tlakové ztráty jsou součtem ztrát místních a ztrát třením $Z = Z_m + Z_t$.

Ztráty místní [14].

$$Z_m = \xi * \frac{\alpha v^2}{2 * g} \quad (12)$$

- ξ – součinitel místní ztráty (najdeme v tabulkách) [-]

Místní ztráty vznikají v místech, která vyvolávají nadměrnou turbulenci. Takové místa jsou např. náhlé lomy, zúžení nebo rozšíření a armatury. Místní ztráty mají význam u hydraulicky krátkých potrubí, u hydraulicky dlouhých potrubí se buď zanedbávají, nebo se v praxi k celkové délce přičte 5 % celkové délky [14].

Hydraulicky krátké potrubí – zahrnutí místních ztrát

$$\frac{l}{d} \leq 1000 \quad (13)$$

Hydraulicky dlouhé potrubí – zanedbání místních ztrát

$$\frac{l}{d} > 1000 \quad (14)$$

Ztráty třením vznikají proudění vody v potrubí, při kterém dochází ke tření vody o vnitřní stěny potrubí. Velikost ztrát třením závisí na relativní drsnosti materiálu, délce potrubí, průměru potrubí a průtočném množství resp. průtočné rychlosti v [14].

Doporučené rychlosti vody ve výtlačném potrubí činí [28]:

- pro potrubí do DN 250 0,5 m/s až 1,4 m/s
- pro potrubí nad DN 250 0,6 m/s až 1,6 m/s

Darcy - Weissbachova rovnice [14]

$$Z_t = \lambda * \frac{L}{d} * \frac{\alpha v^2}{2 * g} \quad (15)$$

- λ – součinitel třením [-]
- L – délka úseku [m]
- d – vnitřní průměr potrubí [m]

Součinitel tření určujeme několika způsoby, výpočtem nebo odečtením z Moodyho diagramu. Vypočetní vzorce můžeme použít např. White – Colebrookův nebo Altšulův [14].

vzorec White – Colebrook [14]

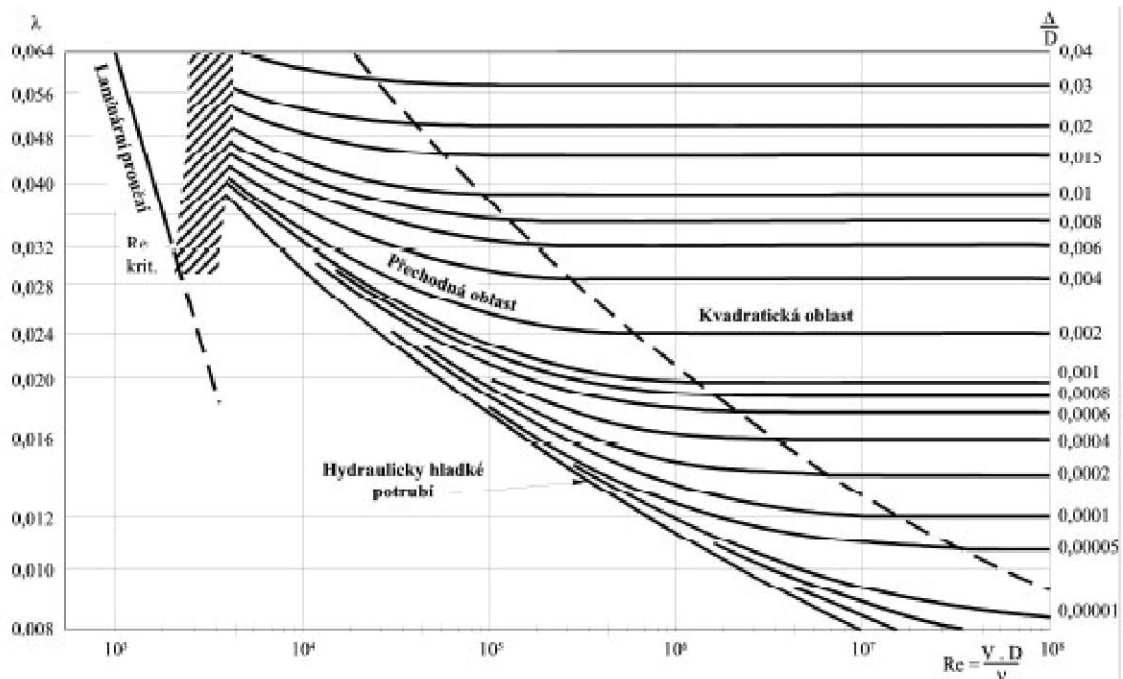
$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log * \left(\frac{k}{3,71 * d} + \frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} \right) \quad (16)$$

vzorec Altšul [29]

$$\lambda = 0,1 * \left(1,46 * \frac{d}{k} + \frac{100}{Re} \right)^{0,25} \quad (17)$$

$$Re = \frac{v * d}{\nu} \quad (18)$$

- Re – Reynoldsovo číslo
- ν – kinematická viskozita [m²/s]
- k – absolutní drsnost potrubí [m]



Obr. 5.3.1: Moodyho diagram [15].

5.4 Vodojem

Výpočet celkové akumulčního objemu se skládá z dílčích objemů.

Celkový objem

$$V = V_{prov} + V_{pož} + V_{por} \quad (19)$$

- V_{prov} – provozní objem [m^3]
- $V_{pož}$ – požární objem [m^3]
- V_{por} – objem pro případ poruchy [m^3]

Provozní objem

$$V_{prov} = MAX(P - O) + ABS[MIN(P - O)] \quad (20)$$

- P – přítok [m^3/h]
- O – odběr [m^3/h]

Maximum a minimum rozdílu přítoku a odběr se stanovuje ze součtové čáry plnění vodojemu.

Tab. 5.4.1: Výpočet provozního objemu.

hodina	kh = 6.4 [%]	přítok [m^3/h]	odběr [m^3/h]	stav odběr [m^3/h]	Přebytek P-O [m^3/h]	Součtové čáry			
						Přebytek P-O [m^3/h]	přítok [m^3/h]	odběr [m^3/h]	
0-1	1.00	1.46	0.35	0.00	1.11	1.11	1.46	0.35	
1-2	0.70	1.46	0.24	0.00	1.21	2.32	2.91	0.59	
2-3	0.70	1.46	0.24	0.00	1.21	3.53	4.37	0.84	
3-4	0.70	1.46	0.24	0.00	1.21	4.74	5.83	1.08	
4-5	2.00	1.46	0.70	0.00	0.76	5.50	7.29	1.78	
5-6	3.00	1.46	1.05	0.00	0.41	5.91	8.74	2.83	
6-7	4.50	1.46	1.57	0.00	-0.12	5.79	10.20	4.41	
7-8	6.00	1.46	2.10	0.00	-0.64	5.15	11.66	6.51	
8-9	3.00	1.46	1.05	0.00	0.41	5.56	13.12	7.55	
9-10	4.00	1.46	1.40	0.00	0.06	5.62	14.57	8.95	
10-11	4.00	1.46	1.40	0.00	0.06	5.68	16.03	10.35	
11-12	4.00	1.46	1.40	0.00	0.06	5.74	17.49	11.75	
12-13	3.00	1.46	1.05	0.00	0.41	6.14	18.94	12.80	
13-14	3.00	1.46	1.05	0.00	0.41	6.55	20.40	13.85	
14-15	3.00	1.46	1.05	0.00	0.41	6.96	21.86	14.90	
15-16	4.00	1.46	1.40	0.00	0.06	7.02	23.32	16.30	
16-17	4.00	1.46	1.40	0.00	0.06	7.08	24.77	17.70	
17-18	5.00	1.46	1.75	0.00	-0.29	6.79	26.23	19.45	
18-19	5.65	1.46	1.98	0.00	-0.52	6.27	27.69	21.42	
19-20	26.25	1.46	9.18	0.00	-7.72	-1.46	29.15	30.60	
20-21	4.00	1.46	1.40	0.00	0.06	-1.40	30.60	32.00	
21-22	4.00	1.46	1.40	0.00	0.06	-1.34	32.06	33.40	
22-23	3.00	1.46	1.05	0.00	0.41	-0.93	33.52	34.45	
23-24	1.50	1.46	0.52	0.00	0.93	0.00	34.97	34.97	

Qmaxd= 34.97 m^3 /den

Vprov=	8.53 m^3
min	-1.46
max	7.08

Plnění vodojemu 24 h
 Přítok 1.46 m^3/h
 Přeběr 0.40 l/s

Požární objem

$$V_{pož} = 3,6 * Q_p * t * n \quad (21)$$

- Q_p – odběr požární vody [l/s]
- t – doba, po kterou je nutno zajistit dodávku požární vody
- n – počet odběrných míst

Tab. 5.4.1: Hodnoty nejmenší dimenze potrubí, odběru vody a obsahu nádrže [10].

Číslo položky	Druh objektu a jeho mezní plocha požárního úseku S v m^2	Potrubí DN v mm	Odběr Q ($l \cdot s^{-1}$) pro $v = 0,8 \text{ m} \cdot s^{-1}$ (doporučená rychlost)	Odběr Q ($l \cdot s^{-1}$) pro $v = 1,5 \text{ m} \cdot s^{-1}$ (s požárním čerpadlem) ³⁾	Obsah nádrže požární vody v m^3
1	Rodinné domy do zastavěné plochy $S \leq 200$ a nevýrobní objekty (kromě skladů) do plochy $S^{1)} \leq 120$	80	4	7,5	14
2	Nevýrobní objekty o ploše $120 < S^{1)} \leq 1\,000$; výrobní objekty a sklady do plochy $S^{1)} \leq 500$; čerpací stanice kapalných a zkapalněných plyných pohonných hmot	100	6	12	22
3	Nevýrobní objekty o ploše $1\,000 < S^{1)} \leq 2\,000$; Výrobní objekty a sklady o ploše $500 < S^{1)} \leq 1\,500$; otevřená technologická zařízení do plochy $S^{1)} \leq 1\,500$	125	9,5	18	35
4	Nevýrobní objekty o ploše $S^{1)} > 2\,000$; Výrobní objekty, sklady a otevřená technologická zařízení o ploše $S^{1)} > 1\,500$	150	14	25	45
5	Objekty s vysokým požárním zatížením ²⁾ ($p > 120 \text{ kg} \cdot m^{-2}$) a současně s plochou $S^{1)} > 2\,500$	200	25	40	72

¹⁾ Plocha S v m^2 představuje plochu požárního úseku (u vícepodlažních úseků je dána součtem ploch užitných podlaží).

²⁾ U položek 1 až 4 se nemusí k požárnímu zatížení přihlížet.

³⁾ U hasebnímu zásahu lze připojením mobilní techniky na hydrant překročit doporučenou rychlost proudění vody v potrubí ($v = 0,8 \text{ m} \cdot s^{-1}$) až na hodnotu $v = 2,5 \text{ m} \cdot s^{-1}$, aby se zabránilo „kavitačnímu“ režimu při provozu požárního čerpadla vlivem zvýšených hydraulických ztrát byla pro účely této normy navržena nižší hodnota rychlosti, a to $v = 1,5 \text{ m} \cdot s^{-1}$.

Objem pro případ poruchy [14].

$$V_{por} = \frac{Q_m}{24} * T \quad (22)$$

- Q_m – maximální denní potřeba vody
- T – doba trvání poruchy [hod]

Pozn.: Poruchovou rezervu se doporučuje navrhnout, aby celkový akumulární objem byl alespoň 60 % Q_m .

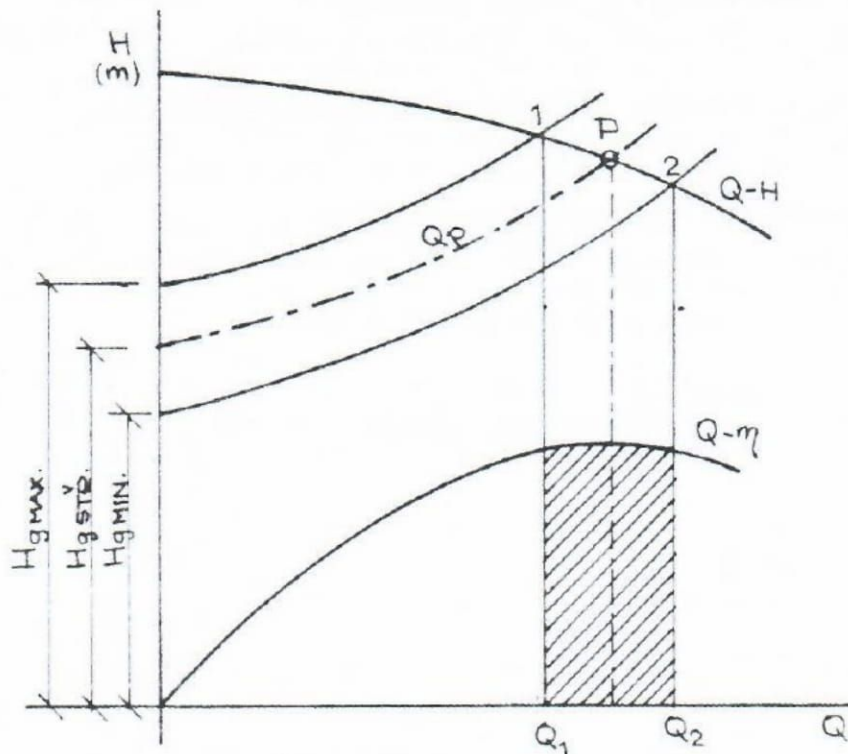
5.5 Čerpadlo

Čerpané množství Q je průtok čerpadlem, který je čerpadlo schopno dopravit při hospodárném provozu na místo o určité dopravní výšce H .

Dopravní výška čerpadla H je suma rozdílů geodetických výšek H_g a ztrátové výšky H_z v potrubí při požadovaném průtoku Q .

Čerpadlo navrhujeme vždy tak, aby účinnost byla co nejvyšší.

Při navrhování čerpadel nás mj. zajímá křivka příkonu a křivka NPSH.



Obr. 5.5.1: Charakteristika čerpadla [14].

- H – dopravní výška čerpadla [m]
- Q – čerpané množství [m^3/s]
- $Q-\eta$ – křivka účinnosti čerpadla
- $Q-H$ – křivka závislosti dopravní výška na průtoku
- Q_p – křivka charakteristiky potrubí
- P – pracovní bod čerpadla

$$H = H_g + H_z \quad (23)$$

$$H_g = H_{g2} - H_{g1} \quad (24)$$

$$H_z = H_{zs} + H_{zv} \quad (25)$$

- H_{g2} – koncová geodetická výška, H_{g1} – počáteční geodetická výška
- H_{zs} - ztráty na sacím potrubí, H_{zv} – ztráty na výtlačném potrubí

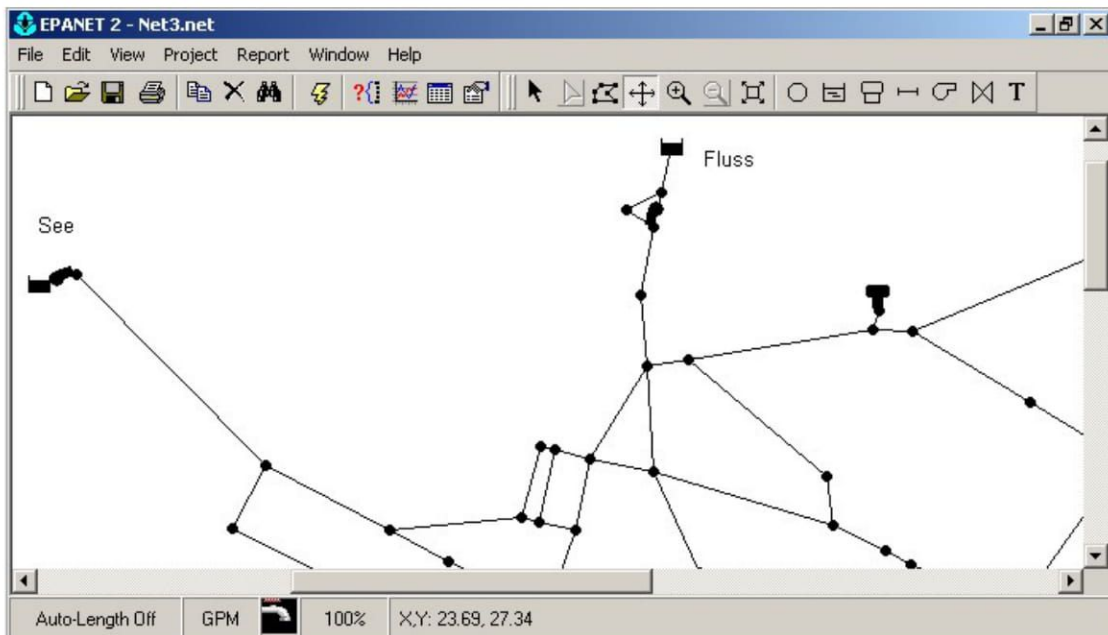
5.6 Matematické modelování

S použitím matematického modelování dokážeme velmi podrobně rozebrat tlakové a průtokové poměry ve vodovodní síti. Matematické modelování nám dává širokou škálu informací o namodelované vodovodní síti. Způsob tohoto výpočtu je velmi elegantní pro vyřešení nového návrhu vodovodní sítě, případně problémů v praxi. Pro sestavení modelu je zapotřebí stanovit základní topologická a hydraulická data a údaje o vtocích a odběru [30].

- geometrii řešené sítě [30]
- základní hydraulické informace [30]
- údaje o objektech na síti [30]
- hodnoty odběrů a vtoků do sítě [30]

5.6.1 EPANET

EPANET od společnosti EPA je celosvětově využívaný software, používaný pro modelování distribuční vodovodní sítě. Pro využívání softwaru není potřeba žádná licence. Inženýři a konzultanti využívají tento software pro návrh vodovodní infrastruktury a posouzení stávajících vodárenských prvků [31].



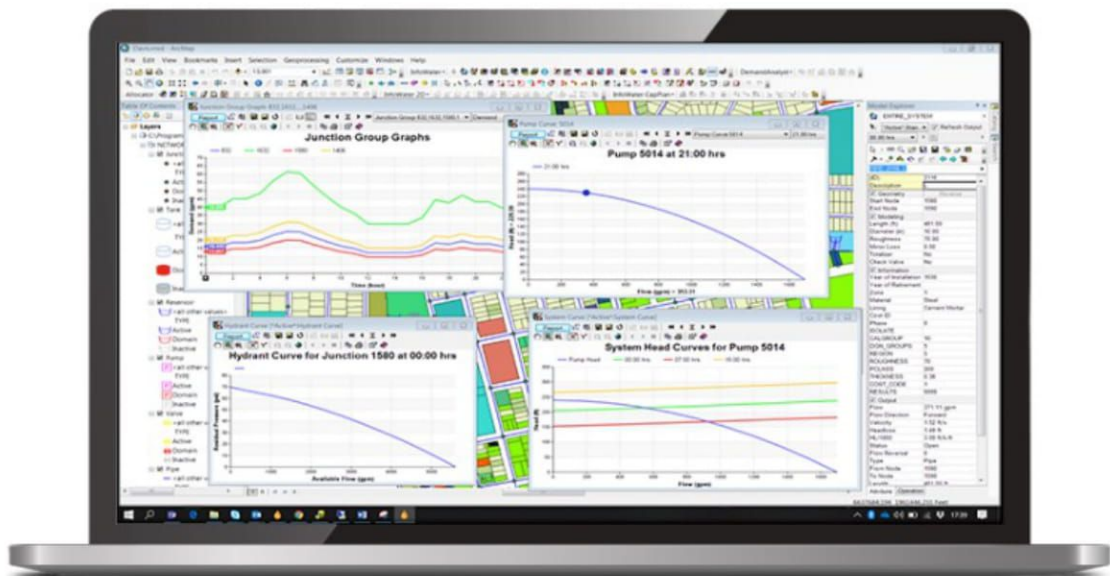
Obr. 5.6.1.1: Uživatelské prostředí softwaru EPANET [32].

5.6.1.1 EpaCAD

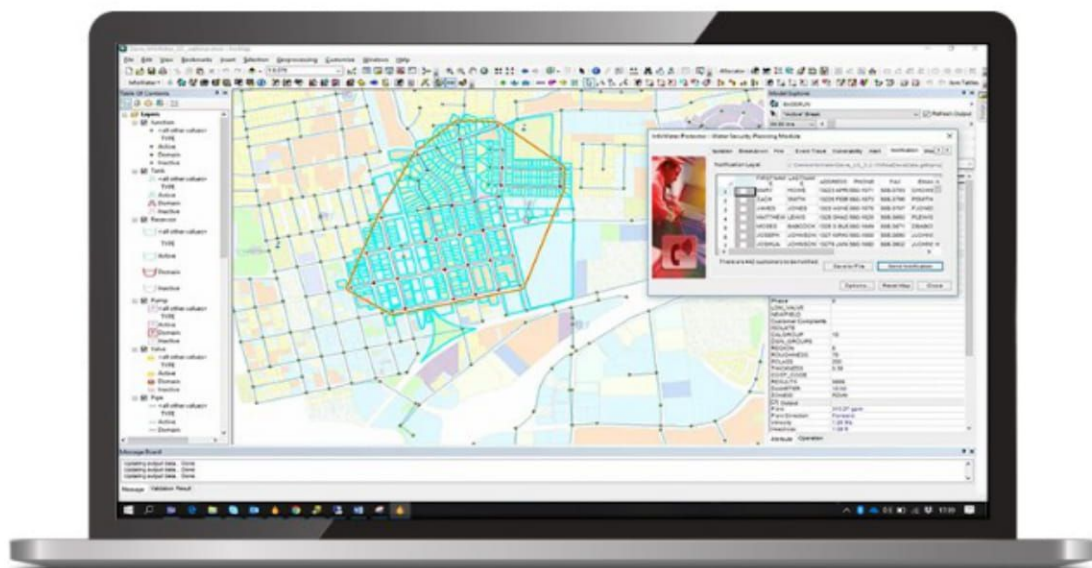
EpaCAD je software, který slouží k převedení návrhu vytvořeného v programu AutoCAD do prostředí EPANET [33].

5.6.2 InfoWater

Vývojářem softwaru Infowater je společnost Innowyze. Program Infowater je založen na výpočetním jádře programu EPANET. Tento program umí spolupracovat s ArcGISem a AutoCADem. Software umí mj. nasimulovat případnou poruchu a odstávku pomocí funkce „what-if“ [34].



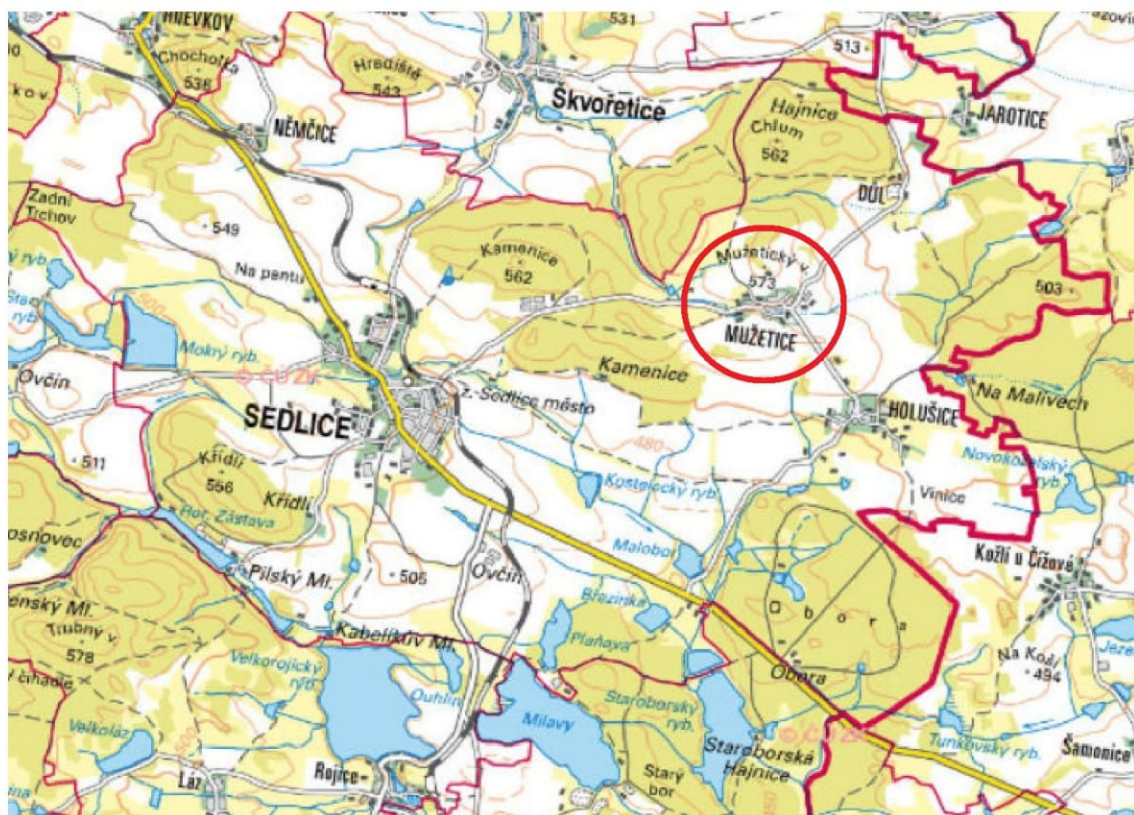
Obr. 5.6.2.1: Uživatelské prostředí softwaru InfoWater [34].



Obr. 5.6.2.2: Ukázka z modelování vodovodní sítě [34].

6. Obec Mužetice

6.1 Popis obce



Obr. 6.1.1: Mapa 1:50 000 s vyznačením obce Mužetice [35].

Od roku 1540 patřila ves ke škvořetickému statku a s ním se dostala k Blatné. V Mužeticích se v roce 1862 uvádí 33 domů a 217 obyvatel [36].

Dnes je v obci Mužetice 56 trvale žijících obyvatel [37].

Obec Mužetice se nachází poblíž města Sedlice v okrese Strakonice. Obec Mužetice je místní částí města Sedlice. Obec leží v nadmořské výšce 530 - 550 m n. m. Nad Mužeticemi se nachází nejvyšší vrchol Blatenska, Mužetický vrch, s nadmořskou výškou 572,70 m.

V obci se nachází typická venkovská zástavba původních zemědělských usedlostí doplněná novodobou modernější zástavbou o jednom až dvou podlažích [38].

6.2 Stávající způsob zásobování pitnou vodou



Obr. 6.2.1: Letecký snímek se zákresem stávajícího zásobování [39].

Zásobování obce vodou je v současné době realizováno podzemní vodou, mělkého oběhu ze stávajících vodních zdrojů.

Stávajícími vodními zdroji jsou studny S1 a S2. Studna S2 je v současné době mimo provoz. Mimo provoz je i odkyselovací stanice z důvodu havarijního stavu.

Vodní zdroje S1 a S2 leží severozápadně cca. 0,65 km od obce.

Voda ze studny S1 natéká gravitačně do akumulární jímky, která je součástí čerpací stanice a úpravně vody Mužetice. K úpravně vody je zajištěn přístup po vyježděné polní cestě.

Upravená voda je čerpána do zásobního vodojemu Mužetice o objemu 100 m³, který je umístěn severně nad obcí pod Mužetickým vrchem. K vodojemu neexistuje přístupová komunikace. Přístup k vodojemu je pouze po zemědělsky obhospodařovaných pozemcích a tím je omezena jeho obsluhovatelnost. Vodojem je umístěn na kótě cca. 563,00 m n. m.. Z vodojemu je voda gravitačně vedena do rozvodné sítě v obci Mužetice. Poloha vodojemu zajišťuje hydrostatický tlak ve vodovodní síti Mužetice cca. 0,15 – 0,30 MPa [38].

6.3 Vodní zdroj

Obyvatelstvo obce využívalo před vybudováním vodovodu pro veřejnou potřebu vlastní studny. Vzhledem ke klesající kvalitě vody a vydatnosti studen, byl v letech 1956 - 1958 postupně budován místní vodovod, který se postupně rozšiřoval [38].

6.3.1 Studna S1

Studna S1 se nachází nedaleko prameniště Škvořetického potoka. Studna byla vybudována v roce 1958 jako zdroj vody pro zemědělské družstvo. K tomuto účelu sloužila do roku 2001.

Jedná se o roubenou kopanou studnu o průměru 2 m. Hloubka studny je 8 m. Horní část studny je osazena dílcovými skružemi. Studna je zakryta betonovou deskou se vstupním otvorem zakrytým ocelovým poklopem o rozměrech 0,75 x 0,75 m s ventilační hlavicí. Kolem studny je vytvořen zemní kužel zvýšený 1 m nad terén.

Normální úroveň podzemní vody je 2,3 m od okraje vstupu [38].

6.3.2 Studna S2

Studna S2 se nachází 9,5 m od studny S1. Studna byla vybudována v roce 1985.

Jedná se o kopanou studnu o průměru 1 m. Hloubka studny je 8,5 m. Horní část studny je osazena betonovými skružemi. Studna je zakryta půlenou betonovou deskou. Poslední skruž je vytažena cca 0,5 m nad terén.

Normální úroveň podzemní vody je 2,8 m od okraje vstupu. Studna slouží jako možný záložní zdroj a není v současné době využívána [38].

6.3.3 Ochranná pásma

Ochranná pásma vodního zdroje jsou vymezena rozhodnutím okresního národního výboru ve Strakoněcích zn. ŽPaV/2075/92/90/Ka ze dne 8.8.1990 [40].

Ochranné pásma vodního zdroje je stanoveno v rozsahu:

- Ochranné pásma 1. stupně zdroje [40]
- Ochranné pásma 2. stupně zdroje – vnitřní a vnější [40]

V současné době není ochranné pásma 1. stupně zdroje oploceno.

6.3.4 Vydatnost vodního zdroje

Pro studnu S1 bylo vydáno Povolení k odběru podzemní vody zn. 09/6778/06/Ja ze dne 29.09.2006 [41].

Povolený odběr:

- $Q_{\text{průměr}} = 0,16 \text{ l/s} \rightarrow 0,57 \text{ m}^3/\text{h}$
- $Q_{\text{maximální}} = 0,30 \text{ l/s} \rightarrow 1,08 \text{ m}^3/\text{h}$
- $Q_{\text{maximální}} = 450 \text{ m}^3/\text{měsíc}$
- $Q_{\text{maximální}} = 5\,000 \text{ m}^3/\text{rok}$

Platnost povolení k nakládání s podzemními vodami je do 31.12.2026 [41].

v tomto rozsahu:

Prům. povolený odběr:	0,16 l/s
Max. povolený odběr:	0,3 l/s
Max. měsíční povolený odběr:	450 m ³ /měs
Max. roční povolený odběr:	5,0 tis. m ³ /rok

Majitel systému: Obec Sedlice
Provozovatele systému: Vodovody a kanalizace Jižní Čechy, a.s.
Počet zásobovaných obyvatel v části Mužetice: 45
Kategorie udržitelnosti vody: A1
Počet měsíců v roce, kdy se odbírá: 12
Doba povoleného nakládání s podzemními vodami: do 31.12.2026

Údaje o povoleném nakládání s podzemními vodami:

Související vodní dílo: stávající kopaná studna S-1
Přívod (odebírané) vody: podzemní voda mělkého oběhu
Typ odběrného objektu: kopaná studna
Vodní značka (cejch): NE

Účel povoleného nakládání s podzemními vodami: odběr podzemní vody pro vodovod Mužetice a následně zásobování pitnou vodou částí Mužetice, obce Sedlice.

Povolení k odběru podzemní vody je vydáváno bez ohledu na jakost podzemní vody v místě tohoto povoleného nakládání.

K místu odběru je stanoveno ochranné pásmo vodních zdrojů - rozhodnutí vydané Okresním národním výborem ve Strakonicih, odborem VLHZ, dne 21.10.1985 pod č.j. VLHZ/1854/R-2050/11-2058/85.

II. mění a ruší

podle § 12 odst. 1 písm. a) zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů, mění výrokovou část rozhodnutí o povolení k nakládání s vodami a stanoví ochranné pásmo č.j. VLHZ/1854/R-2050/H-5058/85, ze dne 21.10.1985 vydané Okresním národním výborem ve Strakonicih, odborem VLHZ - z bodu 1. výroku rozhodnutí je vyjmut vodní zdroj studna farma Mužetice.

Obr. 6.3.4.1: Údaje z povolení k nakládání s vodami zn. 09/6778/06/Ja ze dne 29.09.2006 [41].

6.4 Jakost surové vody

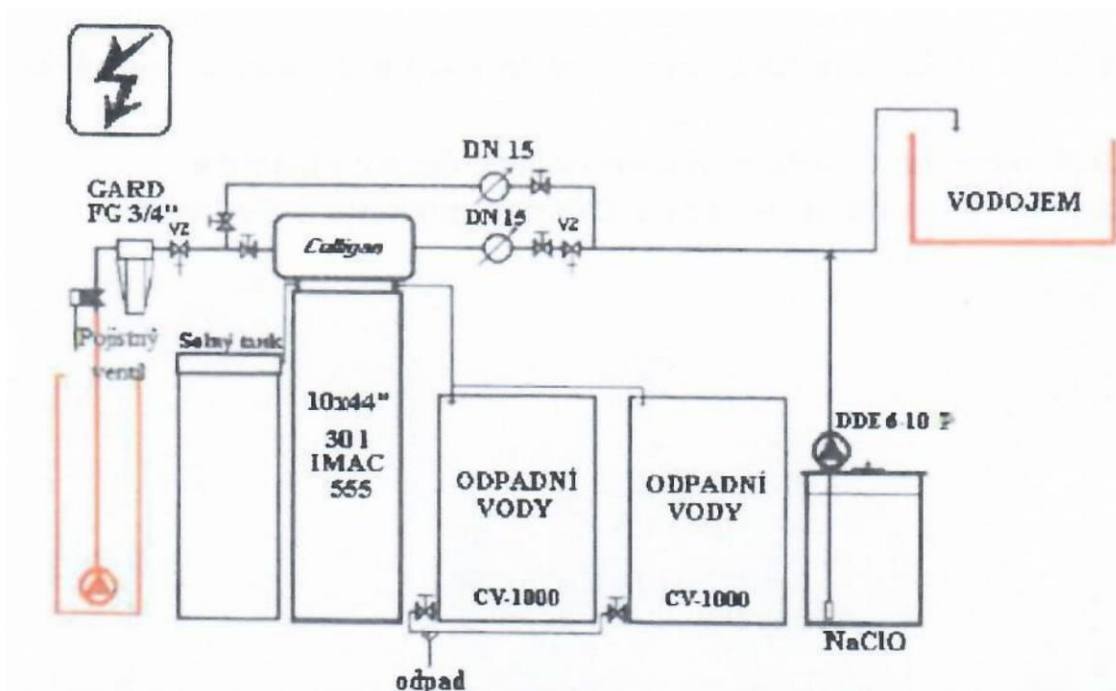
Tab. 6.4.1: Tabulka sledovaných ukazatelů jakosti surové vody v porovnání s hygienickými limity dle přílohy č. 1 vyhlášky č. 252/2004 Sb. [42].

Ukazatel	Vzorek vody	Limit
Barva [mg/l Pt]	<5	20
Zákal [ZF (n)]	<0,15	5
Pach – hodnocení	Přijatelný	Přijatelný
Konduktivita (25°C) [mS/m]	32,4	125
Stanovení pH	7,0	6,5-9,5
CHSK – Mn [mg/l]	0,50	3,0
Amoniak a NH ₄ ⁺ [mg/l]	<0,05	0,50
Dusitany [mg/l]	<0,010	0,50
Dusičnany [mg/l]	52	50
Chloridy [mg/l]	17,0	100
Sírany [mg/l]	25	250
Celková tvrdost [mmol/l]	1,26	2-3,5
Vápník [mg/l]	36	30
Hořčík [mg/l]	8,5	10
Mangan [mg/l]	<0,02	0,050
Železo [mg/l]	<0,050	0,20
Escherichia coli [KTJ/100ml]	0	0
Intestinální enterokoky [KTJ/100 ml]	19	0
Mikroskopický obraz – abioseston [%]	1	5
Mikroskopický obraz – počet organismů [jedinci/ml]	88	50

Zkoumaný vzorek vody není úplný. Dle informací od provozovatele je kvalita surové vody proměnná v závislosti na klimatických podmínkách. Kvalita vody se výrazně zhoršuje v letních obdobích a po příválových deštích. V surové vodě se při vyšších teplotách výrazně zvyšují hodnoty mikrobiologických a biologických ukazatelů. Z tohoto důvodu je nutné zvyšovat dávku desinfekčního činidla pro zachování hygienického zabezpečení. Pro udržení kvality je nutné provádět další dochloraci ve vodojemu. Dlouhodobým problémem je zvýšený obsah dusičnanů v surové vodě.

Tyto ukazatele vyžadují zvýšené nároky na obsluhu a provoz a zvyšují provozní náklady [42].

6.5 Úpravna surové vody s čerpací stanicí



Obr. 6.5.1: Technologické schéma ÚV Mužetice [38].

Úpravna vody je zděná budova s vnitřními rozměry 3,5 x 3,5 m. Pod budovou je umístěna akumulční nádrž o půdorysném rozměru 2,5 x 2,5 m.

Surová voda přitéká do akumulční nádrže úpravní vody gravitačně. Z akumulční nádrže je voda čerpána ponorným čerpadlem přes vložkový filtr GARD FG pro zachycení mechanických nečistot na automatický tlakový filtr k odstranění dusičnanů. Přes automatický tlakový filtr protéká polovina celkového čerpaného objemu, druhá polovina protéká přes by-pass. Za filtrem se voda mísí a do potrubí je dávkovacím čerpadlem dávkován chlornan sodný. Takto upravená voda je čerpána do vodojemu Mužetice.

Regenerace filtru na odstranění dusičnanů je řízena automaticky. Spotřeba vody na jednu regeneraci činí cca 12 m³ při mísení vody v poměru surové ku upravené vodě 2:1. Na zachycení odpadní vody z praní filtru v množství cca 200 - 230 l jsou v úpravně vody umístěny 2 plastové samonosné nádrže objemu 1 m³. Regenerát se likviduje 1 měsíčně odvozem na čistírnu odpadních vod Blatná [38].

6.6 Vodojem Mužetice



Obr. 6.6.1: Letecký snímek s vyznačením vodojemu Mužetice [43].

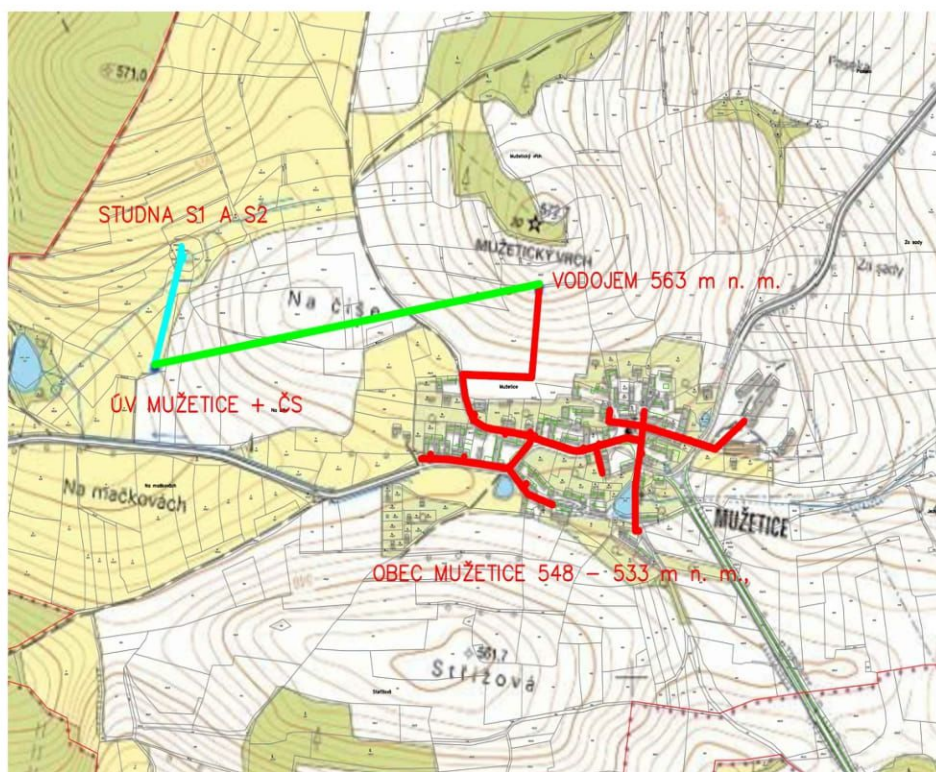
Vodojem je situován severně od obce Mužetice na pozemku p. č. 187/2 v k. ú. Mužetice. K vodojemu není zřízena přístupová komunikace, což ztěžuje celoročně jeho obsluhu. Vodojem je umístěn na kótě cca. 563,00 m n. m.

Jedná se o jednokomorový podzemní vodojem o objemu 100 m³ s manipulační komorou. Z vodojemu odtéká upravená voda gravitačně do rozvodné vodovodní sítě obce Mužetice. Výška hladiny ve vodojemu je udržována plovákovým ventilem.

Vodojem je oplocen a vstup do manipulační komory je uzamčen.

Provozní údaje z vodojemu jsou přenášeny na dispečink provozovatele [38].

6.7 Stávající rozvodná vodovodní síť



Obr. 6.7.1: Mapa 1:10 000 se zákresem stávající rozvodné vodovodní sítě [44, 45, 46].

Jedná se o větvnou vodovodní síť. Síť tvoří jedno tlakové pásmo. Tlak ve vodovodní síti je udržován v rozmezí minimální a maximální hladiny vodojemu.

Zástavba v obci se nachází v nadmořské výšce 548 – 533 m.

Minimální hydrostatický tlak v síti činí cca 0,15 MPa.

Maximální hydrostatický tlak v síti činí cca 0,30 MPa.

Tlak ve vodovodní síti vyhovuje požadavkům vyhlášky č. 428/2001 Sb.

Rozvodné řady jsou vedeny převážně v komunikačním systému obce. Některé úseky rozvodné sítě jsou vedeny přes soukromé pozemky a prochází pod stavbami.

Celková délka rozvodné sítě činí 1 566 m. Vodovodní síť je z různých druhů materiálu (litina, ocel, PE), což ukazuje na její postupný časový rozvoj. Na vodovodní síť je napojeno 45 vodovodních přípojek, z nichž 43 je měřeno vodoměrem. Na vodovodní síti jsou osazeny 3 funkční podzemní hydranty, které slouží pro provozní odvětrání, odkalení a požární zabezpečení. Dříve osazené nadzemní hydranty jsou dnes již zcela nefunkční. Na síti nejsou osazeny funkční uzavírací armatury [38].

Průměrná roční spotřeba vody činí 1665 m³/rok. Průměrné fakturované množství vody činí 1740 m³/rok. Rozdíl množství činí 4,5 %. Rozdíl lze přisoudit nepřesnosti vodoměru při nízkých odběrech [47].

7. Obec Holušice

7.1 Popis obce



Obr. 7.1.1: Mapa 1:50 000 s vyznačením obce Holušice [35].

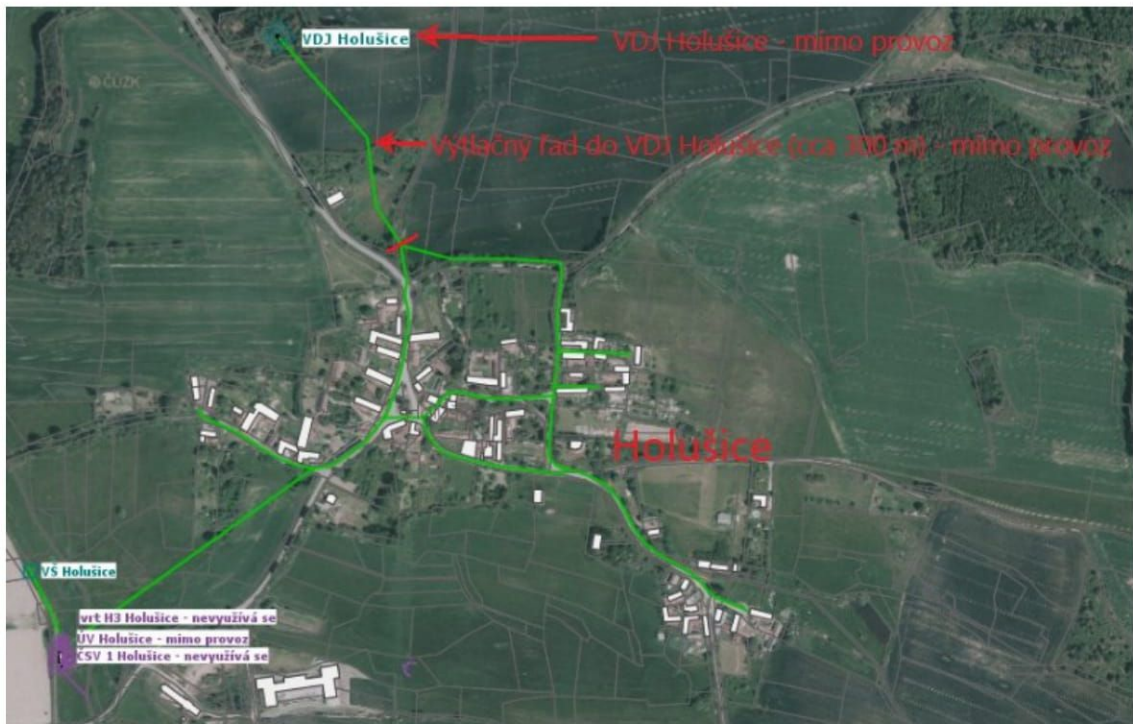
V Holušicích se v roce 1862 uvádí 46 domů a 385 obyvatel [36].

Dnes je v obci Holušice 82 trvale žijících obyvatel [37].

Obec Holušice se nachází poblíž města Sedlice v okrese Strakonice. Obec Holušice je místní částí města Sedlice. Obec leží v nadmořské výšce 490 - 530 m n. m. Severozápadně se nad Holušicemi nachází obec Mužetice.

V obci se nachází typická venkovská zástavba původních zemědělských usedlostí doplněná novodobou modernější zástavbou o jednom až dvou podlažích [48].

7.2 Stávající způsob zásobování



Obr. 7.2.1: Letecký snímek se zákresem stávajícího zásobování [39].

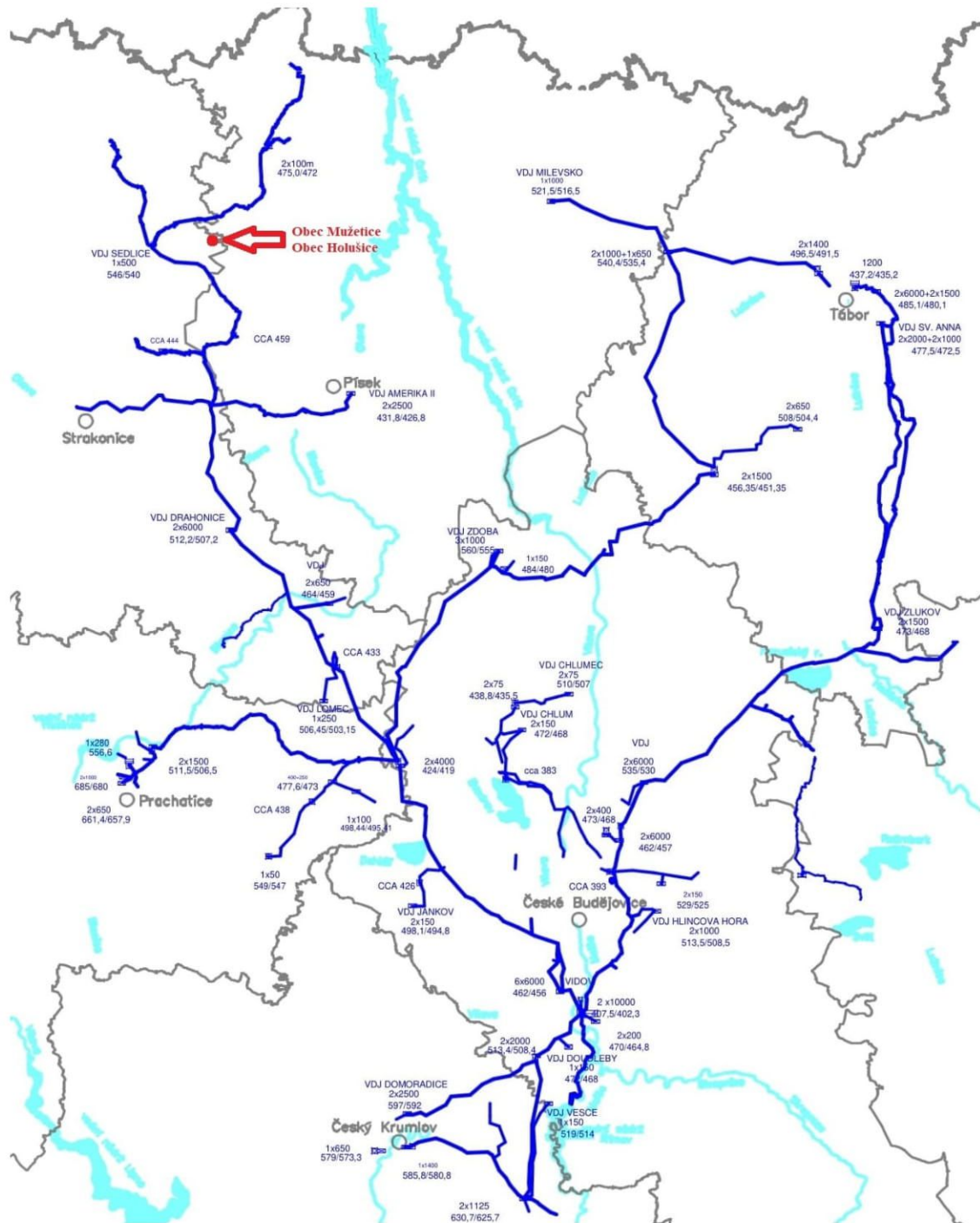
Původním vodním zdrojem byl vrt H3, o vydatnosti 0,6 l/s. Voda z vrtu byla čerpána do úpravní vody a následně čerpána do rozvodné sítě a jednokomorového vodojemu o objemu 100 m³, který je umístěn za spotřebišťem.

V roce 2003 byla vodovodní síť rozšířena a napojena na Vodárenskou soustavu Jižní Čechy. Vodní zdroj vrt H3, úpravná vody, čerpací stanice a vodojem byly odstaveny.

Vodárenská soustava Jižní Čechy, je v současnosti hlavním zdrojem pitné vody [38].

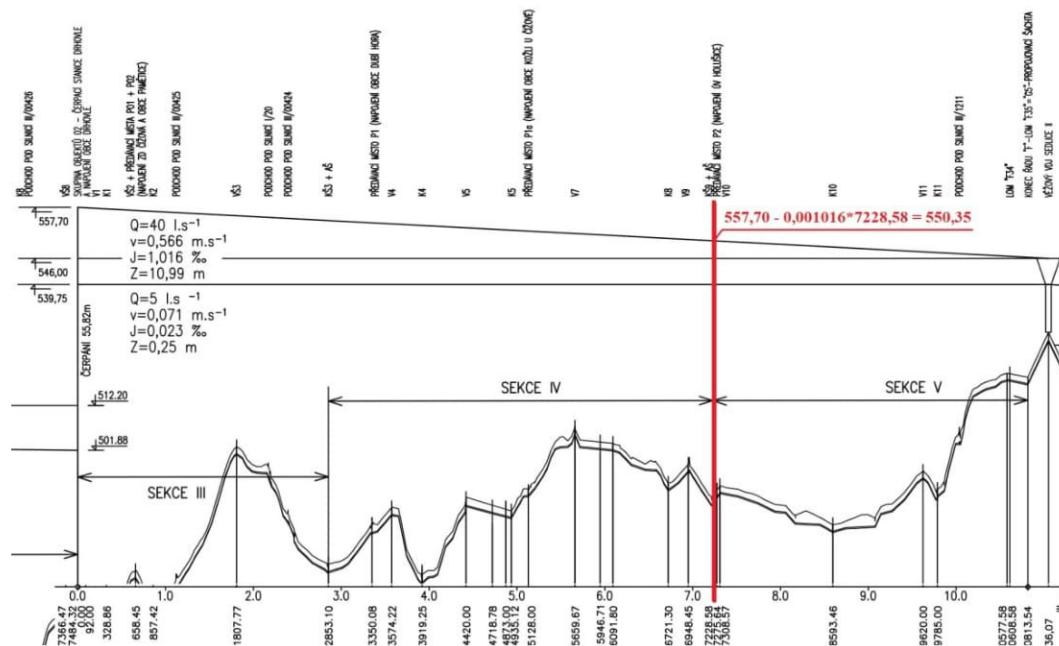
V centru obce na kótě 511 m n. m. byl změřen provozní tlak na hydrantu 0,35 MPa [49].

7.3 Vodní zdroj

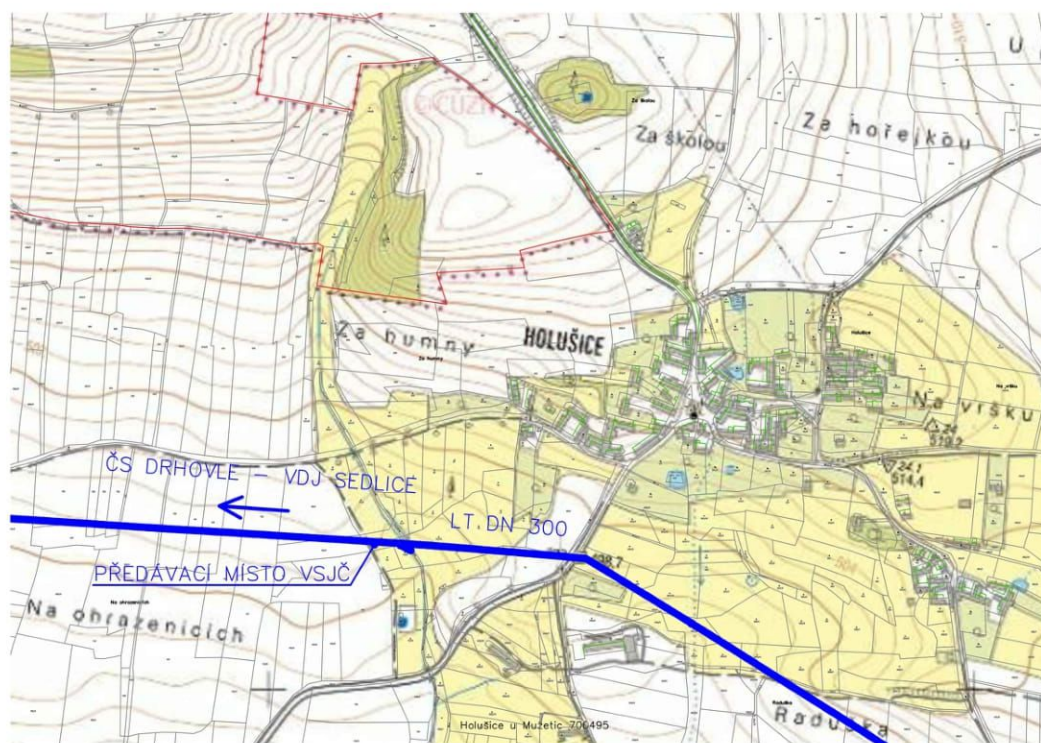


Obr. 7.3.1: Schéma Vodárenské soustavy Jižní Čechy [50].

Zdrojem vody pro Vodárenskou soustavu Jižní Čechy je vodárenská nádrž Římov na řece Malši. Surová voda je dopravována na úpravnu vody Plav. Upravená voda splňuje přísné požadavky na kvalitu pitné vody. Soustavu provozuje Jihočeský vodárenský svaz od roku 2011 [38].



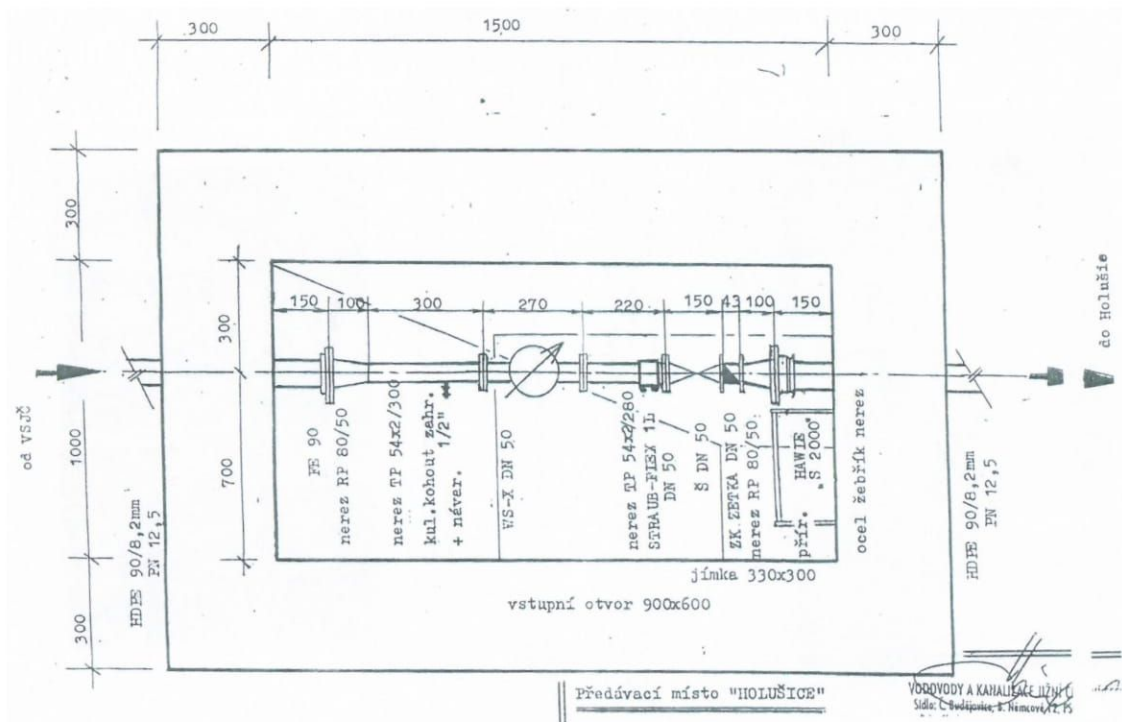
Obr. 7.3.2: Přehledný podélný profil přívodního řadu VSJČ s vyznačením předávacího místa obec Holušice [51].



Obr. 7.3.3: Vyznačení předávacího místa pro obec Holušice [44, 45, 52].

Vodním zdrojem pro obec Holušice je Vodárenská soustava Jižní Čechy. Přívodní řad VSJČ je z tvárné litiny průměru DN 300. Předávací místo je připojeno v km 7 228,58 od ČS Drhovele směrem k VDJ Sedlice. Hydrodynamický přetlak v místě napojení činí cca 0,60 MPa [51].

7.4 Předávací vodoměrná šachta



Obr. 7.4.1: Vystrojení předávací VDMŠ [48].

V místě napojení na Vodárenskou soustavu Jižní Čechy je zřízena předávací vodoměrná šachta o vnitřních půdorysných rozměrech 1,5 x 1,0 m. Potrubí PE D 90 je v šachtě zredukováno na DN 50. Vystrojení je provedeno v nerez. V šachtě je osazen vodoměr, uzavírací šoupě, zpětná klapky a vzorkovací kohout [48].

7.5 Vodojem Holušice



Obr. 7.5.1: Letecký snímek s vyznačením vodojemu Holušice [43].

Vodojem se nachází severozápadně od obce Holušice na pozemku p. č. 283/2 v k. ú. Holušice u Mužetic. K vodojemu je zřízena příjezdová komunikace na pozemku p. č. 283/3 v k. ú. Holušice u Mužetic. Vodojem je umístěn na kótě cca. 544,00 m n. m.

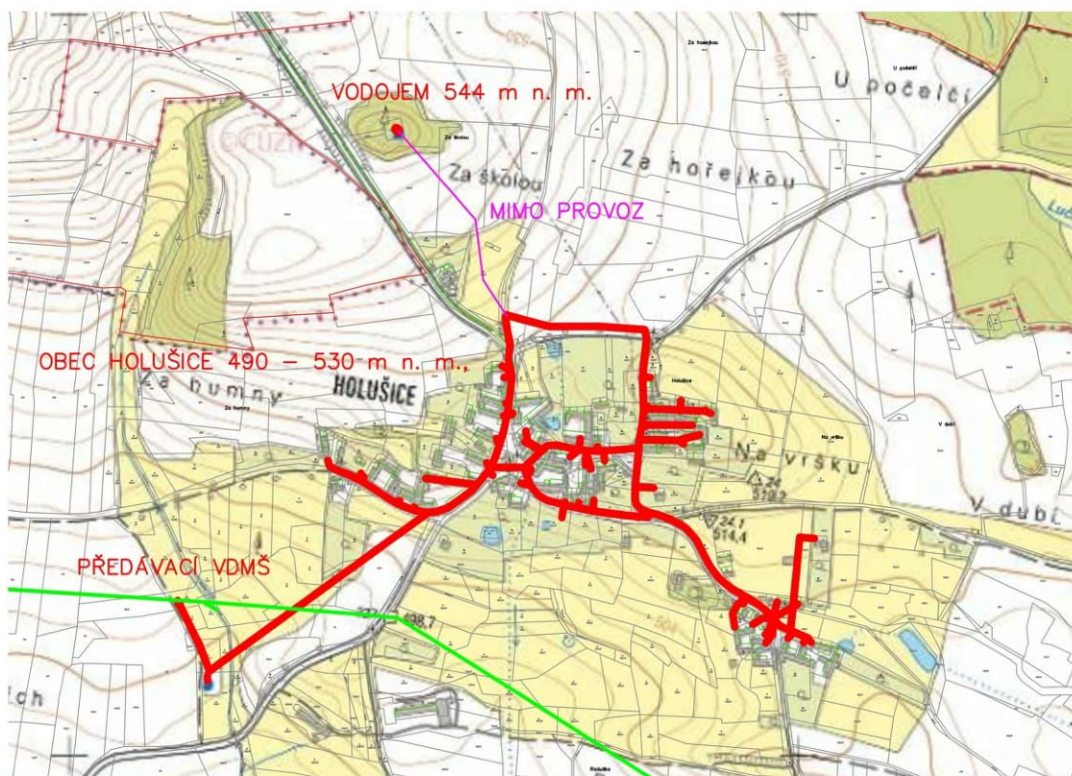
Jedná se o jednokomorový podzemní vodojem o objemu 100 m³ s manipulační komorou. Vodojem je v současné době mimo provoz.

Výšky hladin ve vodojemu byly projektem stanoveny takto:

- maximální hladina na kótě 546,30 m n. m.
- minimální hladina na kótě 543,00 m n. m.

Vodojem není v současné době zabezpečen funkčním oplocením. Pouze vstup do manipulační komory je uzamčen [48].

7.6 Stávající rozvodná vodovodní síť



Obr. 7.6.1: Mapa 1:10 000 se zákresem stávající rozvodné vodovodní sítě [44, 45, 53].

Jedná se o kombinovanou vodovodní síť. Okružovou síť doplňuje síť větvná v okrajových částech spotřebišť. Síť tvoří jedno tlakové pásmo. Tlak ve vodovodní síti určuje hydrodynamický tlak v předávacím místě.

Zástavba v obci se nachází v nadmořské výšce 490 – 530 m.

Hydrodynamický tlak v předávacím místě činí 0,60 MPa.

Kontrolní tlak byl změřen v centru obce na hydrantu ve výši 0,35 MPa [49].

Tlak ve vodovodní síti vyhovuje požadavkům vyhlášky č. 428/2001 Sb.

Rozvodné řady jsou vedeny převážně v komunikačním systému obce. Některé úseky rozvodné sítě jsou vedeny přes soukromé pozemky.

Celková délka rozvodné sítě činí 2 724 m. Vodovodní síť je z různých druhů materiálu (litina, ocel, PE). Na vodovodní síť je napojeno 55 vodovodních přípojek, z nichž 54 je měřeno vodoměrem. Na vodovodní síti je osazeno 6 funkčních podzemních hydrantů, které slouží pro provozní odvětrání, odkalení a požární zabezpečení. Na vodovodní síti jsou v armaturních uzlech osazena šoupata [48].

Průměrná roční spotřeba vody činí 2399 m³/rok. Průměrné fakturované množství vody činí 1865 m³/rok. Rozdíl množství činí 22 %. Rozdíl lze přisoudit významných ztrátám ve vodovodní síti [47].

8. Návrh koncepce zásobování pitnou vodou obce Mužetice

Na základě vyhodnocení stávajícího stavu zásobování vodou obce Mužetice bude navrženo variantní řešení zásobování pitnou vodou obce Mužetice.

8.1 Variantní řešení zásobování pitnou vodou

Koncepce zásobování pitnou vodou obce Mužetice je navržena ve čtyřech variantách.

8.1.1 Varianta č. 1

Zachování stávajícího způsobu zásobování pitnou vodou obce Mužetice. Zabezpečení zdrojů vody oplocením v rozsahu vymezeném ochranným pásmem 1. stupně zdroje. Sanace stavebních částí stávajících objektů vodárenských zařízení. Zřízení příjezdové komunikace pro zpřístupnění vodojemu Mužetice. Návrh trasy příjezdové komunikace je patrný ze situačních výkresů (příloha č. 1, příloha č. 2).

8.1.2 Varianta č. 2

Propojení stávajících rozvodných sítí obcí Holušice a Mužetice s osazením ATS na propojovacím řadu. Stávající zdroje, úpravna vody a vodojem obce Mužetice budou odstaveny z provozu. VDJ Mužetice může být uvažován jako vodojem za spotřebišťem. Návrh trasy propojovacího řadu je patrný ze situace (příloha č. 3).

8.1.3 Varianta č. 3

Pro obec Mužetice bude zřízeno nové předávací místo na Vodárenské soustavě Jižní Čechy. Z předávacího místa bude veden nový samostatný výtlačný řad s napojením na rozvodnou síť obce Mužetice. Vzhledem k tomu, že tlak v předávacím místě není dostatečný pro plnění vodojemu Mužetice, bude na trase osazeno posilovací čerpadlo nebo AT stanice. Provoz čerpadel bude řízen plovákovým ventilem na základě hladin ve vodojemu. Z vodojemu Mužetice, umístěným za spotřebišťem, bude obec zásobována gravitačně. Stávající zdroje a úpravna vody obce Mužetice budou odstaveny z provozu. Návrh trasy výtlačného řadu je patrný ze situace (příloha č. 4).

8.1.4 Varianta č. 4

Obec Mužetice bude napojena na VSJČ s využitím předávacího místa pro obec Holušice. Z předávacího místa bude vybudován nový výtlačný řad do vodojemu Holušice. Z důvodu výškového umístění vodojemu Holušice nelze uvažovat o gravitačním zásobování obce Mužetice. V manipulační komoře vodojemu Holušice bude osazena automatická tlaková stanice, která zajistí vyhovující tlakové poměry v obci Mužetice. Z AT stanice bude veden nový výtlačný řad s napojením na novou rozvodnou vodovodní síť obce Mužetice. Trasa výtlačného řadu je navržena ve dvou variantách. Pro obec Holušice je navržen nový zásobovací řad z vodojemu Holušice s napojením na novou rozvodnou síť Holušice. Tímto způsobem bude zajištěno zásobování obce Holušice gravitačně. Stávající zdroje, úpravna vody a vodojem obce Mužetice budou odstaveny z provozu. Popisované řešení je patrné ze situace (příloha č. 5).

8.1.5 Základní porovnání variant

Varianta č. 1 uvažuje pouze vybudování příjezdové komunikace a sanaci stávajících objektů. Problémem této varianty je umístění příjezdové komunikace na soukromých pozemcích, které nemusí být majitelé ochotni obci prodat. Tato varianta je uvažována jako krátkodobé řešení, jelikož neřeší problém se stávajícími zdroji surové vody. Do budoucna lze předpokládat nejen zhoršující se vydatnost vodního zdroje vzhledem ke klimatické změně, ale i kvalitu surové vody ve zdroji.

Varianta č. 2 propojuje rozvodné sítě jednotlivých obcí. Řešení bylo navrženo s předpokladem snadného a rychlého zhotovení propojovacího řadu, jelikož je trasa vedena po pozemcích v majetku obce a státu. Toto řešení je uvažováno jako dočasné. Tato varianta sítě umožňuje zásobování obcí přímo z řadu VSJČ bez využití vodojemu před spotřebištěm. Vodojem by v této variantě plnil primárně funkci akumulací pro případ požáru či poruchy. Rozvodná síť by byla převážně dotována z řadu VSJČ. Z tohoto důvodu lze předpokládat dlouhou dobu zdržení vody ve vodojemu a zhoršení kvality vody. Pravděpodobně by při provozu došlo k odstavení VDJ Mužetice jako v případě obce Holušice. Pokud by měl být VDJ Mužetice v provozu, musela by k němu být vybudována příjezdová komunikace, která je navržena ve variantě č. 1.

Varianta č. 3 napojuje stávající rozvodnou síť obce Mužetice na VSJČ. Trasa byla vedena převážně po obecních pozemcích. Část výtlačného řadu je umístěna na soukromých pozemcích, což může být problém pro realizaci varianty. Varianta uvažuje připojený VDJ Mužetice jako vodojem za spotřebišťem. Vodojem by v této variantě plnil primárně funkci akumulární pro případ požáru či poruchy. Rozvodná síť by byla převážně dotována z řadu VSJČ. Z tohoto důvodu lze předpokládat dlouhá doba zdržení vody ve vodojemu a zhoršení kvality vody. Pravděpodobně by při provozu došlo k odstavení VDJ Mužetice jako v případě obce Holušice. K VDJ Mužetice musí být vybudována příjezdová komunikace, která je navržena ve variantě č. 1.

Varianta č. 4 řeší komplexně danou oblast zásobování pitnou vodou a lze ji realizovat po etapách. Výtlačný řad z VSJČ je veden ve stávající trase, po obecních pozemcích a pozemcích v majetku státu. Zásobovací řad a část rozvodné sítě je vedena v souběhu s výtlačným řadem. Varianta řeší problém dvou obcí, obce Holušice a Obce Mužetice. Obě obce by byly zásobovány z VDJ před spotřebišťem, čímž by byla zajištěna výměna vody ve vodojemu a nedocházelo by k možnému zhoršení kvality vody. Varianta řeší výměnu stávajících sítí v obcích. Vzhledem k umístění navrženého výtlačného řadu v trase stávajícího řadu, kde není vyžadováno rozhodnutí o umístění stavby ani územní souhlas dle §103 resp. §79 Zákona č. 183/2006 Sb., na obecních pozemcích a státních pozemcích, nepředpokládá se problém s majetkoprávním vypořádáním.

Jako nejlepší vodohospodářské řešení byla vybrána varianta č. 4, která se budu věnovat v bakalářské práci dále.

8.2 Posouzení tlakových poměrů VSJČ – VDJ Holušice

Tlak v předávacím místě určuje ČS Drhovle s tlakovou čarou na kótě 557,70 m n. m. Z přehledného podélného profilu přívodního řadu VSJČ byl výpočtem stanoven tlak v předávacím místě Holušice na 0,60 MPa, což odpovídá výškové kótě tlakové čáry 550,35 m n. m. Maximální hladina ve vodojemu Holušice je na kótě 546,30 m n. m. Rozdíl výškových kót činí 4,05 m.

Na základě zjištěného rozdílu výškových kót musí výtlačný řad splňovat podmínku maximální tlakové ztráty v potrubí 4,05 m bez nutnosti zvyšování tlaku. Maximální povolený odběr z přívodního řadu JVS je stanoven provozovatelem ve výši

2 l/s. Výtlačný řad je navržen z PE D 90 x 5,4 SDR 17 PN 10 v délce 1175,50 m. Pro návrhový průtok $Q = 2$ l/s činí tlaková ztráta 3,26 m (tab. 7.2.1).

Tab. 7.2.1: Výpočet ztráty ve výtlačném řadu.

Úsek	Délka [m]	Q [l/s]	DN [mm]	v [m/s]	Re	λ	H_z [m]
VSJČ - VDJ	1175,50	2,0	79,2	0,41	24 542	0,026	3,26

Navržený výtlačný řad splňuje podmínku $H_z < 4,05$.

8.3 Výpočet potřeby vody Holušice – Mužetice

Potřeba vody byla stanovena jako specifická potřeba pro obyvatelstvo a občanskou vybavenost. Specifická potřeba vychází ze směrných čísel roční potřeby vody. Územní plán města Sedlice vydaný zastupitelstvem města Sedlice č. u. 309/2013 ze dne 31. 10. 2013 nezmiňuje vývoj počtu obyvatelstva v obcích. Pro výhledový stav bylo uvažováno s nárůstem obyvatelstva o cca 10 %.

8.3.1 Stav

Tab. 8.3.1.1: Výpočet potřeby vody.

Obec	PO	q_B [l/osobu.den]	Q_B [l/den]	Q_{OV} [l/den]
Mužetice	56	96	6451	2515
Holušice	82		9446	3074

Tab. 8.3.1.2: Uvažovaná občanská vybavenost.

Obec	Občanská vybavenost	VP [ks]	Spotřeba [m ³ /rok]	Spec. potřeba [l/den]
Mužetice	zahrady 100 m ²	45	16	1973
	mytí auto	45	1	123
Holušice	zahrady 100 m ²	55	16	2411
	mytí auto	55	1	151

Tab. 8.3.1.3: Potřeba vody.

Potřeba vody					
Obec	Denní	Maximální denní		Maximální hodinová	
	Q_O [m ³ /den]	k_d	$Q_{max d}$ [m ³ /den]	k_h	$Q_{max h}$ [m ³ /h]
Mužetice	8.97	1.50	13.45	6.60	3.70
Holušice	12.52		18.78	6.19	4.84
Celkem	21.49	-	32.23	-	-

8.3.2 Výhled

Tab. 8.3.2.1: Výpočet potřeby vody.

Obec	PO	q_B [l/osobu.den]	Q_B [l/den]	Q_{OV} [l/den]
Mužetice	60	96	6912	2683
Holušice	90		10368	3353

Tab. 8.3.2.2: Uvažovaná občanská vybavenost.

Obec	Občanská vybavenost	VP [ks]	Spotřeba [m ³ /rok]	Spec. potřeba [l/den]
Mužetice	zahrady 100 m ²	48	16	2104
	mytí auto	48	1	132
Holušice	zahrady 100 m ²	60	16	2630
	mytí auto	60	1	164

Tab. 8.3.2.3: Potřeba vody.

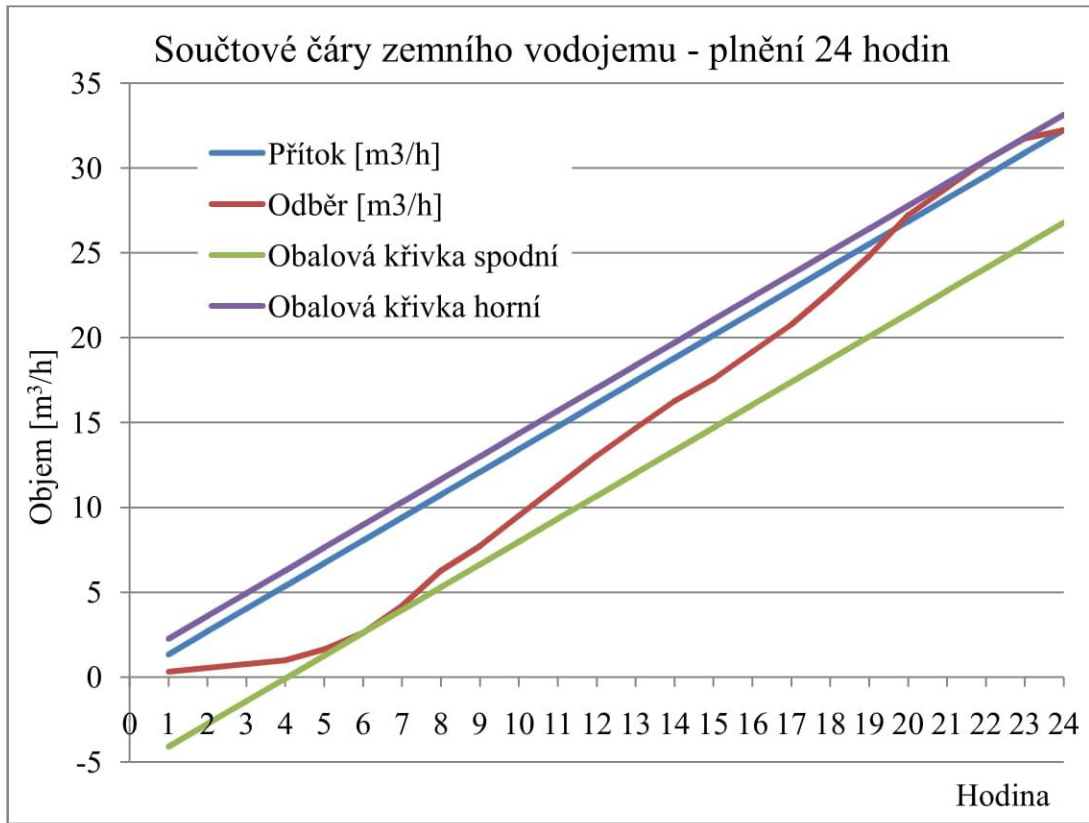
Potřeba vody					
Obec	Denní	Maximální denní		Maximální hodinová	
	Q_O [m ³ /den]	k_d	$Q_{\max d}$ [m ³ /den]	k_h	$Q_{\max h}$ [m ³ /h]
Mužetice	9.60	1.50	14.39	6.54	3.92
Holušice	13.72		20.58	6.06	5.20
Celkem	23.32	-	34.97	-	-

8.4 Posouzení velikosti VDJ Holušice

Pro zásobování obce Holušice a obce Mužetice bude využíván vodojem Holušice. Posouzení velikosti vodojemu vychází z výpočtu maximální denní potřeby vody. Odběr z vodojemu byl upraven dle průměru koeficientů maximální hodinové potřeby v obcích. Plnění vodojemu je uvažováno kontinuálně. Vodojem vyžaduje sanaci stavební části, kompletní výměnu trubního vstrojení a novou přípojku NN.

8.4.1 Stav

Stanovení nutných objemů vodojemu Holušice.



Obr. 8.4.1.1: Stanovení provozního objemu.

Provozní objem vodojemu (prostor mezi obalovými křivkami)

$$V_{\text{prov}} = 7,86 \text{ m}^3$$

Tab. 8.4.1.1: Stanovení požárního objemu.

počet odběrných míst (n)	1	
doba trvání požáru (t)	2	hod
potřeba vody (q_p)	4	l/s
$V_{\text{pož}} =$	28,80	m^3

Tab. 7.4.1.2: Stanovení objemu potřebného na odstávku nebo havárii na řadu VSJČ.

Potřebná doba T	24	hod
$V_{\text{por}} =$	32,23	m^3

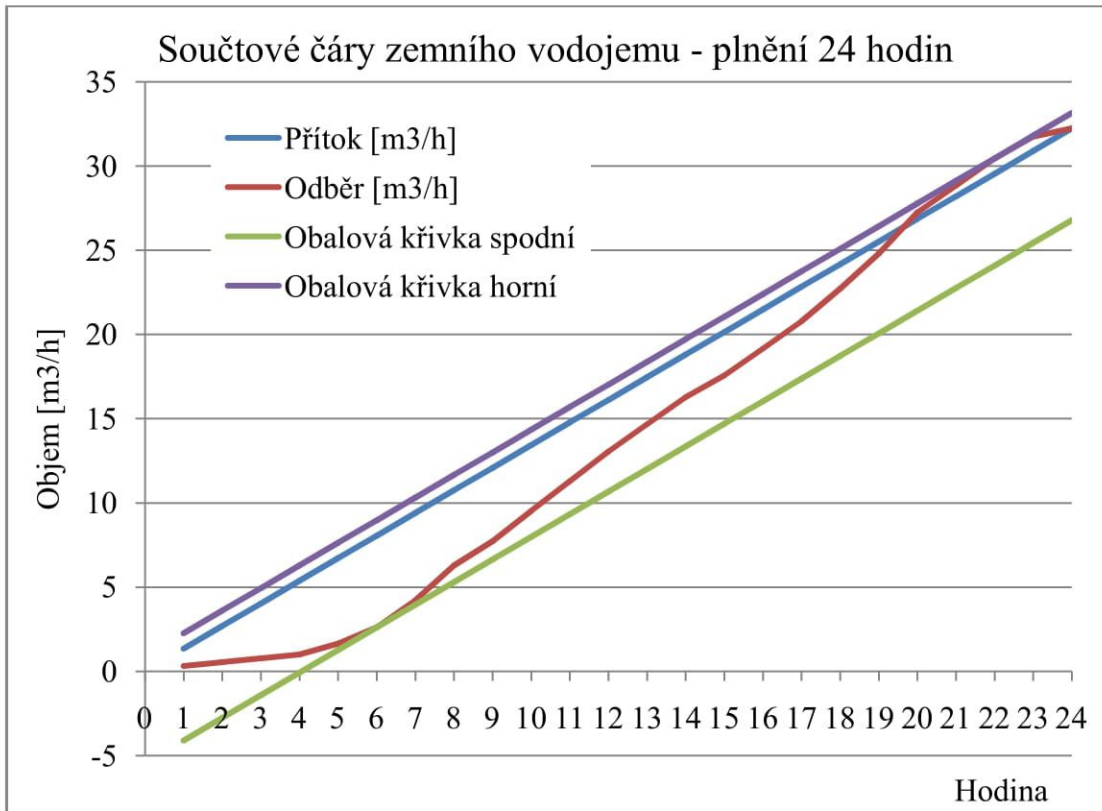
Potřebný vypočtený objem vodojemu činí $68,89 \text{ m}^3$ ($V_{\text{prov}} + V_{\text{pož}} + V_{\text{por}}$).

Objem stávajícího vodojemu $100 \text{ m}^3 >$ Objem výpočtový $68,89 \text{ m}^3$

Velikost stávajícího vodojemu Holušice vyhovuje.

8.4.2 Výhled

Stanovení nutných objemů vodojemu Holušice.



Obr. 8.4.2.1: Stanovení provozního objemu.

Provozní objem vodojemu (prostor mezi obalovými křivkami)

$$V_{\text{prov}} = 8,53 \text{ m}^3$$

Tab. 8.4.2.1: Stanovení požárního objemu.

počet odběrných míst (n)	1	
doba trvání požáru (t)	2	hod
potřeba vody (q_p)	4	l/s
$V_{\text{pož}} =$	28,80	m^3

Tab. 8.4.2.2: Stanovení objemu potřebného na odstávku nebo havárii na řadu VSJČ.

Potřebná doba T	24	hod
$V_{\text{por}} =$	34,97	m^3

Potřebný vypočtený objem vodojemu činí $72,31 \text{ m}^3$ ($V_{\text{prov}} + V_{\text{pož}} + V_{\text{por}}$).

Objem stávajícího vodojemu $100 \text{ m}^3 >$ Objem výpočtový $72,31 \text{ m}^3$

Velikost stávajícího vodojemu Holušice vyhovuje i pro výhledový stav.

8.5 Návrh vodovodního systému

Základní návrhové parametry jsou uvedeny v přehledných podélných profilech. Zdrojem vody pro vodovodní síť obce Mužetice je VSJČ s vodojemem Holušice.

8.5.1 Výtlačný řad VSJČ – VDJ Holušice

Trasování výtlačného řadu je vedeno v souběhu se stávajícím vodovodem Holušice od předávacího místa do vodojemu Holušice. Část trasy je umístěna v přidruženém prostoru silnice III/1212. Výtlačný řad je navržen z materiálu PE profilu D 90. Tlakové poměry jsou znázorněny v přehledném podélném profilu (příloha č. 6).

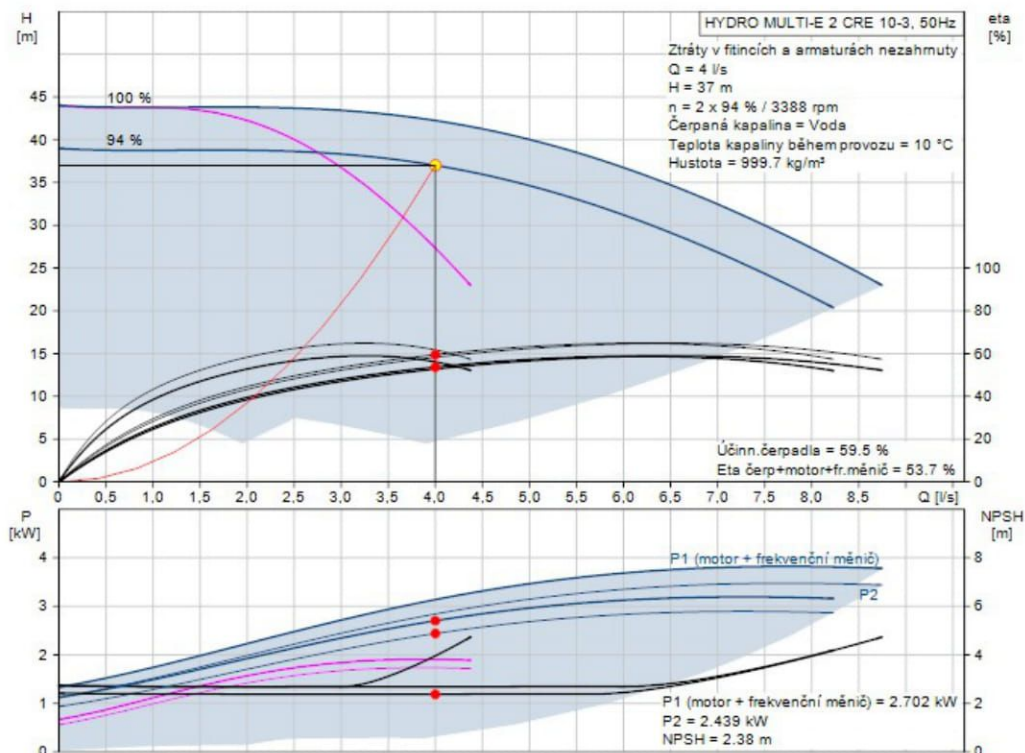
8.5.2 AT stanice

Ve vodojemu Holušice bude osazena AT stanice pro zajištění tlakových poměrů ve vodovodní síti obce Mužetice. Pro udržování stálého tlaku je AT stanice navržena s frekvenčním měničem.

Návrhové parametry:

- dopravní výška $H = 37$ m
- průtok $Q = 4$ l/s

Parametry ATS jsou navrženy tak, aby byl zajištěn tlak na 0,20 MPa na požárním hydrantu v nejnepříznivějším místě.



Obr. 8.5.2.1: Charakteristické křivky AT stanice [18].

8.5.3 Vodovodní síť

8.5.3.1 Obec Mužetice

Členění vodovodní sítě je navrženo takto:

- výtlačný řad PE D 90 x 5,4 SDR 17, PN 10
- rozvodná síť PE D 90 x 5,4 SDR 17, PN 10
- rozvodná síť PE D 63 x 5,8 SDR 11, PN 16

Trasování výtlačného řadu je navrženo v přidruženém prostoru silnice III/1212. Provádění v silničním pozemku se předpokládám řízeným podvrtem. Alternativní trasa je navržena v původní polní cestě (po obecních pozemcích), která je dnes součástí zemědělsky obhospodařovaných pozemků.

Výtlačný řad v přidruženém prostoru silnice je navržen z materiálu PE profilu D 90 v celkové délce 630 m. Alternativní trasa výtlačného řadu má délku 668 m.

Rozvodná síť je navržena v komunikačním systému obce z materiálu PE v celkové délce 1246 m z toho profilu D 90 délky 770 m a profilu D 63 délky 476 m. Na síti budou v uzlech osazeny uzavírací armatury. V nejvyšších, nejnižších a koncových místech sítě budou osazeny hydranty pro provozní odvzdušnění a odkalení a požární zabezpečení.

Návrh vodovodní sítě je patrný z přehledné situace (příloha č. 5).

8.5.3.2 Obec Holušice

Členění vodovodní sítě je navrženo takto:

- zásobovací řad PE D 90 x 5,4 SDR 17, PN 10
- rozvodná síť PE D 90 x 5,4 SDR 17, PN 10
- rozvodná síť PE D 63 x 5,8 SDR 11, PN 16

Trasování zásobovacího řadu je navrženo v přidruženém prostoru silnice III/1212. Provádění v silničním pozemku se předpokládám řízeným podvrtem.

Zásobovací řad je navržen z materiálu PE profilu D 90 v celkové délce 292 m.

Rozvodná síť je navržena v komunikačním systému obce z materiálu PE v celkové délce 1906 m z toho profilu D 90 délky 872 m a profilu D 63 délky 1034 m. Na síti budou v uzlech osazeny uzavírací armatury. V nejvyšších, nejnižších a koncových místech sítě budou osazeny hydranty pro provozní odvzdušnění a odkalení a požární zabezpečení.

Návrh vodovodní sítě je patrný z přehledné situace (příloha č. 5).

8.5.3.3 Tlakové poměry

Tlakové poměry ve vodovodních sítích obcí jsou znázorněny v přehledném podélném profilu (příloha č. 7).

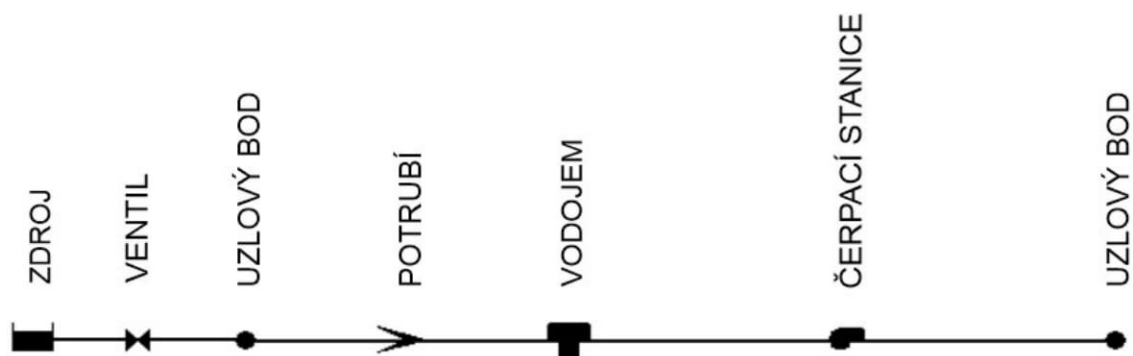
9. Matematické modelování

V bakalářské práci byl použit software EPANET. Model byl sestaven na základě dat z navrhované vodovodní sítě ve variantě č. 4, která řeší komplexní systém zásobování obcí Holušice a Mužetice s napojením na VSJČ.

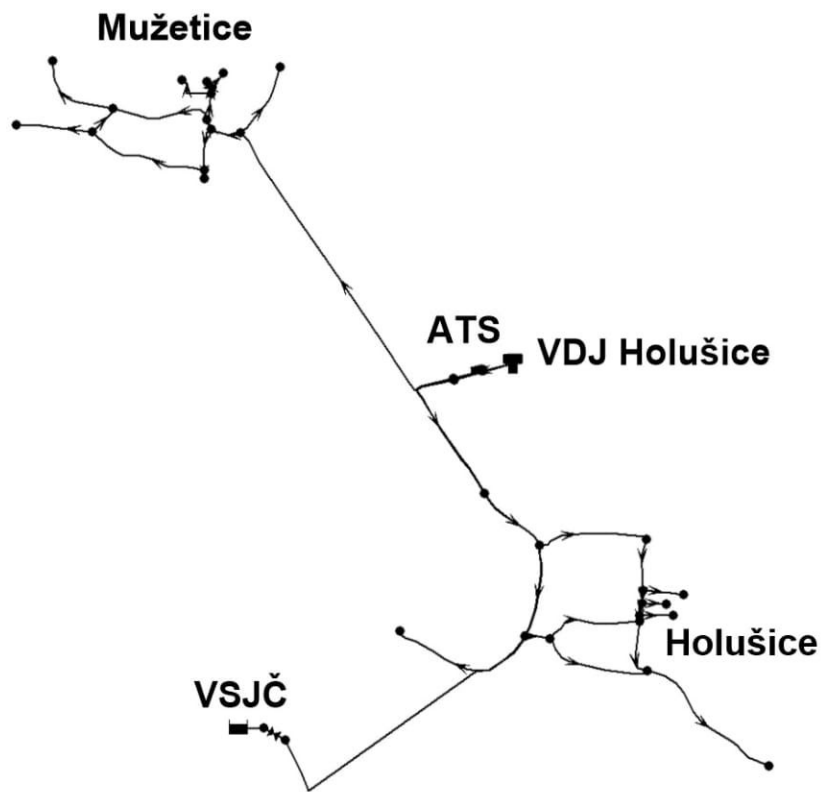
Parametry použité při sestavování modelu:

- geometrie sítě
- nadmořské výšky v uzlových bodech
- potřeba vody v uzlových bodech
- tlaková výška v předávacím místě
- základní údaje vodojemu Holušice
- základní údaje vodovodního potrubí (profil, drsnost)
- koeficient maximální hodinové nerovnoměrnosti
- Q-H křivka AT stanice
- hodnota nastavení regulačního ventilu průtoku v předávacím místě
- hodnoty nastavení plovákového ventilu ve VDJ

Data o geometrii sítě byla z AutoCADu převedena pomocí EpaCADu a importována do EPANETu. V tomto prostředí byly zadány výše vyjmenované parametry.

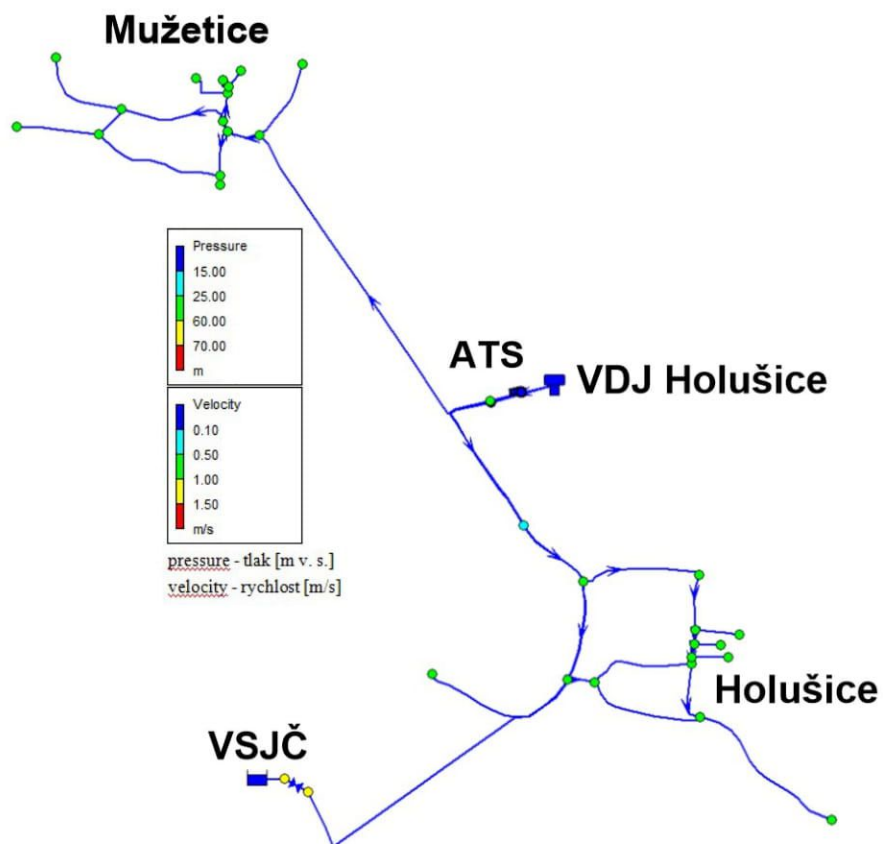


Obr. 9.1: Symboly použité v modelu

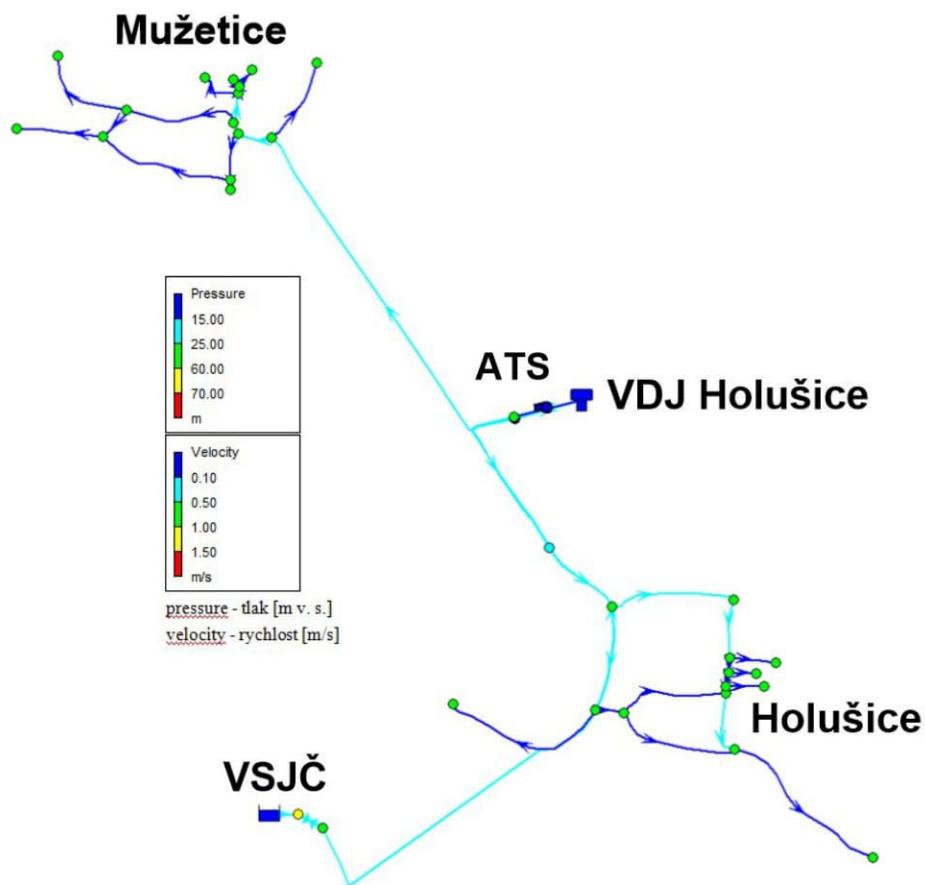


Obr. 9.2: Model vodovodní sítě

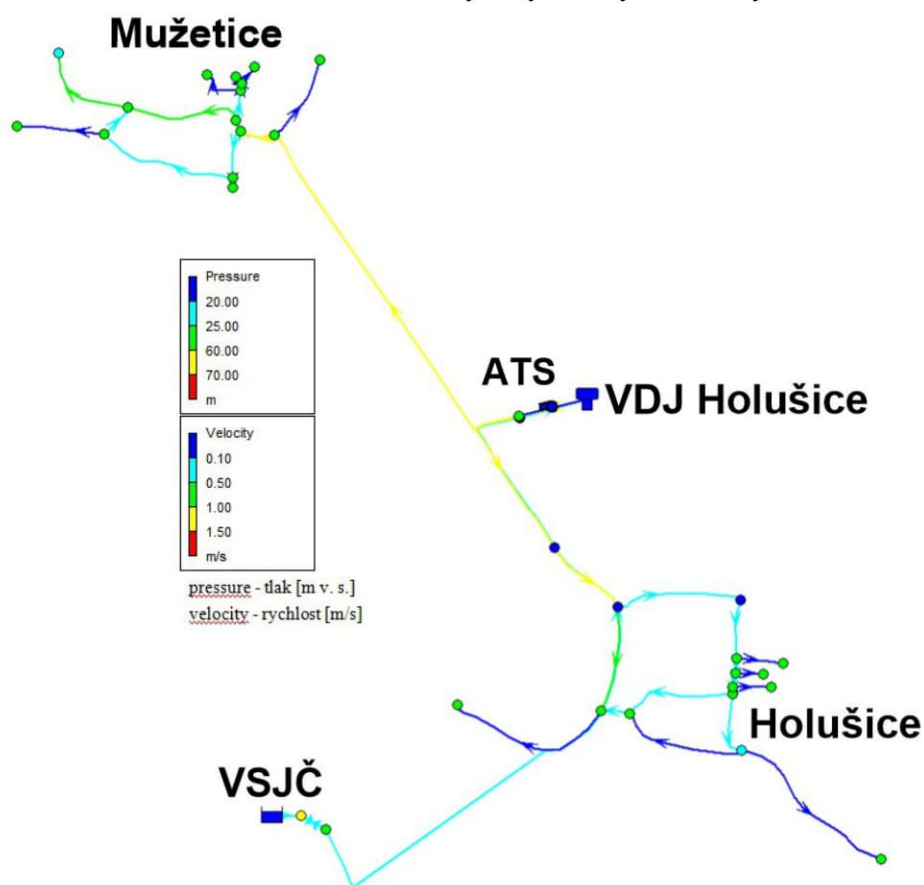
9.1 Výsledky matematického modelování



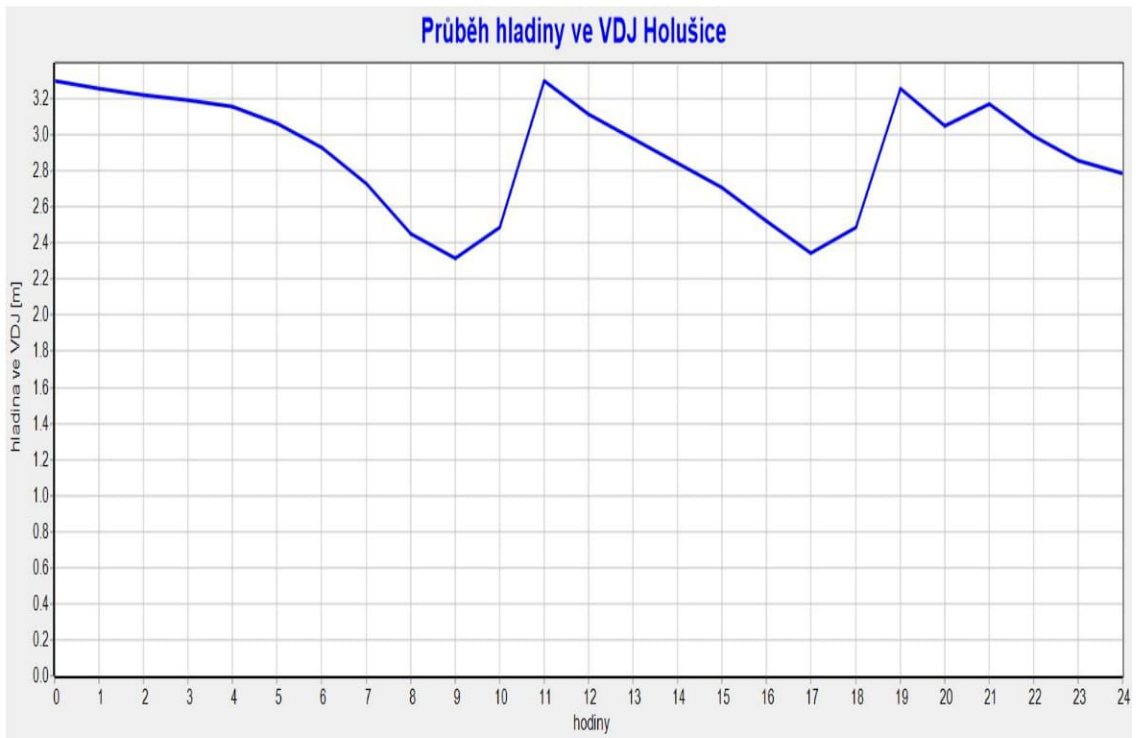
Obr. 9.1.1: Ověření maximálních hydrostatických tlaků a rychlostí



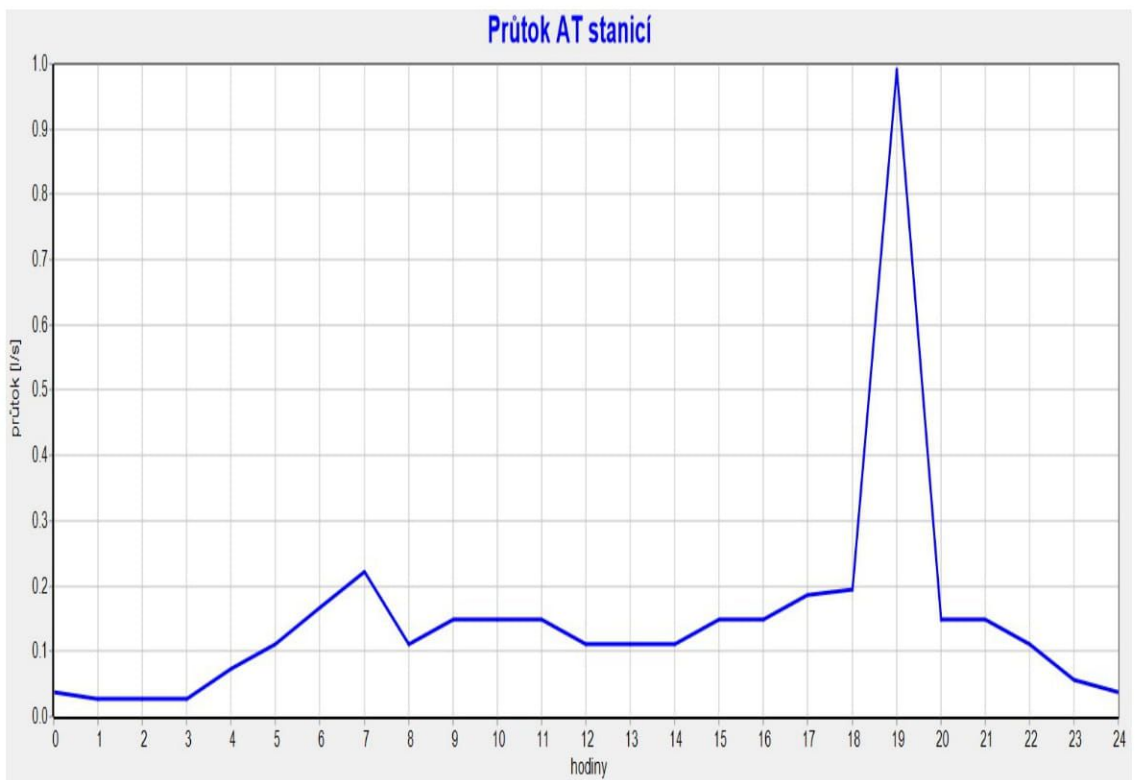
Obr. 9.1.2: Ověření minimálních hydrodynamických tlaků a rychlostí



Obr. 9.1.3: Ověření minimálních hydrodynamických tlaků a rychlostí při požáru



Obr. 9.1.4: Průběh hladiny ve VDJ Holušice při běžném provozu



Obr. 9.1.5: Průtok AT stanicí při běžném provozu

9.2 Vyhodnocení výsledků matematického modelování

Modelem bylo ověřeno, že návrh vodovodní sítě ve variantě č. 4 vyhovuje požadovaným tlakům při návrhových průtocích. Maximální hydrostatický tlak ve vodovodní síti nepřekročí 0,60 MPa. Podmínku minimálního hydrodynamického tlaku 0,25 MPa splňují téměř všechny uzly. V jednom uzlu byl vypočten minimální hydrodynamický tlak v rozmezí 0,15 – 0,25 MPa. Při simulaci požárního odběru v uvažovaném místě osazení hydrantu neklesl hydrodynamický tlak pod 0,20 MPa. S uzly v severní části obce Holušice, které jsou zbarveny tmavě modře (obr. 9.1.3), není uvažováno pro osazení požárních hydrantů. Pomocí dlouhodobé simulace provozu vodovodního systému byla ověřena dostatečná kapacita VDJ Holušice (Obr. 9.1.4). Průběh průtoku AT stanicí odpovídá hodinovým potřebám obyvatel obce Mužetice (Obr. 9.1.5).

10. Propočet nákladů

Orientální propočet nákladů na realizaci stavby vychází z průměrných cen dopravní a technické infrastruktury obcí (Ministerstvo pro místní rozvoj ČR – Ústav územního rozvoje), katalogových cen výrobců a rozpočtů z realizovaných staveb stejného charakteru.

10.1 Varianta č. 1

Tab. 10.1.1: Orientální propočet nákladů varianty č. 1

Objekt	m.j.	Počet m. j.		Cena za m. j. [Kč]		Cena celkem bez DPH [Kč]
		zastav. území	nezastav. území	zastav. území	nezastav. území	
Oplocení zdrojů	m	-	165	-	2 500	412 500
Sanace stavebních částí VDJ + ÚV + studny	m ³	-	210	-	5 000	1 050 000
Výkup pozemku	m ²	-	1 070	-	100	107 000
Příjezdová komunikace	m ²	-	1 070	-	2 500	2 675 000
Cena celkem bez DPH						4 244 500
DPH bude k ceně připočteno dle platné sazby v době realizace stavby						

10.2 Varianta č. 2

Tab. 10.2.1: Orientační propočet nákladů varianty č. 2

Objekt	m.j.	Počet m.j.		Cena za m.j. [Kč]		Cena celkem bez DPH [Kč]
		zastav. území	nezastav. území	zastav. území	nezastav. území	
Propojovací řad Holušice - Mužetice PE D 90 SDR 17	m	211	710	3 260	2 670	2 583 560
AT stanice - strojní část	kpl.	-	1	-	450 000	450 000
AT stanice - elektro část	kpl.	-	1	-	390 000	390 000
Přípojka NN k ATS	m	-	50	-	2 860	143 000
Bez využití VDJ Mužetice - Cena bez DPH						3 566 560
Sanace stavební části VDJ	m ³	-	120	-	5 000	600 000
Výkup pozemku	m ²	-	1 070	-	100	107 000
Příjezdová komunikace	m ²	-	1 070	-	2 500	2 675 000
S využitím VDJ Mužetice - Cena celkem bez DPH						6 948 560
DPH bude k ceně připočteno dle platné sazby v době realizace stavby						

10.3 Varianta č. 3

Tab. 10.3.1: Orientační propočet nákladů varianty č. 3

Objekt	m.j.	Počet m.j.		Cena za m.j. [Kč]		Cena celkem bez DPH [Kč]
		zastav. území	nezastav. území	zastav. území	nezastav. území	
Výtlačný řad VSJČ – Mužetice PE D 90 SDR 17	m	60	1 156	3 260	2 670	3 282 120
Sanace stavební části VDJ	m ³	-	120	-	5 000	600 000
Výkup pozemku	m ²	-	1 070	-	100	107 000
Příjezdová komunikace	m ²	-	1 070	-	2 500	2 675 000
AT stanice - strojní část	kpl.	-	1	-	450 000	450 000
AT stanice - elektro část	kpl.	-	1	-	390 000	390 000
Přípojka NN k ATS	m	-	130	-	2 860	371 800
Cena celkem bez DPH						7 875 920
DPH bude k ceně připočteno dle platné sazby v době realizace stavby						

10.4 Varianta č. 4

Tab. 10.4.1: Orientační propočet nákladů varianty č. 4

Objekt	m.j.	Počet m.j.		Cena za m.j. [Kč]		Cena celkem bez DPH [Kč]
		zastav. území	nezastav. území	zastav. území	nezastav. území	
Výtlačný řad VSJČ - VDJ Holušice PE D 90 SDR 17	m	422.5	753	7 800	2 670	5 306 010
Sanace stavební části VDJ	m ³	-	120	-	5 000	600 000
Trubní vystrojení VDJ LT DN 80	kpl.	-	1	-	150 000	150 000
Přípojka NN k VDJ	m	-	286	-	2 860	817 960
AT stanice - strojní část	kpl.	-	1	-	450 000	450 000
AT stanice - elektro část	kpl.	-	1	-	390 000	390 000
Výtlačný řad Mužetice PE D 90 SDR 17	m	-	630	-	2 670	1 682 100
Zásobovací řad Holušice PE D 90 SDR 17	m	292	-	3 260	-	951 920
Bez rekonstrukce rozvodných sítí Mužetice/Holušice - Cena bez DPH						10 347 990
Rozvodné sítě						
Rozvodná síť Mužetice PE D 90 SDR 17	m	770	-	7 800	-	6 006 000
Rozvodná síť Mužetice PE D 63 SDR 11	m	476	-	7 410	-	3 527 160
Rozvodná síť Holušice PE D 90 SDR 17	m	872	-	7 800	-	6 801 600
Rozvodná síť Holušice PE D 63 SDR 11	m	1 034	-	7 410	-	7 661 940
Rekonstrukce rozvodných sítí Mužetice/Holušice - Cena bez DPH						23 996 700
Cena celkem bez DPH						34 344 690
DPH bude k ceně připočteno dle platné sazby v době realizace stavby						

10.5 Provozní náklady

Provozní náklady nebyly předmětem podrobného řešení a jsou odhadnuty pouze úvahou. Nejvyšší provozní náklady budou pravděpodobně u varianty č. 1 (doplňování chemikálií). Varianty č. 2 – 4 budou mít pravděpodobně stejné provozní náklady (elektrina pro provoz ATS, hygienické dochlorování).

11. Závěr

Bakalářská práce rozebírá problematiku zásobování vodou. Začátek teoretické části je věnován historickému vývoji vodárenství ve světě a ve vybraných městech v Čechách. Dále jsou rozebírány jednotlivé prvky vodárenského systému včetně základních hydrotechnických výpočtů potřebných k jejich návrhu a základní popis matematického modelování s uvedením používaných softwarů.

V praktické části je řešeno zásobování pitnou vodou obce Mužetice a související obce Holušice. V úvodu praktické části je proveden rozbor stávajícího stavu zásobování jednotlivých obcí s důrazem na řešenou obec Mužetice. Koncepce zásobování pitnou vodou obce Mužetice je zpracována ve čtyřech variantách. Při trasování vodovodních řadů byl kladen důraz na využití pozemků ve vlastnictví města Sedlice a pozemků ve vlastnictví státu s ohledem na složitost řešení majetkoprávních vztahů. Pro jednotlivé varianty byl zpracován orientační propočet nákladů stavby, ze kterého vyplývá ekonomická náročnost jednotlivých variant.

Varianta č. 1 vychází jako nejméně investičně náročná varianta, neřeší však problém stávajících zdrojů surové vody. Dalším nedostatkem této varianty je v dnešní době poměrně náročné řešení majetkoprávních vztahů.

Varianta č. 2 vyšla jako druhá nejméně investičně náročná varianta. Tento způsob zásobování by bylo pravděpodobně těžké prosadit. Provozovatel VSJČ dnes neumožňuje napojení nového spotřebiště bez vodojemu. V případě provozování VDJ Mužetice by se výhoda napojení na VSJČ téměř vytratila, protože může dojít ke zhoršení kvality vody zdržením ve vodojemu, vzhledem k jeho umístění za spotřebištem. Další nevýhodou je nutnost vybudování příjezdové komunikace k VDJ.

Varianta č. 3 je druhou nejvíce investičně náročnou variantou. Provozovatel VSJČ dnes neumožňuje napojení nového spotřebiště bez vodojemu. V případě provozování VDJ Mužetice by se výhoda napojení na VSJČ téměř vytratila, protože může dojít ke zhoršení kvality vody zdržením ve vodojemu, vzhledem k jeho umístění za spotřebištem. Další nevýhodou je nutnost vybudování příjezdové komunikace k VDJ.

Z hlediska vodohospodářské koncepce byla jako nejvhodnější vyhodnocena varianta č. 4, a proto byla zpracována podrobněji včetně matematického modelu. Vybranou variantu lze realizovat po etapách s ohledem na finanční možnosti stavebníka a možnosti čerpání finančních prostředků z dotačních titulů. Varianta č. 4 je z ekonomického hlediska nejnáročnější, zahrnuje však kompletní výměnu rozvodných sítí v obcích. Varianta byla hydrotechnicky posouzena ručním výpočtem a matematickým modelem.

Ve variantách č. 1 až 3 jsou sice investiční náklady mnohonásobně nižší než u varianty č. 4, ale s ohledem na stáří a stávající technický stav vodovodního systému obce Mužetice a Holušice je i v případě výběru jedné z těchto variant nutné v budoucnosti počítat s obnovou rozvodné sítě v obou obcích. Pokud bychom tedy pro porovnání u všech variant zahrnuli i investiční náklady na obnovu rozvodných sítí, vychází rozdíly celkových investičních nákladů relativně malé. V každém případě je nutné provádět úpravy a rekonstrukce vodovodního systému tak, aby dlouhodobě nedošlo k omezení dodávky vody odběratelům a v průběhu provádění prací zajistit odběratelům náhradní zásobování pitnou vodou.

12. Seznam zkratek

- VSJČ – Vodárenská soustava Jižní Čechy
- VDJ – vodojem
- VDMŠ – vodoměrná šachta
- ČS – čerpací stanice
- ATS – automatická tlaková stanice
- AT stanice – automatická tlaková stanice
- NN – nízké napětí
- PE – polyetylen
- SDR – „Standard Dimensional Ratio“ – standardní rozměrový poměr
- PN – „Pressure Nominal“ – jmenovitý tlak
- DN – „Diameter Nominal“ – jmenovitá světlost
- k. ú. – katastrální území
- č. p. – číslo popisné
- KN – katastr nemovitostí
- CHSK – chemická spotřeba kyslíku
- ÚV – úpravna vody
- NPSH – „Net Positive Suction Head“

13. Zdroje

- [1] TESÁŘÍK, Igor. *Vodárenství*. 1. vydání. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1987. 04-722-87
- [2] Tata & Howard [online]. c2022 [cit. 2022-3-3]. Dostupný z WWW: <<https://tataandhoward.com/history-of-water-distribution-and-treatment/>>
- [3] eAGRI Ministerstvo zemědělství [online]. c2009-2022 [cit. 2022-3-3]. Dostupný z WWW: <<https://eagri.cz/public/web/mze/zivotni-prostredi/ochrana-vody/vodni-ramcova-smernice/planovani-v-oblasti-vod/historie-planovani/z-historie-planovani-ve-vodnim.html>>
- [4] Pražské vodovody a kanalizace [online]. c2022 [cit. 2022-3-4]. Dostupný z WWW: <<https://www.pvk.cz/o-spolecnosti/zakladni-informace/z-historie/historicky-vyvoj-prazskeho-vodarenstvi/>>
- [5] tzbinfo [online]. c2001-2022 [cit. 2022-3-4]. Dostupný z WWW: <<https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/21071-historie-vodarenskeho-a-kanalizacniho-oboru>>
- [6] Encyklopedie Českých Budějovic [online]. c1998-2022 [cit. 2022-3-4]. Dostupný z WWW: <<http://www.encyklopedie.c-budejovice.cz/clanek/vodarny>>
- [7] České vysoké učení technické v Praze, Katedra zdravotního a ekologického inženýrství. Horký, Filip. *Přednáška Vodárenství – Distribuce pitné vody*. 2021.
- [8] GRÜNWARD, Alexander, ŠRYTR, Petr, MACEK Lubomír, Čiháková Iva. *Vodárenství*. 1. vydání. Praha: Český svaz stavebních inženýrů, 1998. ISBN 80-902460-7-9
- [9] Český statistický úřad [online]. [cit. 2022-3-6]. Dostupný z WWW: <https://www.czso.cz/documents/10180/20541261/1804110332_33.pdf/0f36bbf9-2ee9-4f89-81b4-fe4c291d3b6c?version=1.0>
- [10] ČSN 73 0873. *Požární bezpečnost staveb – Zásobování požární vodou*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2003 [cit. 2022-3-6].
- [11] *Zákony pro lidi, Zákon č. 254/2001 Sb.* [online]. [cit. 2022-3-12]. Dostupný z WWW: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254>>
- [12] *Zákony pro lidi, Zákon č. 252/2004 Sb.* [online]. [cit. 2022-3-25]. Dostupný z WWW: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-252>>

- [13] Zákony pro lidi, Zákon č. 428/2001 Sb. [online]. [cit. 2022-4-1].
Dostupný z WWW: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-428>>
- [14] NOVÁK, Josef. *Příručka provozovatele vodovodní sítě*. 1. Vydání. Líbeznice u Prahy: Medim, spol. s r. o. 2003. ISBN 80-238-9946-5
- [15] České vysoké učení technické v Praze, Katedra hydrauliky a hydrologie 141 HYA [online]. [cit. 2022-4-5]. Dostupný z WWW:
<http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Hydraulika/Hydraulika/Predmety/Hya/ke_stazeni/cviceni/tabulky_1.pdf>
- [16] vonRoll hydro, DUKTUS [online]. [cit. 2022-4-5]. Dostupný z WWW:
<http://www.duktus.cz/katalog_voda/04_Duktus_PitnaVoda_Nasuvne-Tyton-SMU-STB_Jistene-BRS.pdf>
- [17] Ferrum s. r. o. [online]. [cit. 2022-4-5]. Dostupný z WWW:
<<https://www.ferrum-mb.cz/ocelove-trubky/>>
- [18] Grundfos [online]. [cit. 2022-4-5]. Dostupný z WWW: <<https://product-selection.grundfos.com/cz/products/hydro-multi-e/hydro-multi-e-2-cre-10-3-91048873?pumpsystemid=1562456483&tab=variant-services>>
- [19] BARNES, Belinda, FULFORD, Glenn. *Mathematical Modelling with Case Studies: A differential Equation Approach Using Maple*. T&F STM, 2002.
- [20] Capasso, V., Bakstein, D. *An Introduction to Continuous – Time Stochastic Processes Theory, Models and Applications to Finance, Biology and Medicine*. New York: Springer, 2005.
- [21] IS MUNI [online]. [cit. 2022-4-15]. Dostupný z WWW:
<<https://is.muni.cz/el/1431/podzim2007/Bi3101/um/skripta.pdf>>
- [22] Gander, W., Hřebíček, J. *Solving Problems in Scientific Computing Using Maple and MATLAB*. Springer – Verlag Berlin, 4th edition, 2004.
- [23] Bellouquid, A., Delitala, M. *Mathematical Modeling of Komplex Biological Systems A Kinetic Theory Approach*. Birkhauser Boston, 2006.
- [24] KOLÁŘ, Václav, PATOČKA, Cyril, BÉM, Jiří. *Hydraulika*. 1. vydání. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1983. 04-718-83
- [25] HERLE, Jaromír. *Výpočet potřeby vody*. 1. vydání. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1975. 06-160-75
- [26] Zákony pro lidi, Zákon č. 274/2001 Sb. [online]. [cit. 2022-4-20].
Dostupný z WWW: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-274>>

- [27] ČSN 75 6101. *Stokové sítě a kanalizační přípojky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012. [cit. 2022-4-20].
- [28] ČSN 75 5301. *Vodárenské čerpací stanice*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014. [cit. 2022-4-20].
- [29] BOOR, Boris, KUNŠTÁNSKÝ, Jiří, PATOČKA, Cyril. *Hydraulika pro vodohospodářské stavby*. 1. vydání. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1968. 04-710-68
- [30] ŘÍHA, Jaromír. *Matematické modelování hydrodynamických a disperzních jevů*. 1. vydání. Brno: VUT, 1997. 8021408278
- [31] EPA [online]. [cit. 2022-4-20].
Dostupný z WWW: <<https://www.epa.gov/water-research/epanet>>
- [32] Epanet.de [online]. [cit. 2022-4-20]. Dostupný z WWW: <<http://epanet.de/>>
- [33] ITA – Universitat Politècnica de València [online]. [cit. 2022-4-20].
Dostupný z WWW: <<https://www.epacad.com/epacad-en.php>>
- [34] Innovyze [online]. [cit. 2022-4-20]. Dostupný z WWW:
<https://store.innovyze.com/WaterDistribution/InfoWater?cclcl=en_US>
- [35] Geoportál ČÚZK, ZABAGED [online]. [cit. 2022-4-25].
Dostupný z WWW: <<https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>>
- [36] Oficiální stránky města Sedlice [online]. [cit. 2022-4-25].
Dostupný z WWW: <<https://www.mestosedlice.cz/mesto/pridruzene-obce/>>
- [37] Městský úřad Sedlice, náměstí T. G. Masaryka 28, 387 32 Sedlice. Starosta města Sedlice
- [38] ČEVAK a.s., Severní 8/2264, 370 10 České Budějovice, FIBÍROVÁ, Michaela. *Sedlice, provozní řád vodovodu Mužetice*. 2020.
- [39] ČEVAK a.s., Severní 8/2264, 370 10 České Budějovice, HODOUŠEK, Radek. *Mapový podklad*. 2021.
- [40] Okresní národní výbor ve Strakoněch - Rozhodnutí. zn. ŽPaV/2075/92/90/Ka ze dne 08. 08. 1990.
- [41] Městský úřad Blatná, odbor životního prostředí - Rozhodnutí zn. 09/6778/06/Ja ze dne 29. 09. 2006.
- [42] ČEVAK a.s., Severní 8/2264, 370 10 České Budějovice, JANDA, Michal. *Rozbory surové vody*. 2022.
- [43] Mapy.cz [online]. [cit. 2022-4-25]. Dostupný z WWW:
<<https://mapy.cz/zakladni?x=13.9896863&y=49.3845948&z=15&base=ophoto>>

- [44] ČÚZK, Nahlížení do katastru nemovitostí [online]. [cit. 2022-4-25].
Dostupný z WWW: <<https://sgi-nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=6D2BCEB5&MarQParam0=700509&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>>
- [45] ČÚZK, Katastrální mapa ČR ve formátu dgn [online]. [cit. 2022-4-25].
Dostupný z WWW: <<https://services.cuzk.cz/dgn/ku/>>
- [46] ČEVAK a.s., Severní 8/2264, 370 10 České Budějovice. Vyjádření – zakres sítí zn. O21070159914 ze dne 17. 09. 2021
- [47] ČEVAK a.s., Severní 8/2264, 370 10 České Budějovice, JANDA, Michal.
Hodnoty spotřebované a fakturované vody. 2022.
- [48] ČEVAK a.s., Severní 8/2264, 370 10 České Budějovice, FRANZOVÁ, Jitka.
Provozní řád vodovodu obce Holušice. 2020.
- [49] ČEVAK a.s., Severní 8/2264, 370 10 České Budějovice, JANDA, Michal.
Změřený tlak na hydrantu v obci. 2022.
- [50] JVS, S. K. Neumanna 19, 370 01 České Budějovice. *Základní informace pro zadání stavby.* 2020.
- [51] JVS, S. K. Neumanna 19, 370 01 České Budějovice. *Přehledný podélný profil – Zásobení Blatenska pitnou vodou, provozní řád.* 2005.
- [52] JVS, S. K. Neumanna 19, 370 01 České Budějovice. Vyjádření – zakres sítí zn. 2021/2199 ze dne 07. 10. 2021
- [53] ČEVAK a.s., Severní 8/2264, 370 10 České Budějovice. Vyjádření – zakres sítí zn. O21070159915 ze dne 17. 09. 2021
- [54] EG. D, a. s., Vrcovická 2297, 397 01 Písek. Vyjádření – zakres sítí ES zn. M18391-26140286 ze dne 17. 09. 2021
- [55] EG. D, a. s., Vrcovická 2297, 397 01 Písek. Vyjádření – zakres sítí Plyn zn. M18391-26140286 ze dne 17. 09. 2021
- [56] CETIN a. s. – středisko Čechy jih, Českomoravská 2510/19, Libeň, 190 00 Praha 9. Vyjádření – zakres sítí č.j. 793987/21 ze dne 17. 09. 2021

14. Přílohy

Příloha č. 1: Přehledná situace – varianta č. 1

Příloha č. 2: Přehledná situace ortofoto – varianta č. 1

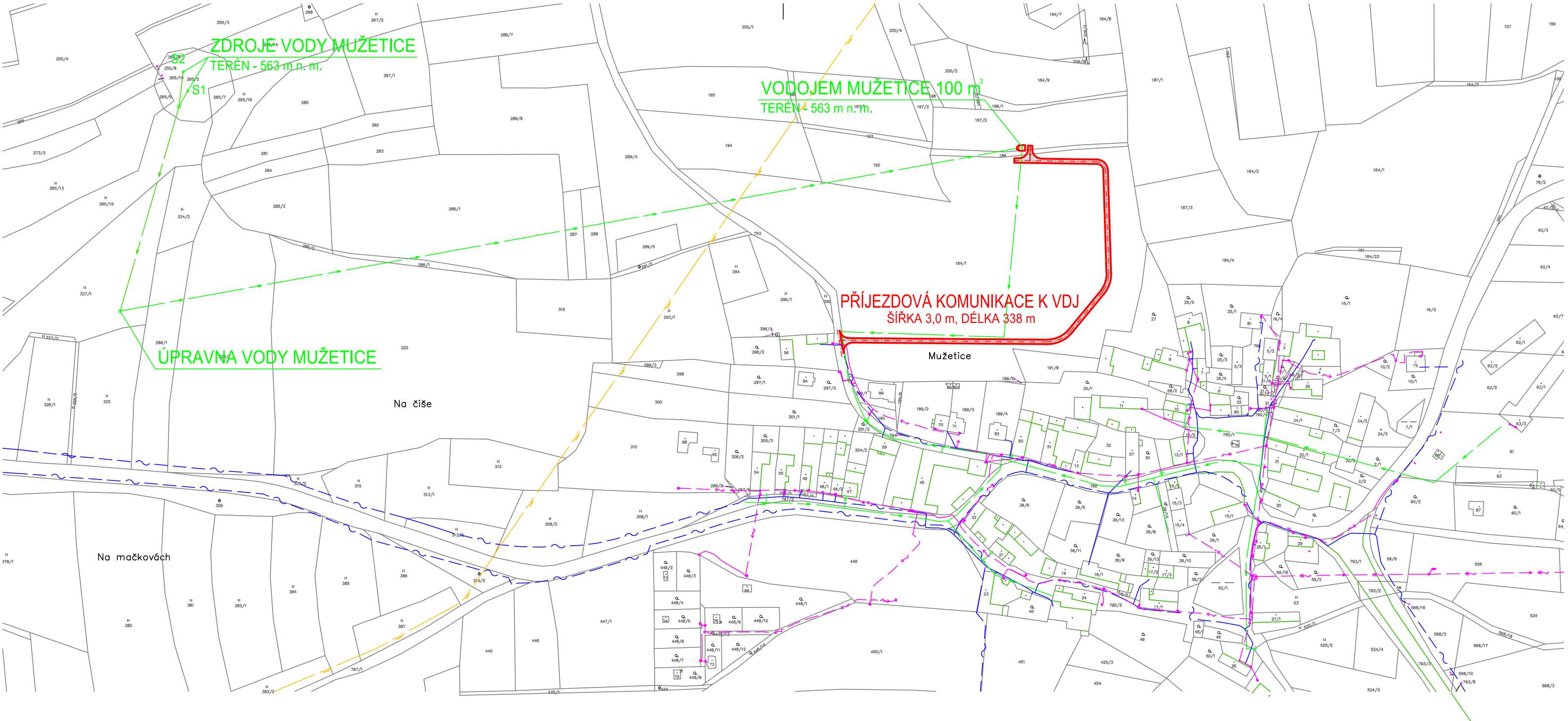
Příloha č. 3: Přehledná situace – varianta č. 2

Příloha č. 4: Přehledná situace – varianta č. 3

Příloha č. 5: Přehledná situace – varianta č. 4

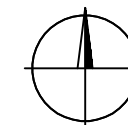
Příloha č. 6: Přehledný podélný profil – VSJŠ – VDJ

Příloha č. 7: Přehledný podélný profil – Tlakové poměry



LEGENDA:

- H R A N I C E K N
- STAV
- NADZ. VEDENÍ VN - EG.D
 - - - NADZ./PODZ. VEDENÍ NN - EG.D
 - VTL PLYNOVOD - EG.D
 - - - NADZ./PODZ. SDĚLOVACÍ VEDENÍ - CETIN
 - VODOVOD OBCE - ČEVAK
 - - - VODOVOD OBCE MIMO PROVOZ - ČEVAK
- NÁVRH
- OBRYS PŘÍJEZDOVÉ KOMUNIKACE
 - PŘÍJEZDOVÁ KOMUNIKACE K VODOJEMU



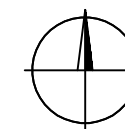
SOUŘADICOVÝ SYSTÉM: S-JTSK, VÝŠKOVÝ SYSTÉM: BALT p.v.

<p>ČVUT ČESKÉ TECHNICKÉ UNIVERSITĚ V PRAZE</p>	<p>FAKULTA STAVEBNÍ LUKÁŠ FREUDL 4. ROČNÍK SKUPINA: 52</p>		VEDOUČÍ KATEDRY:	Doc. Ing. DAVID STRÁNSKÝ, Ph.D.
	<p>KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉ INŽENÝRSTVÍ</p> <p>STUDIJNÍ OBOJ: VODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ A VODNÍ STAVBY</p> <p>NÁZEV: PŘEHLEDNÁ SITUACE - VARIANTA Č. 1</p>		VEDOUČÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:	Ing. FILIP HORKÝ, Ph.D.
NÁZEV BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:			STUDIE ZASOBOVÁNÍ PITNOU VODOU OBCE MUŽETICE	
VYPRACOVAL:			LUKÁŠ FREUDL	
PŘEDMĚT:			144BAPV	
			MĚŘÍTKO:	1:2500
			DATUM:	05/2022
			PŘÍLOHA Č.:	1



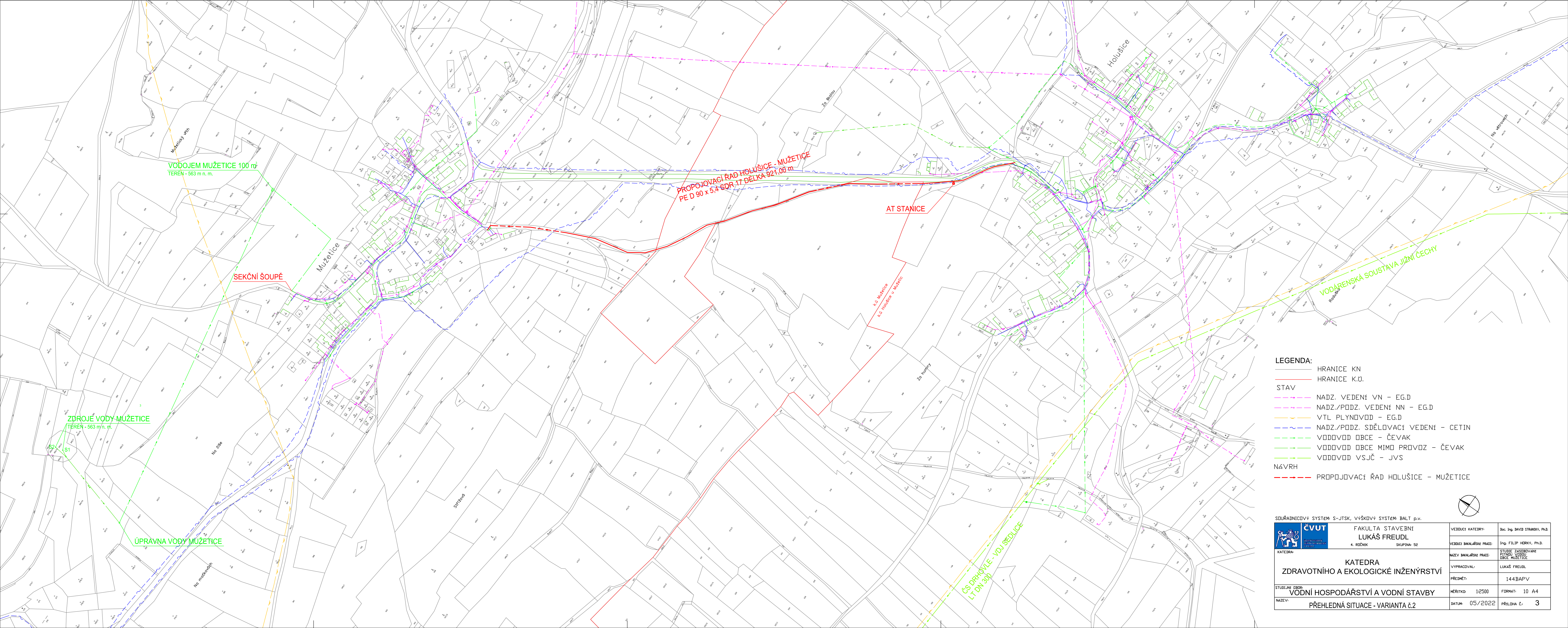
LEGENDA:

- HHRANICE KN
- STAV
- NADZ. VEDENÍ VN - EG.D
- NADZ./PODZ. VEDENÍ NN - EG.D
- VTL PLYNOVOD - EG.D
- NADZ./PODZ. SDĚLOVACÍ VEDENÍ - CETIN
- VODOVOD OBCE - ČEVAK
- VODOVOD OBCE MIMO PROVOZ - ČEVAK
- NÁVRH
- OBRYŠ PŘÍJEZDOVÉ KOMUNIKACE
- PŘÍJEZDOVÁ KOMUNIKACE K VODOJEMU



SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM: S-JTSK, VÝŠKOVÝ SYSTÉM: BALT p.v.

	FAKULTA STAVEBNÍ LUKÁŠ FREUDL 4. ROČNÍK SKUPINA 52		VEDOUcí KATEDRY: Doc. Ing. DAVID STRÁNSKÝ, Ph.D.
	KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉ INŽENÝRSTVÍ		VEDOUcí BAKALÁŘSKÉ PRÁCE: Ing. FILIP HORKÝ, Ph.D.
STUDIJNÍ OBOR: VODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ A VODNÍ STAVBY			NAZEV BAKALÁŘSKÉ PRÁCE: STUDIE ZASOBOVÁNÍ PÍTNOU VODOU OBCE MUŽETICE
NÁZEV: PŘEHLEDNÁ SITUACE ORTOFOTO - VARIANTA č. 1			VYPRACOVAL: LUKÁŠ FREUDL
			PŘEDMĚT: 144BAPV
			MĚŘÍTKO: 1:2500 FORMÁT: 2 A4
			DATUM: 05/2022 PŘÍLOHA č.: 2



VODOJEM MUŽETICE 100 m³
TERÉN - 563 m n. m.

PROPOJOVACÍ ŘÁD HOLUŠICE - MUŽETICE
PE D 90 x 5,4 SDR 17 DÉLKA 921,00 m

AT STANICE

SEKČNÍ ŠOUPÉ

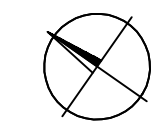
VODÁRENSKÁ SOUSTAVA JIŽNÍ ČECHY

ZDROJ VODY MUŽETICE
TERÉN - 563 m n. m.

ÚPRAVNA VODY MUŽETICE

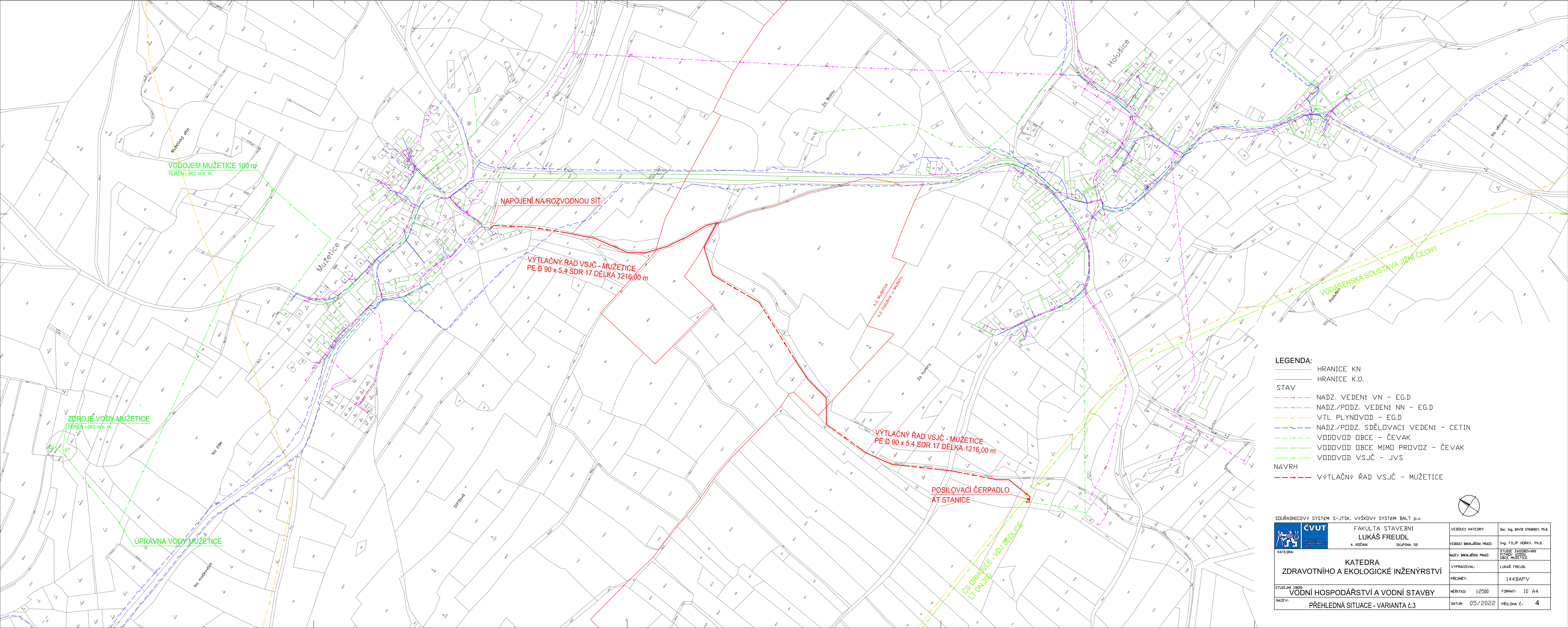
LEGENDA:

- HRANICE KN
- HRANICE K.Ú.
- STAV
- NADZ. VEDENÍ VN - EG.D
- NADZ./PODZ. VEDENÍ NN - EG.D
- VTL PLYNOVOD - EG.D
- NADZ./PODZ. SDĚLOVACÍ VEDENÍ - CETIN
- VODOVOD OBCE - ČEVAK
- VODOVOD OBCE MIMO PROVOZ - ČEVAK
- VODOVOD VSJČ - JVS
- NÁVRH
- PROPOJOVACÍ ŘÁD HOLUŠICE - MUŽETICE



SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM: S-JTSK, VÝŠKOVÝ SYSTÉM: BALT p.v.

	FAKULTA STAVEBNÍ LUKÁŠ FREUDL 4. ROČNÍK	VEDOUcí KATEDRY: Doc. Ing. DAVID STRANSKÝ, Ph.D. VEDOUcí BAKALÁŘSKÉ PRÁCE: Ing. FILIP HORKÝ, Ph.D.
	KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉ INŽENÝRSTVÍ	NÁZEV BAKALÁŘSKÉ PRÁCE: STUDIE ZASOBOVÁNÍ PÍTNOU VODOU OBCE MUŽETICE VYPRACOVAL: LUKÁŠ FREUDL PŘEDMĚT: 144BAPV
STUDIJNÍ OBR: VODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ A VODNÍ STAVBY NÁZEV: PŘEHLEDNÁ SITUACE - VARIANTA 6.2	MĚŘÍTKO: 1:2500 DATUM: 05/2022	FORMÁT: 10 A4 PŘÍLOHA č.: 3



VODOJEM MUŽETICE 100 m³
TERÉN - 563 m n. m.

NAPOJENÍ NA ROZVODNOU SÍŤ

VÝTLAČNÝ ŘAD VSJČ - MUŽETICE
PE D 90 x 5,4 SDR 17 DÉLKA 1216,00 m

VÝTLAČNÝ ŘAD VSJČ - MUŽETICE
PE D 90 x 5,4 SDR 17 DÉLKA 1216,00 m

POSILOVACÍ ČERPADLO
AT STANICE

VODÁRENSKÁ SOUSTAVA JIŽNÍ ČECHY

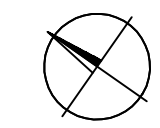
ZDROJ VODY MUŽETICE
TERÉN - 563 m n. m.

ÚPRAVNA VODY MUŽETICE


ČS DRHOVLE - VOJSEVICE
LT DN 300

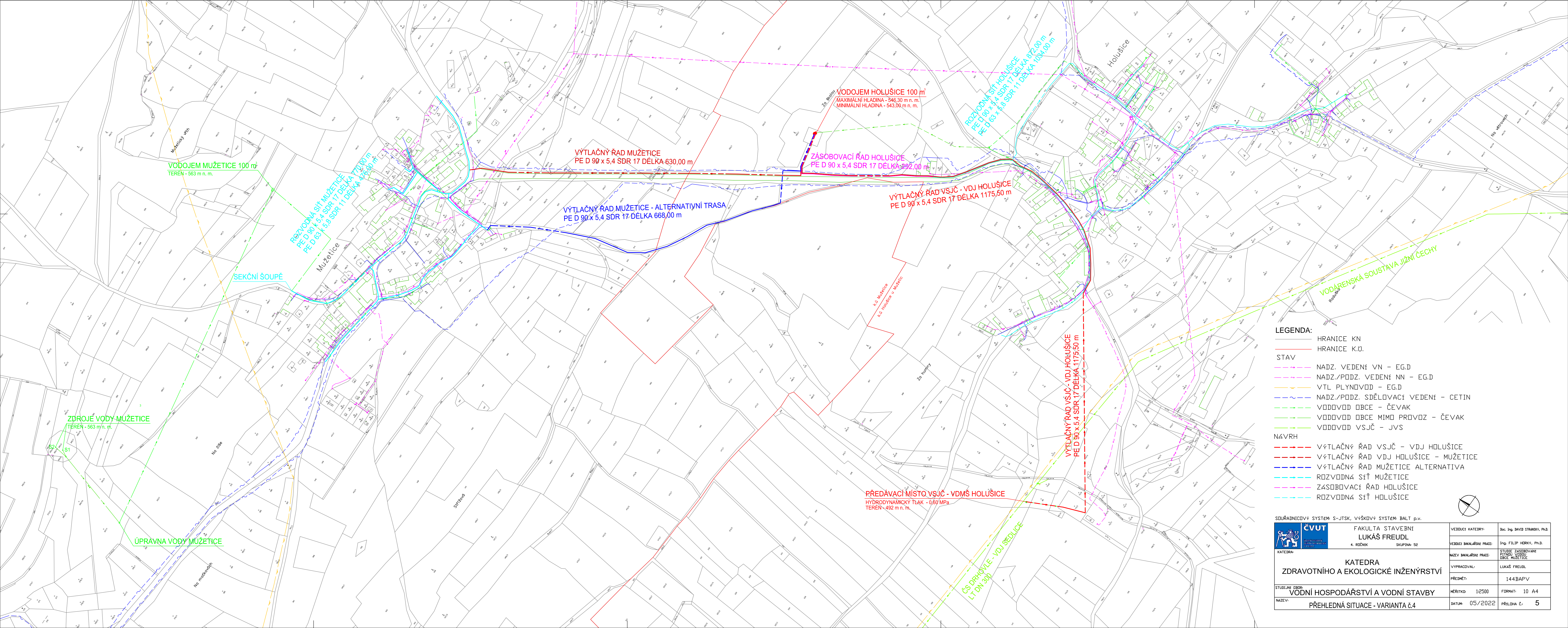
LEGENDA:

- HRANICE KN
- HRANICE K.Ú.
- STAV
 - NADZ. VEDENÍ VN - EG.D
 - NADZ./PODZ. VEDENÍ NN - EG.D
 - VTL PLYNOVOD - EG.D
 - NADZ./PODZ. SDĚLOVACÍ VEDENÍ - CETIN
 - VODOVOD OBCE - ČEVAK
 - VODOVOD OBCE MIMO PROVOZ - ČEVAK
 - VODOVOD VSJČ - JVS
- NÁVRH
 - VÝTLAČNÝ ŘAD VSJČ - MUŽETICE



SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM: S-JTSK, VÝŠKOVÝ SYSTÉM: BALT p.v.

 CVUT ČESKÁ VYSOKÁ ŠKOLA TECHNICKÁ PRAHA	FAKULTA STAVEBNÍ LUKÁŠ FREUDL 4. ROČNÍK	VEDOUcí KATEDRY: Doc. Ing. DAVID STRANÝ, Ph.D.
	SKUPINA: S2	VEDOUcí BAKALÁŘSKÉ PRÁCE: Ing. FILIP HORKÝ, Ph.D.
KATEDRA: KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉ INŽENÝRSTVÍ	NÁZEV BAKALÁŘSKÉ PRÁCE: STUDIE ZASOBOVÁNÍ PÍTNOU VODOU OBCE MUŽETICE	VYPRACOVAL: LUKÁŠ FREUDL
STUDIJNÍ OBRN: VODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ A VODNÍ STAVBY	PŘEDMĚT: 144BAPV	MĚŘÍTKO: 1:2500
NÁZEV: PŘEHLEDNÁ SITUACE - VARIANTA 6.3	DATUM: 05/2022	FORMÁT: 10 A4 PŘÍLOHA č.: 4



VODOJEM MUŽETICE 100 m³
TERÉN - 563 m n. m.

ROZVODNÁ SÍŤ MUŽETICE
PE D 90 x 5,4 SDR 17 DÉLKA 1720,00 m
PE D 83 x 5,8 SDR 11 DÉLKA 454,00 m

SEKČNÍ ŠOUPÉ

ZDROJ VODY MUŽETICE
TERÉN - 563 m n. m.

ÚPRAVNA VODY MUŽETICE

VÝTLAČNÝ ŘÁD MUŽETICE
PE D 90 x 5,4 SDR 17 DÉLKA 630,00 m

VÝTLAČNÝ ŘÁD MUŽETICE - ALTERNATIVNÍ TRASA
PE D 90 x 5,4 SDR 17 DÉLKA 668,00 m

VODOJEM HOLUŠICE 100 m³
MAXIMÁLNÍ HLADINA - 546,30 m n. m.
MINIMÁLNÍ HLADINA - 543,00 m n. m.

ZÁSOBOVACÍ ŘÁD HOLUŠICE
PE D 90 x 5,4 SDR 17 DÉLKA 292,00 m

VÝTLAČNÝ ŘÁD VSJČ - VD J HOLUŠICE
PE D 90 x 5,4 SDR 17 DÉLKA 1175,50 m

ROZVODNÁ SÍŤ HOLUŠICE
PE D 90 x 5,4 SDR 17 DÉLKA 82,00 m
PE D 83 x 5,8 SDR 11 DÉLKA 104,00 m

PŘEDÁVACÍ MÍSTO VSJČ - VDMŠ HOLUŠICE
HYDRODYNAMICKÝ TLAK - 0,60 MPa
TERÉN - 492 m n. m.

ČS DRHOVLE - VD J SEDLICE
LT DN 800

VODÁRENSKÁ SOUSTAVA JIŽNÍ ČECHY

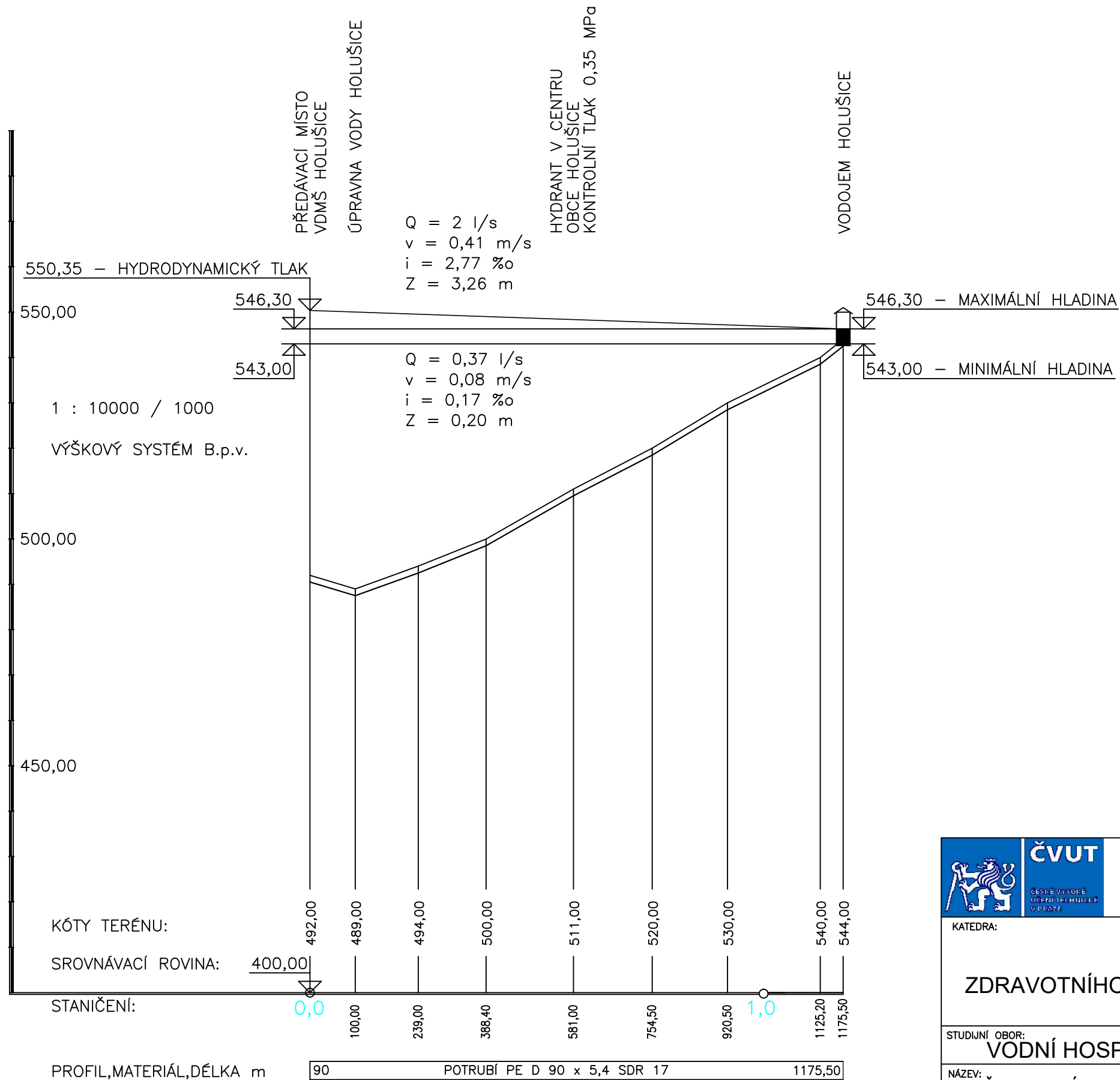
LEGENDA:

- HRANICE KN
- HRANICE K.Ú.
- STAV
- NADZ. VEDENÍ VN - EG.D
- NADZ./PODZ. VEDENÍ NN - EG.D
- VTL PLYNOVOD - EG.D
- NADZ./PODZ. SDĚLOVACÍ VEDENÍ - CETIN
- VODOVOD OBCE - ČEVAK
- VODOVOD OBCE MIMO PROVOZ - ČEVAK
- VODOVOD VSJČ - JVS
- NÁVRH
- VÝTLAČNÝ ŘÁD VSJČ - VD J HOLUŠICE
- VÝTLAČNÝ ŘÁD VD J HOLUŠICE - MUŽETICE
- VÝTLAČNÝ ŘÁD MUŽETICE ALTERNATIVA
- ROZVODNÁ SÍŤ MUŽETICE
- ZÁSOBOVACÍ ŘÁD HOLUŠICE
- ROZVODNÁ SÍŤ HOLUŠICE

SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM: S-JTSK, VÝŠKOVÝ SYSTÉM: BALT p.v.

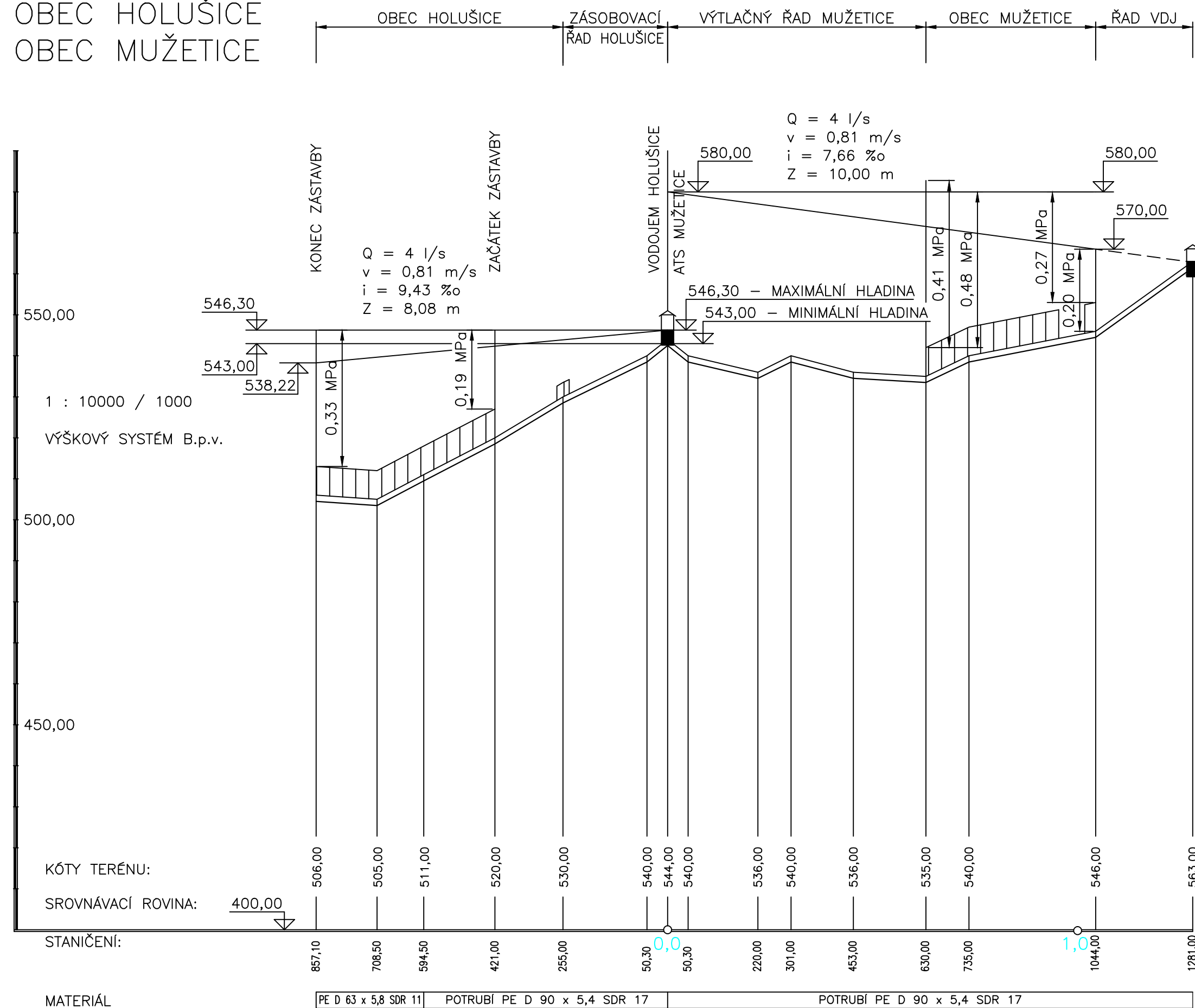
	FAKULTA STAVEBNÍ LUKÁŠ FREIDL 4. ROČNÍK SKUPINA: S2	VEDOUcí KATEGORIE: Doc. Ing. DAVID STRANSKÝ, Ph.D. VEDOUcí BAKALÁŘSKÉ PRÁCE: Ing. FILIP HORKÝ, Ph.D. NÁZEV BAKALÁŘSKÉ PRÁCE: STUDIE ZÁSOBOVÁNÍ PÍTNOU VODOU OBCE MUŽETICE VYPRACOVAL: LUKÁŠ FREIDL PŘEDMĚT: 144BAPV
	KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉ INŽENÝRSTVÍ	STUDIJNÍ OBRN: VODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ A VODNÍ STAVBY NÁZEV: PŘEHLEDNÁ SITUACE - VARIANTA č.4

VÝTLAČNÝ ŘAD VSJČ – VDJ HOLUŠICE



	FAKULTA STAVEBNÍ LUKÁŠ FREUDL 4. ROČNÍK SKUPINA: 52	VEDOUcí KATEDRY:	Doc. Ing. DAVID STRÁNSKÝ, Ph.D.
	KATEDRA:	ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉ INŽENÝRSTVÍ	VEDOUcí BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:
STUDIjNÍ OBOR:	VODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ A VODNÍ STAVBY	NÁZEV BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:	STUDIE ZÁSOBOVÁNÍ PITNOU VODOU OBCE MUŽETICE
NÁZEV:	PŘEHLEDNÝ PODÉLNÝ PROFIL - VSJČ - VDJ HOLUŠICE	VYPRACOVAL:	LUKÁŠ FREUDL
		PŘEDMĚT:	144BAPV
		MĚŘÍTKO: 1:10000/1000	FORMÁT: 2 A4
		DATUM: 05/2022	PŘÍLOHA č.: 6

TLAKOVÉ POMĚRY
OBEC HOLUŠICE
OBEC MUŽETICE



	FAKULTA STAVEBNÍ LUKÁŠ FREUDL 4. ROČNÍK SKUPINA: 52	VEDOUcí KATEDRY:	Doc. Ing. DAVID STRÁNSKÝ, Ph.D.
	KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉ INŽENÝRSTVÍ VODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ A VODNÍ STAVBY PŘEHLEDNÝ PODÉLNÝ PROFIL - TLAKOVÉ POMĚRY	VEDOUcí BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:	Ing. FILIP HORKÝ, Ph.D.
NÁZEV BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:		STUDIE ZÁSOBOVÁNÍ PITNOU VODOU OBCE MUŽETICE	
VYPRACOVAL:		LUKÁŠ FREUDL	
PŘEDMĚT:		144BAPV	
STUDIJNÍ OBOR:	VODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ A VODNÍ STAVBY	MĚŘITKO: 1:10000/1000	FORMÁT: 3 A4
DATUM:	05/2022	PŘÍLOHA Č.:	7