

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

# ZÁSOBENÍ SKAUTSKÉHO TÁBORA VODNÍM TRKAČEM

WATER SUPPLY OF SCOUT CAMP BY HYDRAULIC RAM

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jakub Růžička

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MIROSLAV ŠPANO, Ph.D.

BRNO 2017



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

## FAKULTA STAVEBNÍ

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

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Jakub Růžička
Název	Zásobení skautského tábora vodním trkačem
Vedoucí práce	Ing. Miroslav Špano, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2016
Datum odevzdání	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

---

prof. Ing. Jan Šulc, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

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

## **PODKLADY A LITERATURA**

Boor,B., Kunštátský,J., Patočka,C. (1968) Hydraulika pro vodohospodářské stavby, SNTL Praha.

## **ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ**

Výstupem bude zpráva zpráva přehledně členěná do jednotlivých částí:

- 1) Úvod a cíle práce
- 2) Postup řešení
- 3) Popis lokality
- 4) Výpočty
- 5) Vyhodnocení výsledků
- 6) Závěr

## **STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

---

Ing. Miroslav Špano, Ph.D.  
Vedoucí bakalářské práce

## **ABSTRAKT**

Tato práce pojednává o zásobování skautského tábora užitkovou vodou z Trusovického potoka. Zásobování je prováděno vodním trkačem, jehož konstrukce je značně zjednodušena a sestavena pouze z dostupných tvarovek a armatur. Vodní trkač čerpá vodu do zásobní nádrže, odkud je voda vedena gravitačně do spotřebiště. Zásobení tábora vyhovuje. Provozní charakteristiky vodního trkače byly měřeny na měrné trati v laboratoři.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Vodní trkač, skauting, tábor, zásobování, užitková voda, čerpání, tvarovka, armatura, zpětná klapka

## **ABSTRACT**

This work is dealing with water supply of a scout camp from Trusovický potok. The water is pumped with a ram pump to the water tank. The construction of the ram pump is simplified and it is collected from commonly available fittings and fixtures. The water from the tank is distributed by pipe network gravitationally. Operating characteristics of the hydraulic ram pump were measured in the laboratory.

## **KEYWORDS**

Hydraulic ram pump, scouting, camp, water supply, service water, pumping, fitting, fixture, check valve

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP**

Jakub Růžička *Zásobení skautského tábora vodním trkačem*. Brno, 2017. 45 s.,  
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních  
staveb. Vedoucí práce Ing. Miroslav Špano, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ**

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

V Brně dne 25. 5. 2017

---

Jakub Růžička  
autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Miroslavu Španovi, Ph.D. za ochotu a cenné poznatky při vedení mé bakalářské práce.

Také bych chtěl poděkovat kamarádovi Mikulášovi Škrachovi, který mi pomáhal při geodetickém zaměřování lokality a se sestrojením vodního trkače.

V neposlední radě bych chtěl poděkovat mé rodině a všem co mě ve studiu podporují.

V Brně dne 25. 5. 2017

---

Jakub Růžička  
autor práce

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod a cíle práce</b>	<b>2</b>
1.1	Cíle práce . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Motivace</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Teoretický popis</b>	<b>4</b>
3.1	Vodní ráz . . . . .	4
3.2	Vodní trkač . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Historie a patenty</b>	<b>8</b>
4.1	Historie . . . . .	8
4.2	Patenty . . . . .	8
4.2.1	Vodní trkač s nárazným ventilem, obráceným dolů [5] . . . . .	8
4.2.2	Vodní trkač [8] . . . . .	9
4.2.3	Vodní trkač [1] . . . . .	9
4.2.4	Trkač s odděleným čerpáním [7] . . . . .	10
4.2.5	Rotační trkač [4] . . . . .	10
4.3	Trkač dostupný v ČR . . . . .	11
<b>5</b>	<b>Mé převzaté řešení</b>	<b>12</b>
5.1	Technický popis trkače . . . . .	12
5.2	Rozměry a typy sestrojených trkačů . . . . .	14
5.2.1	Vodní trkač „nízký“ 3/4” na 1/2” . . . . .	14
5.2.2	Vodní trkač „vysoký“ 1” na 1/2” . . . . .	15
5.2.3	Vodní trkač „vysoký“ 1 1/4” na 1/2” . . . . .	16
<b>6</b>	<b>Zásobení tábora vodou</b>	<b>19</b>
6.1	Zásobní nádrž a trubní rozvod . . . . .	20
6.2	Konstrukce sprchy . . . . .	21
6.3	Umývárna . . . . .	22
6.4	Dřez v kuchyni . . . . .	23
6.5	Legislativa odběru vody . . . . .	23
<b>7</b>	<b>Provozní zkušenosti</b>	<b>25</b>
7.1	Trusovický potok . . . . .	26
7.2	Kyjanka . . . . .	26
7.3	Prudký potok . . . . .	27
<b>8</b>	<b>Výpočty a měření</b>	<b>28</b>
8.1	První orientační měření . . . . .	28
8.2	Výpočet potřeby vody . . . . .	29
8.3	Měření provozních charakteristik na táboře . . . . .	30
8.4	Měření průtoků v laboratoři . . . . .	31
<b>9</b>	<b>Závěr</b>	<b>35</b>



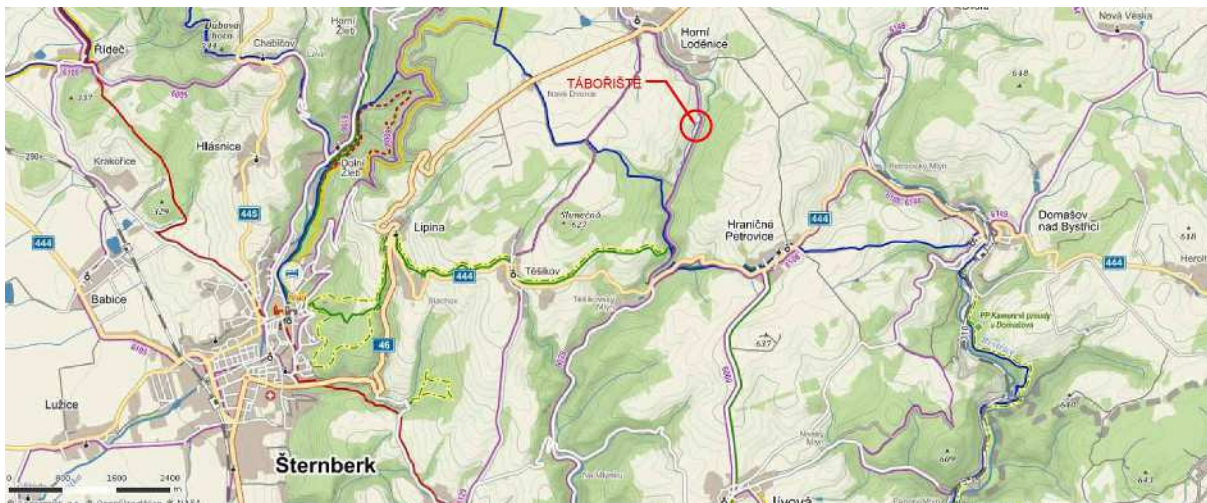
# 1 Úvod a cíle práce

Tato práce pojednává o zásobování skautského tábora užitkovou vodou z Trusovického potoka. Tábořiště se nachází 1,7 km jižně od obce Horní loděnice a téměř 2 km severně od Těšíkovské kyselky. Situace širších vztahů je vidět na obrázku 1.1. Na tábořišti táboří 15. skautský oddíl Poutníci, jehož jsem vedoucí. Oddíl dále patří pod 7. středisko Žlutý kvítek Olomouc. V oddíle bylo v roce 2016 registrováno 68 členů, z nichž téměř 90% jezdí pravidelně na tábory.

Hlavní část této práce je věnována vodnímu trkači, jehož konstrukce byla převzata a určitým způsobem pozměněna. V práci jsou uvedeny tři rozměry trkačů, které byly sestrojeny a následně dvě z nich použity pro zásobení tří lokalit skautských táborů.

Další neméně důležitou částí je samotné zásobování tábora vodou. Tábor z hygienického hlediska spadá pod tzv. „zotavovací akci“, kde musí být splněny určité hygienické podmínky. Užitková voda musí být tedy přivedena do tábora na výtokové kohouty a také do kuchyňského dřezu. Sprcha na táboře není nutná, pokud účastníci tábora navštíví alespoň jednou týdně veřejné koupaliště. Pitná voda musí být dovážena z předem ověřeného zdroje (úplný rozbor vody) nebo přímo z vodovodního řádu. V obci Horní loděnice je skupinový vodovod, který je provozován akciovou společností Moravská vodárenská, a odtud je také tábor zásoben pitnou vodou.

Doposud měl tábor zásobování vyřešeno pouze pomocí ručního křídlového čerpadla od firmy SIGMA a zásobní nádrže o objemu 300 l. Čerpání užitkové vody bylo náročné a zdlouhavé.



Obrázek 1.1: Situace širších vztahů [zdroj: www.mapy.cz]

## 1.1 Cíle práce

Hlavním cílem je zvládnout zásobování skautského tábora užitkovou vodou pomocí vodního trkače. Vodní trkač se tedy musí navrhnout tak, aby čerpal užitkovou vodu do skautského tábora, jehož kapacita je 60 osob. Potoční voda bude čerpána tak, aby byly zprovozněny veškeré odběrné objekty v táboře (sprcha, umývárna a dřez). Pro zajištění plynulého odběru vody na výtokových kohoutech bude třeba navrhnout dostatečně kapacitní zásobní nádrž.

Jako první dílčí cíl bylo zvoleno stanovení provozních charakteristik vodního trkače (tj. meze funkčnosti a účinnosti) při různých spádových a výtlačných výškách. Díky získaným charakteristikám bude možné jednoduše navrhnout využití vodního trkače k zásobení různých lokalit.

Druhý dílčí cíl je porovnat naměřené účinnosti vodního trkače s účinnostmi uvedenými v dostupné literatuře [6]. Z porovnání pak bude patrné, zda má použitá konstrukce trkače rezervy a zda je účelné uvažovat o zdokonalení použité konstrukce.

Třetí dílčí cíl je měření skutečného odběru vody skautským táborem, jehož výsledky přispějí k dimenzování systému zásobování.

## 2 Motivace

Bylo potřeba vyřešit zásobení skautských táborů užitkovou vodou, protože většina táborů z hlediska vyhlášky Ministerstva zdravotnictví 422/2013 Sb. spadá pod tzv. „zotavovací akce“, kde je potřeba mít jeden výtokový kohout na pět účastníků tábora. Většina táborů se nachází na odlehlých lokalitách bez elektrické přípojky a tak bylo nutné navrhnout řešení na tyto podmínky.

Na táborech se používá systém gravitačního rozvodu ze zásobní nádrže, která je plněna ze zdroje vody, obvykle potoka. Doposud se používá ruční čerpání vody, které je náročné a z hlediska táborových aktivit omezující. Čerpání probíhá až třikrát denně a členové se u čerpání střídají. Na některých táborech se voda do zásobní nádrže nosí ručně v kbelíku.

Vodní trkač by mohl být dobrou možností jak vyřešit tyto problémy a také se přiučit něco nového a velice zajímavého. O vodním trkači jsem poprvé slyšel na střední průmyslové škole stavební v Lipníku nad Bečvou. Vynález mě už tehdy nadchl a teď, díky tématu *Zásobení skautského tábora vodním trkačem* jsem dostal možnost, postupně pátrat po jeho vzniku a funkci.

## 3 Teoretický popis

### 3.1 Vodní ráz

Voda, která se pohybuje potrubím střední rychlostí  $v$ , má kinetickou energii  $\frac{1}{2}mv^2$ . Pokud bychom potrubí v nějakém průřezu okamžitě uzavřeli, tak se stane to, že tlak v potrubí po uzavření stoupne. Díky vysokému tlaku se stlačí proudící kapalina, roztáhnou se stěny potrubí a na příslušné deformační práce se převede úbytek kinetické energie.

Pro zjednodušení můžeme sledovat obrácený jev. Místo, aby tlak byl v potrubí vyvolán nárazem proudící vody na uzávěr, tak je způsoben pohyblivým pístem, který stlačuje nehybnou vodu ve vodorovném potrubí a tím vyvolává vzrůst tlaku o  $\Delta p$ . Je-li  $a$  rychlost šíření tlaku v daném potrubí, pak se za jednu sekundu stlačí sloupec vody o délce  $a$ . Pokud by byla v kapalině před pístem krychle o délce hrany jedné délkové jednotky, tak se rozměr krychle ve směru osy potrubí zkrátí o poměrné stlačení  $\varepsilon_1$ . Objem krychle po zanedbání vyšších mocnin malých čísel  $\varepsilon$  a stlačení bude dle [2]:

$$(1 - \varepsilon_1)(1 + \varepsilon_2)(1 + \varepsilon_2) \approx 1 - \varepsilon_1 + 2\varepsilon_2.$$

Původní jenotkový objem krychle se tedy zmenší o  $(\varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)$ . Je-li  $K$  modul objemové pružnosti vody, pak dle [2] platí vztah:

$$\varepsilon_1 - 2\varepsilon_2 = \frac{\Delta p}{K}. \quad (3.1)$$

Vzrůstem tlaku o  $\Delta p$  v kruhovém potrubí o průměru  $d$  a tloušťce stěn  $e$  vzroste napětí ve stěnách potrubí o  $\frac{\Delta p d}{2e}$  a materiál stěn má poměrné protažení  $\varepsilon_2 = \frac{\Delta p d}{2eE}$ , přičemž  $E$  je modul pružnosti stěn potrubí v tahu. Dosazením do rovnice (3.1) dostaneme:

$$\varepsilon_1 - \frac{\Delta p d}{eE} = \frac{\Delta p}{K}. \quad (3.2)$$

a z toho plyne [2]:

$$\Delta p = \frac{\varepsilon_1}{\frac{1}{K} + \frac{d}{eE}}. \quad (3.3)$$

Každou sekundu se posune stlačení o délku  $a$ , která se přitom zkrátí o  $\varepsilon_1 a$ . O tuto délku postoupí za sekundu píst a společně se stlačeným sloupcem vody. Tedy účinkem síly  $\Delta p \frac{\pi d^2}{4}$  se každou sekundu hmota vody  $\rho \frac{\pi d^2}{4} a$  zrychluje z klidu na rychlost  $\varepsilon_1 a$ . Podle Newtonova zákona:

$$\Delta p \frac{\pi d^2}{4} = \rho \frac{\pi d^2}{4} a \varepsilon_1 a; \quad \Delta p = \rho \varepsilon_1 a^2. \quad (3.4)$$

Přirovnáním pravých stran rovnic (3.3) a (3.4) dostáváme rychlost šíření tlakové vlny:

$$a = \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{K}{E} \cdot \frac{d}{e}}}. \quad (3.5)$$

Kdyby byly stěny potrubí absolutně tuhé ( $E = \infty$ ), šířil by se tlak rychlostí  $a_0 = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$ , což platí i pro rychlost v neomezené kapalině. Dosadíme-li pro vodu o teplotě 10 °C  $K = 2,0 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$  a  $\rho = 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  bude šíření tlakové vlny dle literatury [2]:

$$a_0 = \frac{\sqrt{2,0 \cdot 10^9}}{\sqrt{10^3}} = 1425 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}. \quad (3.6)$$

Můžeme tedy rovnici (3.5) pro vodu o teplotě 10 °C přepsat do tvaru:

$$a = \frac{1425}{\sqrt{1 + \frac{K}{E} \cdot \frac{d}{e}}}. \quad (3.7)$$

Pro obvyklé materiály a tloušťky stěn vodovodních potrubí jsou rychlosti  $a$  podle tohoto vzorce uvedeny v tabulce 3.1.

**Tabulka 3.1:** Rychlost šíření tlakové vlny ve vodovodním potrubí [2]

Materiál stěn	$\frac{K}{E}$	$\frac{d}{e}$		$a$ [m.s <sup>-1</sup> ]	
		od	do	od	do
Ocel	0,00984	83,3	12,5	1060	1350
Litina	0,02250	33,3	6,7	1080	1330
PE	1,50420	16,6	10,5	279	348

V tabulce 3.1 je znázorněno, že v běžně používaných potrubích jsou rychlosti šíření tlaku okolo 1000 m.s<sup>-1</sup>. S touto hodnotou se také počítá v prvním přiblížení, pokud nemáme podklady pro přesnější výpočet z rovnic (3.5) a (3.7).

Od představy pohyblivého pístu přejdeme k pevnému uzávěru, vůči němuž se voda pohybuje relativní rychlostí  $v$ . Pak v rovnici (3.4) místo  $\varepsilon_1 a$  píšeme  $v$  a přírůstek tlakové výšky vyjádříme  $\frac{\Delta p}{\rho g}$  po okamžitém uzavření potrubí [2]:

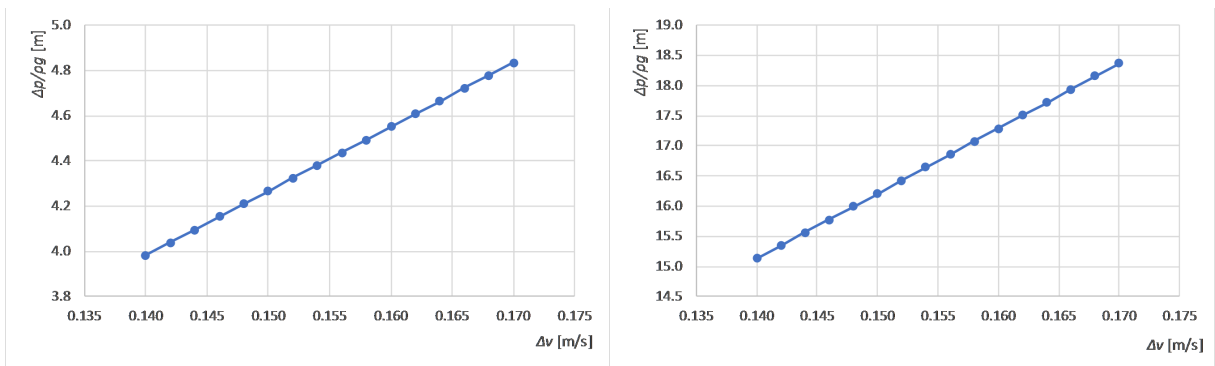
$$\frac{\Delta p}{\rho g} = \frac{va}{g}. \quad (3.8)$$

Tento jednoduchý a důležitý vztah odvodil Žukovskij (r. 1898), teorii vodního rázu podrobněji zpracoval italský badatel Allievi (r. 1903) [2].

Pokud jsme předpokládali úplné uzavření potrubí, při kterém rychlost klesne z hodnoty  $v$  na nulu, tak při částečném uzavření se rychlost zmenší z hodnoty  $v$  na  $v - \Delta v$ . Stejnou úvahou můžeme tedy odvodit vztah:

$$\frac{\Delta p}{\rho g} = \frac{\Delta va}{g}. \quad (3.9)$$

Předpokládejme, že vodní trkač bude napojen na přírodní potrubí z PE nebo z Oceli. Na základě rovnice (3.9) můžeme tedy odvodit dva grafy, a to pro PE (obrázek 3.1 vlevo) a pro ocel (obrázek 3.1 vpravo). V grafech je znázorněna odhadovaná maximální teoretická dopravní výška při změně rychlosti  $\Delta v = 0,14$  až  $0,17$  m · s<sup>-1</sup>.



**Obrázek 3.1:** Graf změny rychlosti na maximální teoretické výtlačné výšce (PE vlevo, ocel vpravo)

Z obrázku 3.1 plyne, že při použití PE potrubí lze očekávat výtlačnou výšku v řádu 5 m, zatímco u ocelového potrubí lze očekávat výtlačnou výšku v řádu 17 m.

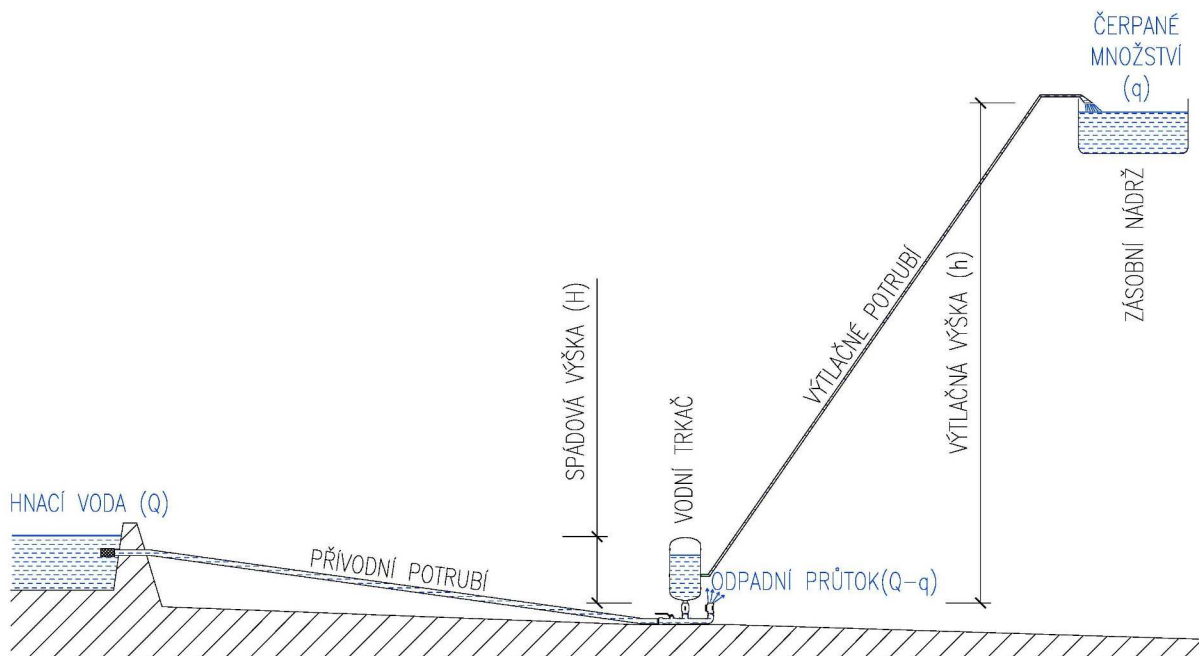
### 3.2 Vodní trkač

Vodní trkač je čerpací zařízení, které přeměňuje kinetickou energii v potenciální a využívá vodních rázů v potrubí. Pracuje nepřetržitě, dokud je na přívodu dostatečná spádová výška. Ke své práci využívá energie velkého množství vody o malém spádu pro čerpání malého množství do větší výšky.

Čerpání vody je prováděno periodickými rázy neboli „trky“. Pracovní těleso je vybaveno tlakovou nádobou a ventily (výtlačným a tepacím). Spádová výška  $H$  by dle [6] měla být 1 až 5 m. U spádové výšky  $H < 1$  m je účinek nejistý nebo je s velmi malou účinností. U spádové výšky  $H > 5$  m jsou rázy tak velké, že ohrožují konstrukci trkače, a především jeho ventily. Přívodní potrubí má být dlouhé 5 až 15 m. Pokud je potrubí delší, je nutno provést před trkačem svislé napojení potrubí, které bude asi o 1 m převýšené nad hladinu hnací vody a utlumí rázovou vlnu.

Tepací ventil je seřízen tak, že při malé rychlosti protéká voda do recipientu (či do odpadu) a při určité rychlosti se sám uzavře. V okamžiku uzavření se průtok hnací vody zbrzdí, čímž se zvýší tlak a část vody vnikne přes výtlačný ventil přímo do tlakové nádoby větším přetlakem než je výtlačná výška se ztrátami  $h + h_z$ . Tím ovšem poklesne tlak v přívodním potrubí (zpětná podtlaková vlna), výtlačný ventil se tlakem shora uzavře a otevře se tepací ventil. Z tlakové nádoby přitom vytéká voda o čerpaném množství  $q$  postupně do zásobní nádrže. Celý tento cyklus se bez přerušení opakuje. Vzhledem k velkým tlakům musí být potrubí řádně zakotveno a spoje dokonale utěsněny. V tlakové nádobě zůstává pružný vzduchový polštář podobně jako u automatických tlakových stanic. Pro větší množství vody se může použít více trkačů zapojených na jednu tlakovou nádobu.

Schéma vodního trkače je na obrázku 3.2.



Obrázek 3.2: Schéma vodního trkače

V současné době se trkače používají k čerpání užitkové vody pro zásobování zahrad na odlehlých místech, horských chat nebo jiných míst, bez přívodu elektrické energie. Trkač může čerpat i jinou vodu než vodu hnací. V těchto případech se jedná převážně o pitnou vodu (kapitola 4.2.4).

Vztah mezi průtokem hnací vody  $Q$ , spádovou výškou  $H$ , čerpaném množstvím vody  $q$  a výtlačnou výškou  $h$  je dle [6]:

$$q \cdot h = \eta \cdot (Q - q) \cdot H. \quad (3.10)$$

Z toho je účinnost vodního trkače:

$$\eta = \frac{q \cdot h}{(Q - q) \cdot H}. \quad (3.11)$$

Dle [6] je účinnost  $\eta$  velmi nízká (standardně v mezích 0,25 až 0,5) a dosažitelná výtlačná výška  $h$  může být až dvacetinásobek spádové výšky  $H$  ovšem čerpané množství  $q$  je pouze asi 1 % z celkového průtoku hnací vody  $Q$ . Pro dosažení vyšší účinnosti doporučuje [6] dodržet poměr  $h/H \leq 8$ . Počet „trků“ za sekundu udává [6] vztahem:

$$n = 268 \frac{H}{60 \cdot L \cdot v}. \quad (3.12)$$

kde

$v$  rychlost vody v přívodním potrubí o průměru  $D$ ,

$L$  délka potrubí.

Pro návrhy nových vodních trkačů je v [6] odvozena tabulka 3.2.

**Tabulka 3.2:** Návrhové parametry vodního trkače dle [6]

$\frac{h}{H}$	1	2	3	4	5	6	8	10	12	15	16	18	20
$\eta$	0,92	0,84	0,78	0,72	0,67	0,63	0,56	0,49	0,43	0,35	0,32	0,26	0,23
$\frac{q}{Q}$	0,48	0,29	0,205	0,152	0,118	0,095	0,065	0,048	0,034	0,0225	0,0196	0,0142	0,0112

## 4 Historie a patenty

### 4.1 Historie

Předchůdcem trkače byl ručně ovládaný pulsní motor, který vynalezl John Whitehurst v roce 1772. Samotný vodní trkač byl roku 1796 zkonstruován francouzským vynálezcem Josephem Montgolfierem. V období zkoušení o zkonstruování trkače byl veřejností považován za blázna a podivína, když dlouhé měsíce bádával nad tak „banální“ maličkostí jako je tepací ventil. Montgolfier ale věděl co dělá a nakonec, když svůj vynález zkušel ve své papírně se ukázalo, že jeho výzkum měl smysl. Roku 1797 byl princip trkače patentován a patent později zdělili synové J. Montgolfiera. Až roku 1820 získal patent J. Easton, který vlastnil specializovanou firmu na vodárenské zařízení.

Do českých zemí dorazil první trkač roku 1834 z Paříže. Přivezl ho obchodník Voizot pro Luise Rohana a byl používán k čerpání vody z říčky Mohelky na zámek Sychrov [3].

### 4.2 Patenty

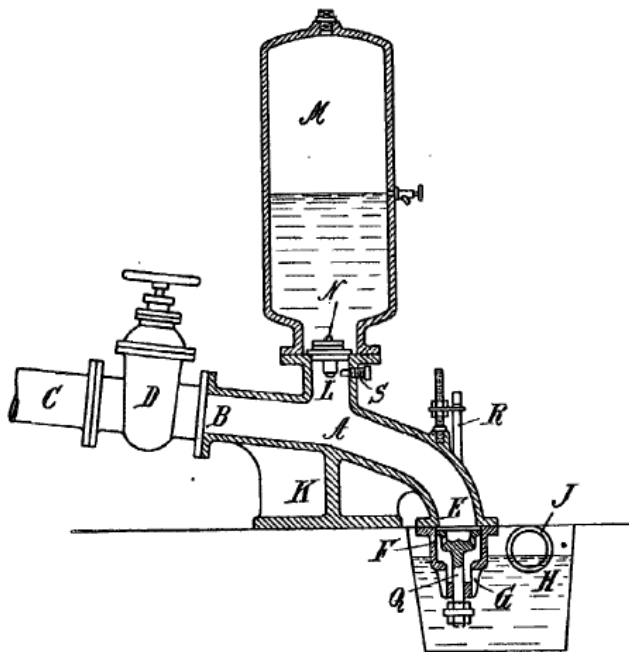
#### 4.2.1 Vodní trkač s nárazným ventilem, obráceným dolů [5]

Autor: PFISTER & LANGHANSS Aktien Gesellschaft, Norimberk, SRN

Datum: 02.06.1925

Vynález spočívá v tom, že místo tepacího ventilu směřujícího dolů se použije tepací ventil, který je vyvážen a pracuje naprosto samostatně bez jakéhokoliv rozvodu. Pro vyvážení se použije účelně pružící pas, o který se ventil opírá [5].

Příklad provedení je zobrazen na následujícím obrázku 4.1.



A-oblouková trouba, B-šikmý konec trouby, C-přívodní potrubí, D-šoupátko, E-svislý konec trouby, F-tepací ventil, G-výtokové otvory, H-spodní voda, J-odtoková trouba, K-noha trkače, L-výtlačné hrdlo, M-vzdušník, N-výtlačný ventil, O-hrdlo, Q-kuželka nárazného ventilu, R-zpruha, S-srkací trubička, T-srkací otvor

**Obrázek 4.1:** Vodní trkač s nárazným ventilem, obráceným dolů [5]

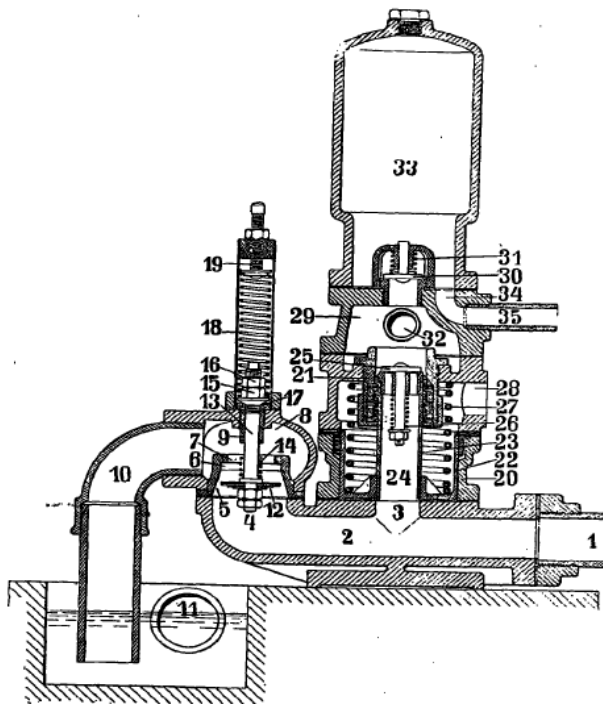
#### 4.2.2 Vodní trkač [8]

Autor: Zavadil Eduard, Praha, ČSR

Datum: 15.12.1935

Předmět vynálezu tvoří vodní trkač, který má tepací ventil i sedlo umístěný v těsné vybíjecí komoře, od které je odváděna spotřebovaná voda. Trkač využívá celou pohonnou výšku hnací vody (od horní hladiny jímky až ke spodní hladině odpadní vody) bez jakýchkoliv ztrát [8].

Konstrukce trkače je přehledně zpracována na obrázku 4.2.



1-přívodní potrubí, 2-trup trkače, 3-výtlačný otvor, 4-výpustný otvor, 5-kuželovité sedlo, 6-válcovité sedlo, 7-výpustný otvor, 8-vybíjecí komora, 9-vodící pouzdro, 10-odpadní trubka, 11-odvodňovací koryto, 12-talíř tepacího ventilu, 13-vřeteno, 14-pružina, 15-stavitelná matice ventilová, 16-stavitelná matice přít užná, 17-sedlo, 18-pružina, 19-šroub, 20 a 21-dvojitý válec, 22-dolní píst, 23-trubkový plunžer, 24-průchozí otvor, 25-ventil, 26-pružina, 27-pružina, 28-otvor, 29-čerpací komora, 30-výtlačný ventil, 31-pružina, 32-sací otvor, 33-tlačný vzdušník, 34-otvor, 35-výtlačné potrubí

Obrázek 4.2: Vodní trkač [8]

#### 4.2.3 Vodní trkač [1]

Autor: Blažek Jan, Gottwaldov, ČSSR

Datum: 01.09.1987

Účelem vynálezu je snížení hydraulických odporů vznikajících ve vodním trkači, vedoucích ke zvýšení účinnosti. Zařízení se dá využít i při velmi malých spádových výškách a malém množství dopravované kapaliny.

Účelu se dosáhne uspořádáním průtokové trouby a sedla tepacího ventilu v jedné rovině [1].

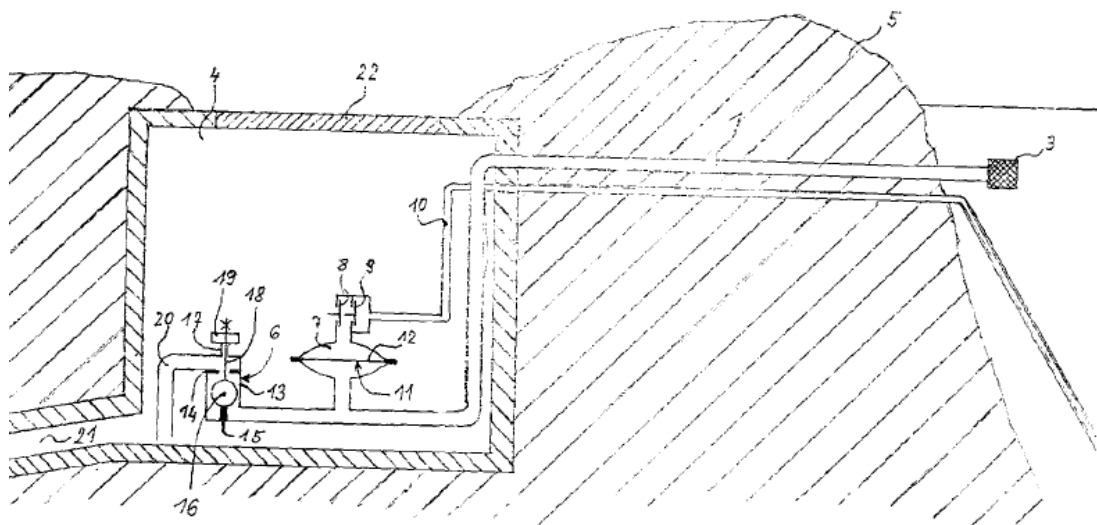


#### 4.2.4 Trkač s odděleným čerpáním [7]

Autor: Vevera Jiří, Letovice, ČSSR

Datum: 15.07.1988

Účelem řešení je zjednodušení a zvýšení spolehlivosti trkače s odděleným čerpáním, jak lze vidět na obrázku 4.3. Tento trkač je složen z přívodního potrubí ukončeného tepacím ventilem, kde je k přívodnímu potrubí připojena pracovní komora. Komora je opatřena sacím ventilem a výtlačným ventilem. Mezi přívodním potrubím a pracovní komorou je uložen odpružený oddělující posuvný prvek. Uvedeného účelu se dosahuje tím, že oddělující posuvný prvek je tvořen membránou [7].



1-přívodní potrubí, 2-vodní nádrž, 3-sací koš, 4-betonová kopka, 5-břeh vodní nádrže, 6-tepací ventil, 7-pracovní komora, 8-sací ventil, 9-výtlačná ventil, 10-výtlačné potrubí, 11-oddělující posuvný prvek, 12-membrána, 13-tělo tepacího ventilu, 14-sedlo, 15-doraz, 16-těsnicí koule, 17-vedení odtlačovací tyče, 18-odtlačovací tyč, 19-závaží, 20-odpadní potrubí, 21-odpadní kanál, 22-uzavíratelný vstupní prostor

Obrázek 4.3: Trkač s odděleným čerpáním, Vevera Jiří [7]

#### 4.2.5 Rotační trkač [4]

Autor: Mára Jan, Tábor, CZ

Datum: 02.05.2011

Technické řešení tohoto trkače obsahuje rotační lopatkové kolo, obtokový kanál, uzavírací šoupata s ovládním a expanzní nádrž, která tlumí rázy ve výtlačovém kanálu.

Proud vody, který teče vtokovým kanálem roztáčí lopatkové kolo a také proudí obtokovým kanálem. Při náhlém uzavření výtokového šoupěte prudce vzroste tlak vody, otevře se výtlačové šoupě a voda je pod tlakem a setrvačností rotačního kola vytlačena do výtlačového kanálu. Hradící šoupě slouží k oddělení vtokové a výtlačové větve, otevírá se pouze pro průchod lopatky rotačního kola.

Při následném otevření výtokového šoupěte a současném uzavření výtlačového šoupěte se ustálí odtok vody odtokovým kanálem, proud vody znovu získá energii a současně lopatkové kolo hybný moment.

Pro správnou funkci a snížení ztrát je nezbytné, aby štěrbin mezi skříní trkače a ramenem lopatkového kola byla co nejmenší [4].

### 4.3 Trkač dostupný v ČR

V současné době se na českém obchodním trhu objevuje pouze jeden druh vodního trkače. Jeho cena se pohybuje v rozmezí 3 500 - 4 000 Kč.

Má využití pro chatáře, zahrádkáře a všude tam, kde je potok, řeka nebo jakákoli jiná voda a objekt nedisponuje elektrickou přípojkou. Na obrázku 4.4 jsou pohledy na trkač prodáváný v ČR.

#### Technické údaje:

- Hmotnost ( $m$ ) je přibližně 8 kg,
- Spádová výška ( $H$ ) se pohybuje od 0,5 do 5 m,
- Maximální výtlačná výška ( $h$ ) je až 40 m,
- Přívodní potrubí má profil 2",
- Výtlačné potrubí má profil 3/4",
- Rozměry (v/š/d) jsou 450/140/240 mm.



Boční pohled



Pohled po proudu hnací vody

Obrázek 4.4: Trkač prodáváný v ČR

## 5 Mé převzaté řešení

Na internetu lze najít různá řešení vodních trkačů, která jsou však složitá na sestavení. Některé díly těchto trkačů se totiž nedají zakoupit, a tudíž se musejí složitě vyrábět. Také z tohoto důvodu jsem začal hledat pod anglickým názvem „ram pump” a našel jsem jednodušší návod, který zvládnou sestavit sám. Po přeložení názvů armatur do českého jazyka jsem přišel na to, že se musí použít dvakrát stejná armatura na místo výtlačného i tepacího ventilu. Armatura se nazývá „vodorovná zpětná klapka”, anglicky „check valve”. Veškeré tvarovky v nalezeném návodu byly z PVC a lepily se pomocí speciálního lepidla na PVC. Tyto tvarovky nejsou v České republice dostupné a tak jsem trkač předělal z pozinkovaných fitinků. Tím vznikla konstrukce trkače, která byla použita pro zásobení táborů. Později jsem zjistil, že výtlačný ventil se dá nahradit klasickou zpětnou klapkou s pružinou, která je dostupnější a levnější.

Poslední překážkou před sestrojením bylo sehnat tlakovou nádobu. Tlaková nádoba se dá buď koupit, nebo vyrobit. Na výrobu stačí 2” ocelová trubka (opatřená závity), ocelová závitová zátka a také redukce na potřebný profil. Pro prvotní ověření funkce vodního trkače (kapitola 8.1) byla použita PET láhev (obrázek 5.1).



Obrázek 5.1: Použití PET láhve na místo tlakové nádoby

### 5.1 Technický popis trkače

Mé převzaté řešení vodního trkače má zjednodušenou konstrukci, která lze sestavit z dostupných tvarovek a armatur. Voda protéká spodní částí trkače, kde doteče k tepacímu ventilu (vodorovné zpětné klapce) a při překonání určité rychlosti strhne klapku s proudem vody a tím ji uzavře, naráz stoupne velice rychle tlak (principem vodního rázu) a tím voda proteče přes výtlačný ventil (zpětnou klapku), která je namontována opačně, než tepací klapka. To znamená, že voda přes výtlačnou klapku může protéct do tlakové nádoby, ale nemůže už zpět. Po uvolnění tlaku se tepací klapka otevře, čímž se cyklus opakuje. Vytlačená voda v tlakové nádobě je postupnými „trky” posouvána až do zásobní nádrže umístěné na ocelové konstrukci. Čím je větší objem tlakové nádoby, tím se zmenšuje tzv. trkání a voda z výtlačné hadice může vytékat klidně, bez náznaku jednotlivých pulzů. Vodorovná zpětná klapka je vidět v řezu i v pohledu na obrázku 5.2.

Prívodní potrubí je dlouhé 10 m. Tato délka je volena s ohledem na šíření rázové vlny, které vznikne

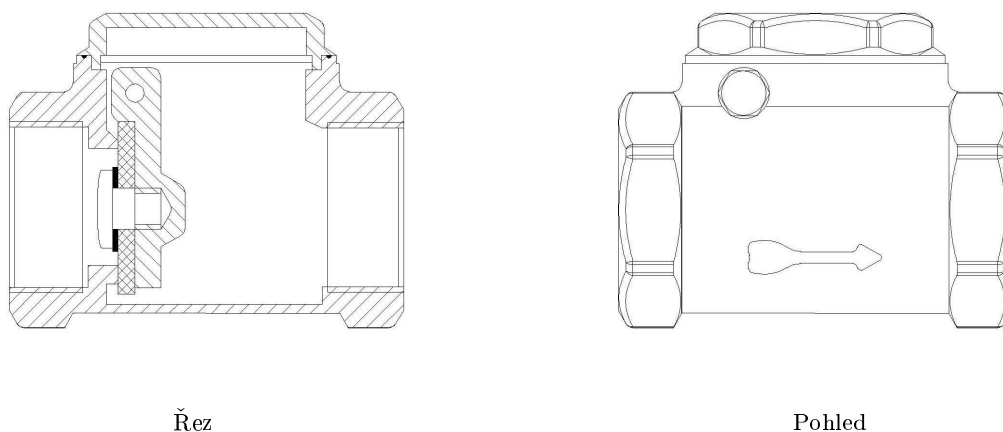
uzavřením tepacího ventilu. Vzhledem k šíření rázové vlny v přívodním potrubí by bylo vhodnější zvolit ocelové potrubí. Potrubí je ale nutné také osadit do potoka a je vhodné, když se s ním dá snadno manipulovat. Z těchto důvodů byl jako materiál pro přívodní potrubí zvolen Polyethylen, který se dodává ve svitcích.

Další důležitou částí celého systému je opatření na vtoku, které spočívá v jednoduchém filtru. Jako filtrační materiál proti hrubším nečistotám je zvolen jemná textilní tkanina. Na vtoku do přívodní hadice je vytvořena konstrukce z drátů. Na ní je připevněna filtrační tkanina. Filtr je velice důležitý a to zejména při deštích. Pokud by se do trkače dostala nějaká větší nečistota, tak by klapky nemusely dosedat na svá gumová sedla, tím by netěsnily a nevznikl by vodní ráz. Také by se mohlo stát, že by se nečistoty usadily někde uvnitř konstrukce a tím by snížily průtočnou plochu.

Pro analýzu vodních trkačů, které se dají použít na letních táborech, byly použity a sestrojeny 3 rozměry trkačů.

#### Vodní trkač se skládá z:

- Přívodní PE potrubí délky 10 m,
- Redukce PE-vnější závit,
- Kulový ventil s vnitřními závit,
- Pozinkovaná vsuvka ,
- Pozinkovaný T-kus ,
- Pozinkované koleno 92°,
- Vodorovná zpětná klapka s vnitřními závit (obrázek 5.2),
- Druhá vodorovná zpětná klapka nebo zpětná klapka s pružinou,
- Tlaková nádoba,
- Mosazný hadičník s vnějším závitem.

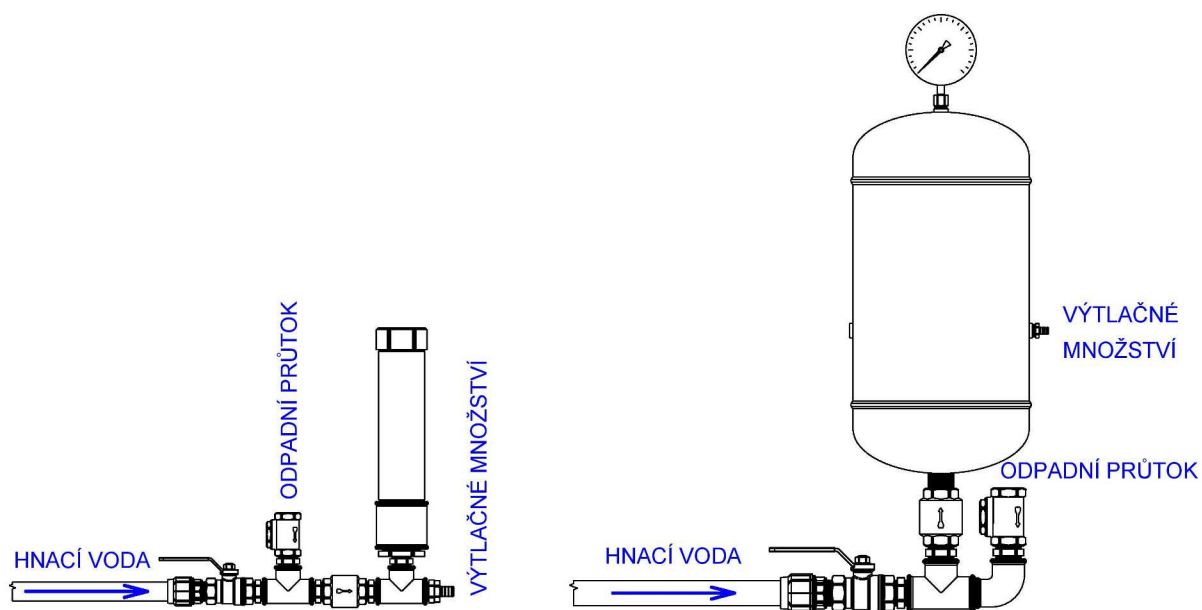


**Obrázek 5.2:** Vodorovná zpětná klapka

## 5.2 Rozměry a typy sestrojěných trkačů

Otázka jakou zvolit dimenzi přívodního potrubí a klapky trkače mě zajímala už od začátku. Jako první byla sestrojena nejmenší možná verze vodního trkače. Byl to trkač, který měl přívodní potrubí 3/4". Po prvním zkoušení jsem zjistil, že trkač plní účel a čerpá vodu. Čerpané množství bylo ale malé a tak jsem postupně vyzkoušel i vodní trkač 1", který čerpal už vody více a také 1 a 1/4", který splňoval mé požadavky.

Vzhledem k odlišné konstrukci bylo zavedeno dělení na „nízké a vysoké“ trkače. Tyto konstrukce se od sebe liší hlavně v uspořádání ventilů. U „nízké“ varianty je výtlačný ventil až za tepacím, zatímco u „vysoké“ je to právě naopak. Označení je odvozeno od výšky osazení tlakové nádoby. Při „nízké“ variantě je výtlačný ventil vodorovně a tudíž tlaková nádoba níž, než když je výtlačný ventil svisle (pod nádobou). Rozdíl je také ve výškovém umístění výtlačného potrubí. U „nízké“ konstrukce je výtlačné potrubí na úrovni přívodního potrubí a u „vysoké“ mají tato potrubí různá výšková uspořádání. Rozdíl konstrukcí je patrný z obrázku 5.3.



Obrázek 5.3: Nízká konstrukce trkače (vlevo) a vysoká konstrukce trkače (vpravo)

### 5.2.1 Vodní trkač „nízký“ 3/4" na 1/2"

Jako první jsem sestrojil trkač, který má přívodní potrubí DN 25 a výtlačné potrubí DN 13. Přívodní potrubí je zredukované na závit 3/4" a má konstrukci tzv. „nízkého“ vodního trkače. Tento typ je na obrázku 5.4. Na obrázku 5.5 je vidět detail uspořádání klapky nízké konstrukce. Na jeho stavbu bylo použito 2x T-kus 3/4", 3x vsuvka 3/4", Redukce PE-vnější závit 25-3/4", Kulový ventil 3/4", vodorovná zpětná klapka 3/4", zpětná klapka pružinová 3/4", redukce na hadici 1/2", redukce 3/4" na 1/2" a také vyrobená tlaková nádoba (2" trubka, redukce 2" na 3/4", vsuvka 3/4" a 2" zátka).

Při prvním pokusu jsem byl překvapen, že tato technologie vůbec funguje a čerpá alespoň nějakou vodu. Dále jsem zkoušel upravovat dimenze abych dosáhl lepších výsledků čerpaného množství vody  $q$  při malé spádové výšce  $H$ , která je na táborech k dispozici.



Obrázek 5.4: Vodní trkač „nízký” 3/4” na 1/2”



Obrázek 5.5: Detail klapky „nízkého” trkače 3/4” na 1/2”

### 5.2.2 Vodní trkač „vysoký” 1” na 1/2”

V další fázi se podařilo zvýšit čerpané množství vody  $q$  díky přívodnímu potrubí profilu DN 32 a konstrukci tzv. „vysokého” trkače. Zde je voda přiváděna pod úroveň tepacího ventilu a čerpána až nad jeho úroveň. Pořadí klapek v porovnání s nízkým typem je přehozeno.



Výsledkem je konstrukce, která se skládá z redukce PE-vnější závit 32 na 1", kulového ventilu 1", 5x vsuvky 1", T-kusu 1", kolena 92° 1", vodorovné zpětné klapky 1", zpětné klapky s pružinou 1", T-kusu redukovaného 1" na 1/2", redukce na hadici 1/2" a také z vyrobené tlakové nádoby (2" trubka, redukce 2" na 1", vsuvka 1" a 2" zátka). Celá konstrukce je vidět na obrázku 5.6.



**Obrázek 5.6:** Vodní trkač „vysoký“ 1" na 1/2"

### **5.2.3 Vodní trkač „vysoký“ 1 1/4" na 1/2"**

Na závěr byl vyroben největší trkač, který je vidět obrázku 5.7. Detail jeho klapky je na obrázku 5.8. Přívodní potrubí má profil DN 40 a na výtlačném potrubí zůstala hadice profilu DN 13. Tento trkač čerpá vodu kontinuálně, bez náznaku jednotlivých pulzů, protože je osazen tlakovou nádobou, která účinně tlumí efekt „trků“ a stabilizuje průtok ve výtlačném potrubí.

Tento trkač má také nejvíce zdokonalenou konstrukci vůči dvou předchozím trkačům. Je osazen klasickou tlakovou nádobou s otvorem pro výtlačné potrubí, tudíž je zde eliminován únik tlaku a také je vhodně osazen manometrem. Výkres je na obrázku 5.9.

Skládá se z redukce PE-vnější závit 40 na 1 1/4", kulového ventilu 1 1/4", 3x vsuvky 1 1/4", T-kusu 1 1/4", kolena 92° 1 1/4", vodorovné zpětné klapky 1 1/4", zpětné klapky s pružinou 1 1/4", redukce na hadici 1/2" a tlakové nádoby s manometrem.



Celkový pohled



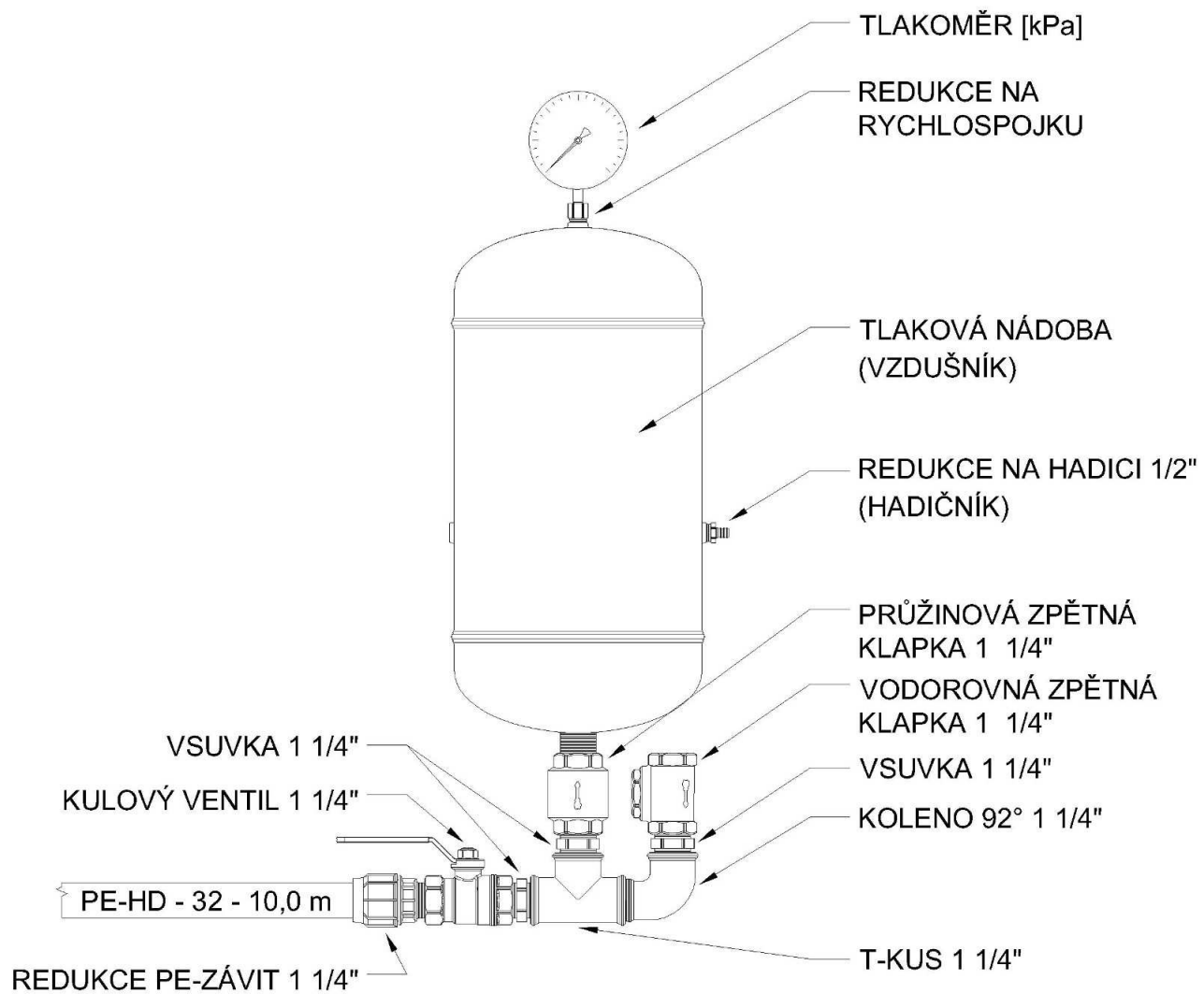
Detail výtoku

**Obrázek 5.7:** Vodní trkač „vysoký“ 1 1/4" na 1/2"



**Obrázek 5.8:** Detail klapky „vysokého“ trkače 1 1/4" na 1/2"

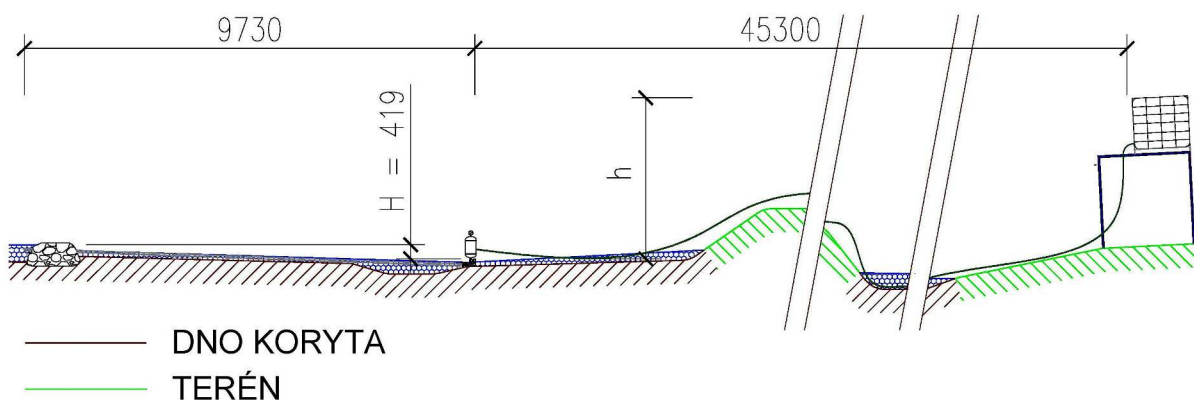




Obrázek 5.9: Výkres vodního trkače v dimenzi 1 1/4" na 1/2"

## 6 Zásobení tábora vodou

Celý systém je navržen tak, aby fungoval bez elektrické energie, neboť skautský tábor 15. oddílu Poutníků z Olomouce nedisponuje elektrickou přípojkou. Voda je dopravena pomocí polyethylenového přívodního potrubí profilu DN 40 do vodního trkače (kapitola 5.2.3), který část vody vytlačí pomocí malých „trků“ do zásobní nádrže (více v kapitole 6.1). Nádrž je od trkače vzdálená cca 45,3 m a její využitelný objem je 1 m<sup>3</sup>. Jelikož trkač, jehož zapojení do Trusovického potoka je na obrázku 6.2, čerpá vodu nepřetržitě, tak zásobní nádrž musí být opatřena bezpečnostním přelivem. Nádrž tak tvoří malý vodojem na užitkovou vodu. Odtud je voda rozvedena gravitačně do spotřebišť (tábora). Zásobní nádrž je umístěná na ocelové konstrukci (obrázek 6.4), kde je také umístěn ohřívač vody pro sprchu s obchodním názvem „Brutar“. Brutar je s nádrží spojen potrubím, takže zde vznikají tzv. spojené nádoby a vyrovnávají se hladiny vody. Výškové schéma zásobování je vidět na obrázku 6.1.



Obrázek 6.1: Výškové schéma zásobování

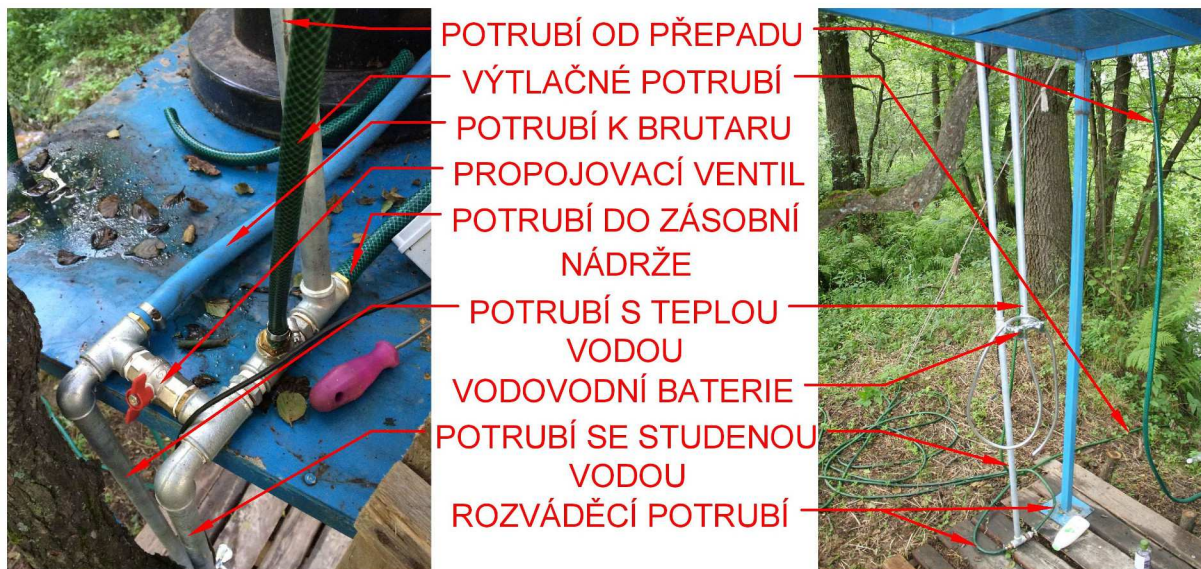
Pod konstrukcí, která má výšku 2 m je umístěna sprchová růžice a směšovací baterie do které je přivedena teplá a studená voda. Dalším spotřebním místem je umývárna (více v kapitole 6.3) s dvanácti výtokovými kohouty pro mytí rukou. Posledním místem odběru je vodovodní baterie u kuchyňského dřezu (kapitola 6.4). Rozvody vody po táboře jsou zhotoveny ze zahradních hadic profilu DN 13.



Obrázek 6.2: Napojení vodního trkače do Trusovického potoka

## 6.1 Zásobní nádrž a trubní rozvod

Přívodní potrubí je vedeno v korytě Trusovického potoka, na vtoku je zabudováno do hrázky přes potok. Voda je přiváděna do vodního trkače potrubím o délce 9,73 m a spádové výšce 0,419 m. Z vodního trkače vede výtlačné potrubí dlouhé 50 m, které je přivedeno do trubního rozvodu a ten je umístěn na konstrukci sprchy. Výtlačná výška trkače je v rozmezí 2,24 až 3,14 m (dle polohy hladiny v nádrži). Voda rozvodem natéká do zásobní nádrže nebo rovnou do spotřebiště (pokud je prázdná nádrž a spotřebiště vyžaduje vodu). Při velkém množství vody (přibližně 900 l) je voda odváděna přes přepad do potoka. Přepad tvoří svislá ocelová pozinkovaná trubka o délce 90 cm zakončená kolenem napojeným na zahradní hadici. Pokud potřebujeme napustit Brutar na ohřev teplé vody, tak stačí otevřít propojovací ventil (obrázek 6.3) a voda nateče ze zásobní nádrže do Brutaru.



Obrázek 6.3: Trubní rozvod

### Výpis tvarovek a armatur:

- 6x pozinkovaný T-kus 3/4",
- 4x pozinkovaná trubka 3/4", délka 90 cm,
- 4x pozinkované koleno 92° 3/4" (vnější-vnitřní závit),
- 4x pozinkovaná vsuvka 3/4",
- 2x mosazná vsuvka 3/4",
- 1x kulový ventil 3/4",
- 3x mosazný hadičník s vnějším závitem 3/4" - 19 mm,
- 3x mosazná redukce 3/4" vnější závit na 1/2" vnitřní závit,
- 3x mosazný hadičník s vnějším závitem 1/2" - 13 mm.

Jako zásobní nádrž byl zvolen IBC kontejner a to hlavně z důvodu jeho objemu (1 m<sup>3</sup>), který vychází z výpočtu potřeby vody v kapitole 8.2. Objem vody by se měl pohybovat mezi 400 - 800 l. Součástí IBC kontejneru je vnější kostra z ušlechtilé oceli a dřevěná paleta o rozměru 1/1,2 m. Samotnou nádobu kontejneru tvoří tuhý polyethylen. Nedílnými součástmi jsou vypustný ventil a víko nádrže.



## 6.2 Konstrukce sprchy

Konstrukce sprchy má dva způsoby využití. Hlavní funkcí je to, že vytváří dostatečný spád pro gravitační rozvod vody do spotřebiště. Konstrukce také dobře poslouží pro umístění sprchy, protože je jednoduché ji opláštít a nevznikají zde velké tlakové a teplotní ztráty. Pokud by se sprcha umístila dále od zdroje teplé a studené vody, tak by mohly vznikat již zmíněné ztráty.

Na konstrukci je umístěna zásobní nádrž, Brutar a také trubní rozvody vody. Jedná se o ocelovou konstrukci vysokou 2 m a půdorysu tvaru obdélníku 1 m na 2 m, která je celá opatřena krycí PE plachtou. V prostoru, který vznikne opláštěním, je umístěná vodovodní baterie mísící teplou i studenou vodu, díky ní je lehké zvolit si teplotu vody. Podlaha je tvořena dřevěným roštem, který odvádí použitou vodu. Konstrukce bez opláštění je na obrázku 6.4.



Obrázek 6.4: Konstrukce sprchy se zásobní nádrží

### Konstrukce je tvořena z:

- ocelových jechlů 40x40x3 mm svařených do celé konstrukce,
- ocelových patek - plech 20/20 tl. 1 mm, středem navařený jechl 35x35x3,
- ocelového krycího plechu 1000/2000 tl. 0,5 mm,
- ocelových úchytných ok,
- hliníkových trhacích nýtů s velkou hlavou,
- zavětrovacích lan a kůlů.

### 6.3 Umývárna

Umývárna slouží k táborové hygieně a proto je umístěna poblíž jídelny i kuchyně. Samotná konstrukce je tvořena dřevěnými hranoly a můžeme ji vidět na obrázku 6.5. Nosný prvek je tvořen dvojitým X nacházejícím se na každé straně umývárny, který je propojen šikmými stabilizačními prvky. Do vzniklých prostor jsou umístěny žlaby, které slouží k odvedení vody do odpadu. Rozváděcí potrubí, které přivádí vodu na jednotlivé výtokové kohouty, je řešeno pomocí pozinkovaných tvarovek a trubek o průměru 1/2". Rozváděcí potrubí je napojeno na zásobní nádrž pomocí zahradní hadice profilu DN 13.

Počet tzv. „výtokových kohoutů“ je stanoven dle vyhlášky Ministerstva zdravotnictví 422/2013 Sb. O hygienických požadavcích na zotavovací akce pro děti takto:

*„(4) Na zotavovacích akcích musí být vytvořeny podmínky pro osobní hygienu. V umývárně musí být na 5 dětí jedno umyvadlo s tekoucí vodou a odtokem nebo jeden výtokový kohout s odvodem použité vody mimo místo osobní očisty a na 30 dětí nejméně jedna sprchová růžice. Sprchy užívají děti odděleně podle pohlaví a musí být zajištěna intimita. Na všech zotavovacích akcích musí být zajištěna možnost koupání nebo osprchování v teplé vodě alespoň jednou za týden.“*



Obrázek 6.5: Umývárna

#### Výpis tvarovek a armatur:

- 5x pozinkovaný kříž 1/2",
- 1x pozinkovaný T-kus 1/2",
- 6x pozinkovaná trubka 1/2", délka 30 cm,
- 24x pozinkovaný nátrubek 1/2",
- 24x pozinkovaná vsuvka 1/2",
- 12x zahradní kulový ventil 1/2",
- 1x mosazný hadičník s převlečnou matkou 1/2" - 13 mm.

Žlab je rozpůlená PVC kanalizační roura KGEM o průměru DN 315 a délce 2 m. Na koncích je opatřen zátkami půlkruhového tvaru z vodovzdorné překližky, které jsou nalepeny sanitárním silikonem. V jedné zátku je otvor s gumovým těsněním pro napojení PVC odpadní roury DN 50. Odpadní roury jsou spojeny pomocí PVC odbočky 45° do jedné. Odpad dále vede profilem DN 50 do vsakovací jímky.

## 6.4 Dřez v kuchyni

K regulaci průtoku studené vody do dřezu slouží vodovodní baterie, která je umístěná na dřevěné tyči. Rozváděcí potrubí (zahradní hadice DN 13) je vedeno ze zásobní nádrže, poté je uloženo v zemi (v hloubce 10 cm) a u dřezu je vyvedeno na dřevěnou tyč k vodovodní baterii. Konstrukce dřezu je ocelová a skládá se z prostoru na mytí kuchyňského nádobí a z místa určeného pro umývání jídelního nádobí.

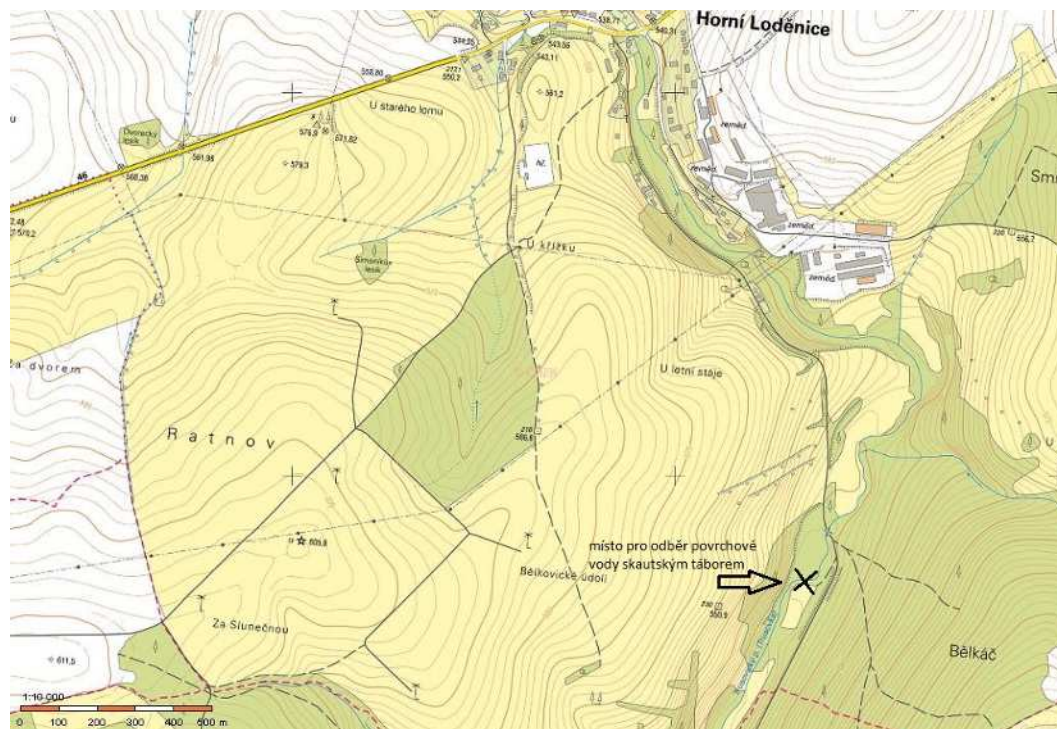
Prostory jsou děleny dle vyhlášky Ministerstva zdravotnictví 422/2013 Sb. „(3) Zařízení, pracovní plochy, nástroje a nádobí musí být důkladně očištěny, a je-li to nezbytné, dezinfikovány. Čištění se musí provádět tak často, aby se vyloučilo riziko kontaminace potravin nebo pokrmů. Musí být zajištěny odpovídající podmínky pro mytí potravin, nádobí a rukou osob vykonávajících činnosti epidemiologicky závažné. Mytí kuchyňského a jídelního nádobí musí být odděleno.“

## 6.5 Legislativa odběru vody

V případě zásobení tábora vodou pomocí trkače se nejedná o obecné užívání vod dle zákona 254/2001 Sb. a proto je třeba povolení k nakládání s povrchovými vodami. Zájmové území se nachází v katastru obce Horní Loděnice, která spadá pod vodoprávní úřad ve městě Šternberk. Na internetových stránkách města Šternberk je ke stažení formulář, který slouží jako žádost o povolení k nakládání s povrchovými nebo podzemními vodami [§ 8 odst. 1 písm. a), b), d), e) nebo f) vodního zákona 254/2001 Sb.].

**Žádost o povolení sestává z:**

- **Formuláře**, který je ke stažení na stránkách městského úřadu ve Šternberku: [www.sternberk.eu](http://www.sternberk.eu)
- **Situace širších vztahů** nakládání s vodami a jeho okolí, schématicky zakreslená do mapového podkladu zpravidla v měřítku 1:10 000 až 1:50 000, obrázek 6.6.



Obrázek 6.6: Situace širších vztahů

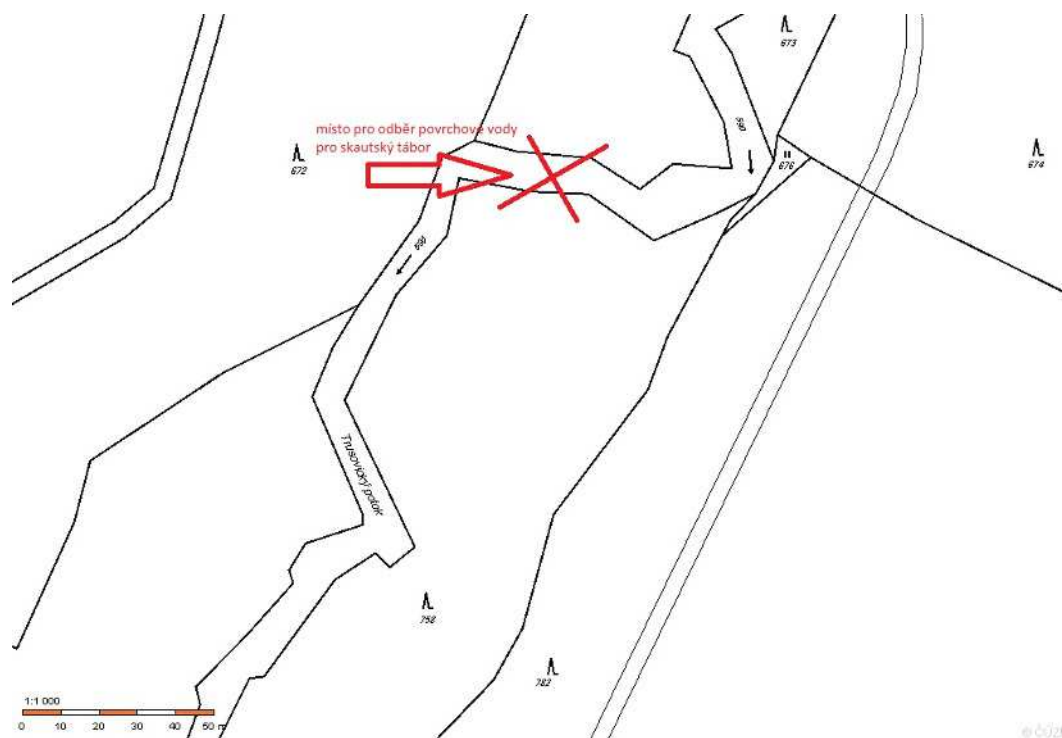


- **Kopie katastrální mapy** území, jehož se povolení týká, včetně zakreslení místa nakládání s vodami, obrázek 6.7.
- **Stanovisko správce povodí** k požadovanému nakládání s vodami, včetně ověření orientační polohy místa nakládání s vodami v souřadnicích X, Y určených v souřadnicovém systému jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) v návaznosti na evidenci vodních toků.

Nejprve bylo nutné jménem 15. skautského oddílu Poutníci Olomouc, který spadá pod 7. středisko Žlutý kvítek požádat Povodí Moravy s.p. o povolení k odběru povrchové vody v na parcele č. 758. Do žádosti bylo také uvedeno, že se voda bude používat pouze k provozu skautského tábora během letních prázdnin (7 a 8 měsíc). Objem čerpané vody bude 1,3 m<sup>3</sup> za den a maximálně 80 m<sup>3</sup> za rok.

Po následném souhlasu od PMO byl vyplněn výše zmíněný formulář a vše odesláno na Odbor životního prostředí do Šternberka k posouzení. Příslušný vodoprávní úřad napsal všem subjektům spojeným s touto žádostí k vyjádření (Junák - Český skaut, středisko Žlutý kvítek Olomouc, z.s.; Obecní úřad Horní Loděnice; Povodí Moravy, s.p.).

Po dvou měsících od žádosti přišlo povolení k nakládání s povrchovými vodami pro skautský tábor v katastru Horní Loděnice.



Obrázek 6.7: Kopie katastrální mapy

## 7 Provozní zkušenosti

Aplikace vodních trkačů proběhla na 3 táborech, kde se trkače odzkoušely v plném provozu. Všechny tábory se nacházejí v olomouckém kraji. Hlavní tábor, kde byli detailně sledovány provozní veličiny, byl poblíž vesnice Horní loděnice u Trusovického potoka, druhý tábor se nacházel u Velkého Újezdu, kde protéká potok Kyjanka. Třetí tábor byl u obce Vysoké Žibřidovice v blízkosti Prudkého potoka. Lokality jednotlivých instalací trkačů jsou na obrázku 7.1. Předchozím orientačním měřením se zjistilo, že trkač s nejmenší dimenzí (3/4" na 1/2") má velice malé čerpané množství vody, které by nedostačovalo na zásobení ani jednoho z uvedených táborů, a tak byl sestaven ještě jeden trkač s největší dimenzí (1 a 1/4" na 1/2"). Konstrukce jednotlivých trkačů je popsána v kapitole 5.2.



Obrázek 7.1: Lokality jednotlivých instalací trkačů [zdroj: [www.povodnovyplan.cz](http://www.povodnovyplan.cz)]



## 7.1 Trusovický potok

Hlavním táborem kde probíhalo i měření provozních veličin byl tábor u Horní loděnice, kde se voda odebírala z Trusovického potoka. Na tomto táboře bylo řešeno celé zásobování a byl zde osazen i největší trkač.

Prvním nedostatkem bylo špatné upevnění návodního filtru. Filtr se uvolnil a nečistoty se dostaly do tepacího ventilu a ten se nedovřel, čímž nevznikl vodní ráz a voda pouze protékala přes klapku. Bylo potřeba ho rozebrat a vyčistit. Další poruchy se opakovaly vždy po větších bouřkách, kdy se zvedla hladina potoka až o 20 cm. Porucha se projevovala tak, že se klapka zavřela a už neotevřela. Jelikož se bouřkami zvýšila i spádová výška tak bylo vždy potřeba trkač znovu zprovoznit, a to většinou pouze tak, že se párkrát stlačila klapka tepacího ventilu. Pokud nepomohlo stlačit klapku, tak byl ucpán filtr, jehož oprava spočívala pouze v očištění. Rozdíl mezi zaneseným a čistým filtrem je na obrázku 7.2. Dvakrát tyto bouřky také zničily hrázku a vyplavily přívodní potrubí, čímž se potrubí zavzdušnilo a trkač bylo potřeba odvzdušnit a znovu zprovoznit.



Obrázek 7.2: Zanesený filtr (vlevo) proti čistému filtru (vpravo)

## 7.2 Kyjanka

Dalším táborem kde byl použit druhý trkač s největší dimenzí byl tábor u Velkého Újezdu. U tábora protéká malý potok s názvem Kyjanka. Trkač se podařilo připojit do již stávající hrázky. Voda byla čerpána do zásobní nádrže o objemu 200 litrů, ze které byla přivedena do umývárny a sprchy. Systém zásobování je vidět na obrázku 7.3.

Naměřené čerpané množství  $q$  zde bylo cca 0,39 l/min, což odpovídá 560 l za den. Zpětná vazba od vedoucího tábora je taková, že trkač fungoval bez jakýchkoli zásahů až do poloviny srpna, kdy přestal čerpat vodu. Příčinou nejspíš bylo zavzdušnění, jelikož v den výpadku byla v dané lokalitě bouřka.



Zleva: vtoková část přívodního potrubí, osazení vodního trkače, zásobní nádrž

**Obrázek 7.3:** Vodní trkač na potoce Kyjanka

### 7.3 Prudký potok

Na třetím táboře byl osazen trkač s dimenzí 1" na 1/2". Tábor se nachází u obce Vysoké Žibřidovice, kolem louky protéká horská bystřina s názvem Prudký potok. Jedná se o horský potok, na kterém není problém se spádovou výškou ani s čistotou vody. Přívodní potrubí bylo uloženo přímo v korytě potoka a čerpaná voda natékala do malého sudu o objemu 120 l (obrázek 7.4). Voda dále zásobovala pouze dva výtokové kohouty na umývání rukou a nádobí.

Čerpané množství vody  $q$  zde bylo cca 1,05 l/min, což odpovídá 1500 l za den. Na tomto táboře nevznikl žádný problém s čerpáním vody za celou dobu prázdnin (trkač fungoval kontinuálně téměř dva měsíce bez problémů).



Zleva: vtoková část přívodního potrubí, osazení vodního trkače, čerpané množství vody a zásobní nádrž

**Obrázek 7.4:** Vodní trkač na Prudkém potoce

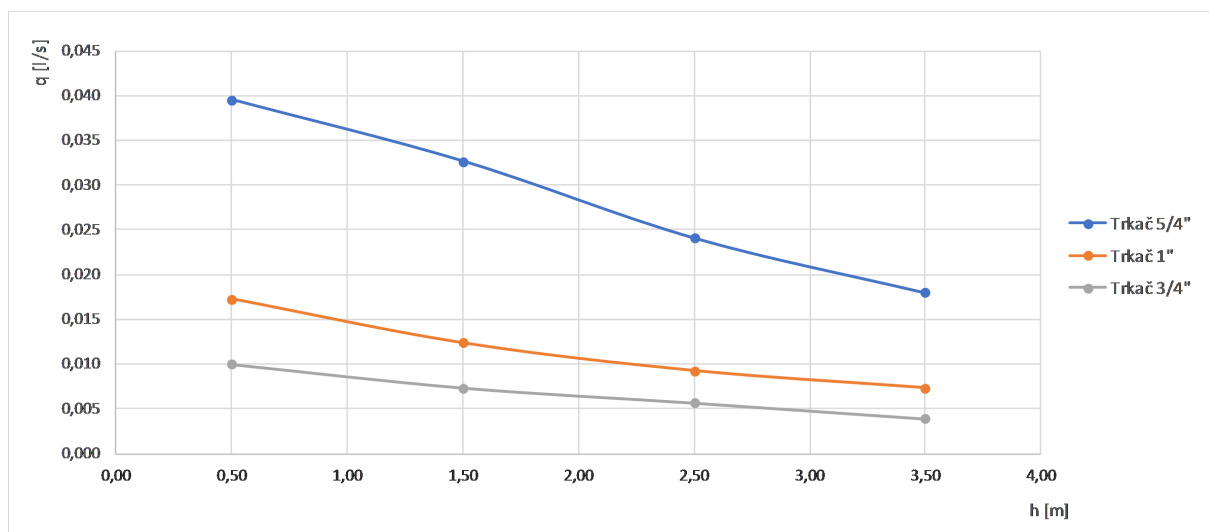


## 8 Výpočty a měření

### 8.1 První orientační měření

První měření proběhlo tak, že jako zdroj hnací vody byl použit sud s vodou, na nějž byl připojen vodní trkač. První měření bylo překvapující, jelikož po zapojení se trkač ihned rozjel a čerpal vodu. Při tomto měření se měnila spádová výška vody a hnací voda se musela neustále a složitě doplňovat. Z těchto důvodů proběhlo další, sofistikovanější měření.

Druhé měření proběhlo na vodním stupni na Trusovickém potoce poblíž vesnice Bělkovice-Lašťany. Byly zde měřeny všechny tři rozměry trkačů (viz kapitola 5.2). Jelikož měření probíhalo na vodním stupni, tak spádová výška  $H$  byla prakticky neměnná, a to  $H = 0,5$  m. Měřilo se pouze výtlačné množství  $q$  při různých výtlačných výškách  $h$ . Průběh měření je zobrazen na obrázku 8.2. Z výsledků měření byl stanoven první orientační graf (obr. 8.1).



Obrázek 8.1: Graf čerpaného množství vody v závislosti na výtlačné výšce při spádové výšce  $H = 0,5$  m



Detail trkače

Pohled na odběr hnací vody

Obrázek 8.2: Měření na Trusovickém potoce

## 8.2 Výpočet potřeby vody

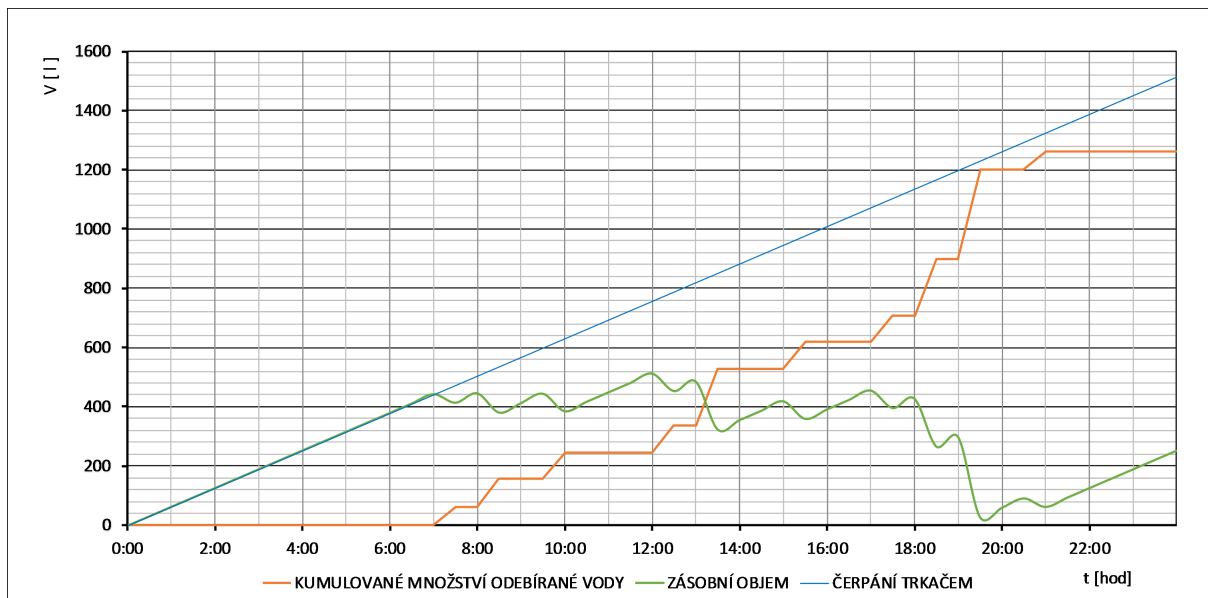
Zásobování je dimenzováno na skautský tábor o kapacitě 60 osob. Při stanovování jednotlivých hodnot odběrů vody jsem vycházel především ze zkušeností z minulých let.

### Stanovené návrhové parametry:

- mytí rukou: 6 l/os/den
- mytí nádobí: 8 l/os/den
- čištění zubů: 2 l/os/den
- sprchování: 5 l/os/den (při sprchování jednou za 4 dny)

Přítok vody do zásobní nádrže bude dle předběžného měření (kapitola 8.1) přibližně 1,05 l/min, což je téměř 1500 l za den. Přítok bude záviset na objemu vody v nádrži, jelikož se bude zvyšovat spádová výška a tím se sníží i čerpané množství vody. Čerpané množství vody  $q$  se bude pohybovat v závislosti na spádové výšce (dle kapitoly 8.1) od 0,91 l/min do 1,19 l/min. Takový přítok by měl stačit na zásobování skautského tábora.

Čerpání a odběry v čase jsou zobrazeny na obrázku 8.3, ze kterého vychází požadavek objemu zásobní nádrže.



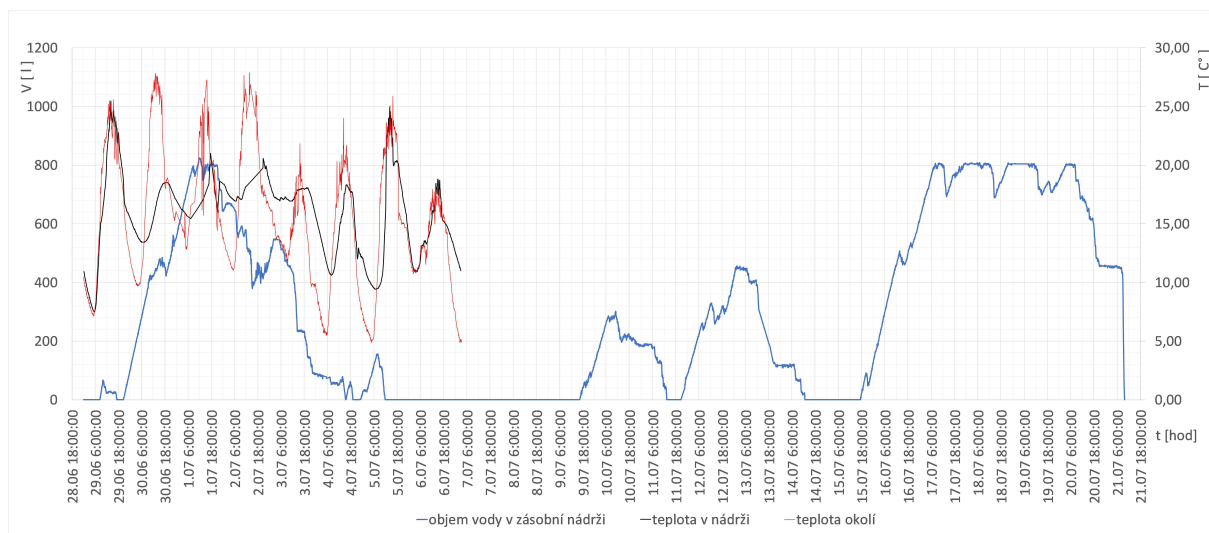
Obrázek 8.3: Graf navrhovaného plnění a prázdnění zásobní nádrže

Na obrázku 8.3 lze vidět, že voda v zásobní nádrži přibývá. Z grafu je také patrné že minimální potřebný zásobní objem vody je 600 l, proto byl zvolen objem nádrže 1000 l a bezpečnostní přeliv nastaven přibližně na 900 l.

### 8.3 Měření provozních charakteristik na táboře

Bylo potřeba ověřit, zda bude trkač stačit dodávat vodu a nebude potřeba zvyšovat spádovou výšku či kapacitu zásobní nádrže, a tak bylo provedeno ultrazvukové měření hladiny v samotné nádrži. Ultrazvukový systém spočíval v měření polohy hladiny každých 6 minut. Ultrazvuk se odrazil od hladiny a změřil se čas odrazu, toto se provedlo vždy třikrát po sobě, aby výsledky byly korektní. Měření probíhalo kontinuálně po dobu celého tábora (od 28.6.2016 do 21.7.2016). Jediný delší výpadek měření byl na 5 dní a to v období 5. až 9.7.2016. Není jasné čím byl způsoben, jelikož výsledky se vyhodnocovaly až po návratu z tábora. K systému bylo také připojeno čidlo venkovní a vnitřní teploty, které měřilo pouze do 7.7.2016. Zřejmě bylo vytrženo ze základní desky při nepřízní počasí.

Výsledky z ultrazvukového čidla byly zkalibrovány. Po přenásobení a vytvoření váženého průměru z měřených hodnot vyšly vzdálenosti mezi čidlem a hladinou vody. Tyto hodnoty bylo nutné zkalibrovat a zjistit z nich objem vody v nádrži. Konečné hodnoty byly následně přeneseny spolu s časovou osou do grafu, který je uveden na obrázku 8.4.



Obrázek 8.4: Graf skutečného plnění a prázdnění zásobní nádrže

Na průběžném měření lze vidět jak teplota okolního vzduchu má velké výkyvy, zatímco teplota vzduchu v zásobní nádrži se pohybuje s mnohem menšími výkyvy. Tento jev je zapříčiněn teplotní akumulací vody. Rozsah teplot v nádrži se pohybuje od 8,5°C do 25°C. Díky tomuto jevu lze snadno ověřit zda byla v nádrži voda či ne, protože pokud voda v nádrži není, tak teplota vzduchu v nádrži je rovna teplotě okolního vzduchu.

Z grafu na obrázku 8.4 jsou patrné čerpání a také velké odběry vody. Čerpání dle ultrazvukového měření vychází přibližně kolem 0,47 l/min což je téměř polovina navrhovaného čerpaného množství vody do zásobní nádrže. Průměrná denní spotřeba vody spočtená dle rovnice (8.1) činí 14,5 l/os/den. Závěrem lze konstatovat, že by stačila 600 l zásobní nádrž.

Pro stanovení průměrné denní spotřeby vody byl použit tento vztah:

$$Q_{out} = q_{in} - \frac{\Delta V}{\Delta t}, \quad (8.1)$$

kde

$Q_{out}$  měřená průměrná denní spotřeba vody [l/min],

$q_{in}$  čerpané množství vody [l/min],

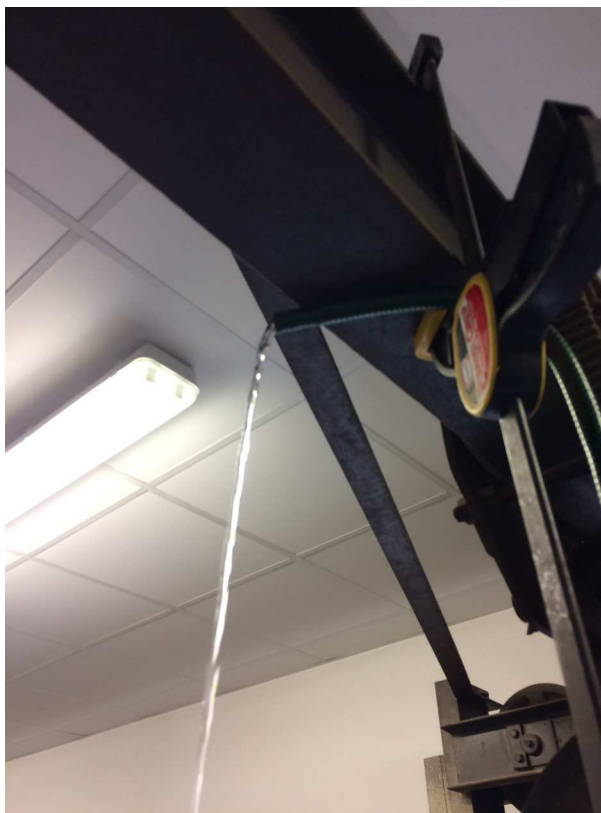
$\Delta V$  rozdíl zásobního objemu vody v čase  $\Delta t$  [l],

$\Delta t$  čas, ve kterém měříme rozdíl zásobního objemu vody [min].

## 8.4 Měření průtoků v laboratoři

Z důvodů zjištění účinností při různém poměru výtlačné výšky ku spádové výšce  $h/H$  bylo realizováno měření čerpaného množství trkače ve vodohospodářské laboratoři. Měrná trať byla umístěna v laboratoři v budově F, protože se zde nachází výškově stavitelná nádrž, která poslouží k regulaci spádové výšky. Také je tu dostatečně vysoký strop, pro zkoušení různých výtlačných výšek. Z časových důvodů byl pro měření zvolen trkač 1 1/4" na 1/2", který je popsán v kapitole 5.2.3. Tato konstrukce byla použita i na zásobování vody na skautském táboře u Trusovického potoka.

Nejprve bylo potřeba zanivelovat polohu tepacího ventilu a zásobní nádrže, aby bylo možné nastavit spádovou výšku. Zvolená srovnávací rovina byla 0,47 m pod tepacím ventilem. Poté byly také vytyčeny úrovně na zásobní nádrži, pro které bude realizováno měření. Jako poslední bylo potřeba určit výtlačné výšky, k tomu posloužil řetěz od jeřábu. Byla označena oka vzdálená vždy 0,5 m od sebe. Poslední dvě výšky (3,5 a 4 m) byly už nad úrovní řetězu a tudíž bylo potřeba připravit svorky pro umístění výtlačné hadice. Svorky jsou na obrázku 8.5.



Obrázek 8.5: Umístění výtlačné hadice

Přívodní potrubí trkače bylo připojeno k zásobní nádrži, poté vedlo přes hranu až na dno žlabu, kde byla připojena konstrukce vodního trkače. Konec výtlačného potrubí, které mělo délku 5 m, se umisťoval vždy do jednotlivých výšek a to buď přímo přes oko řetězu, nebo v horních pozicích přes svorku. Celkové zapojení trkače v laboratoři je vidět na obrázku 8.6.

Měření bylo realizováno v rozmezí spádových výšek od 0,3 m do 0,9 m, a to vždy po 0,1 m. Každá spádová výška byla kombinována se šesti výtlačnými výškami (od 1,03 m do 3,53 m). Schéma zapojení je na obrázku 8.7. Měřeny byly dva průtoky, a to na výtoku z trkače  $Q - q$  a na výtoku z výtlačného potrubí  $q$ . Průtoky byly měřeny objemovou metodou. Každé měření bylo provedeno třikrát a následně byl aritmetickým průměrem stanoven střední průtok.



Jeřábová dráha

Umístění trkače ve žlabu

Zásobní nádrž

**Obrázek 8.6:** Osazení trkače v laboratoři

Pro výpočty čerpaného množství vody  $q$  a odpadního průtoku  $Q - q$  byli použity tyto vztahy:

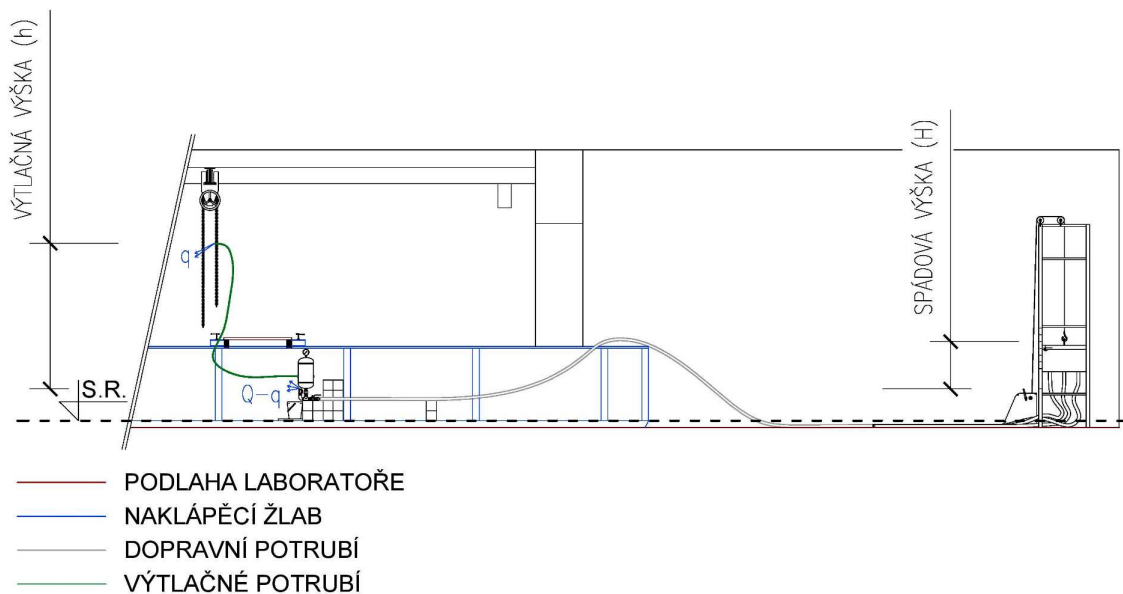
$$q = \frac{V(q)}{t(q)}, \quad (8.2)$$

$$Q - q = \frac{V(Q - q)}{t(Q - q)}, \quad (8.3)$$

kde

$V(q)$  měřený objem vody vyčerpané trkačem za čas  $t(q)$ ,

$V(Q - q)$  objem vody vyteklý z trkače za čas  $t(Q - q)$ .



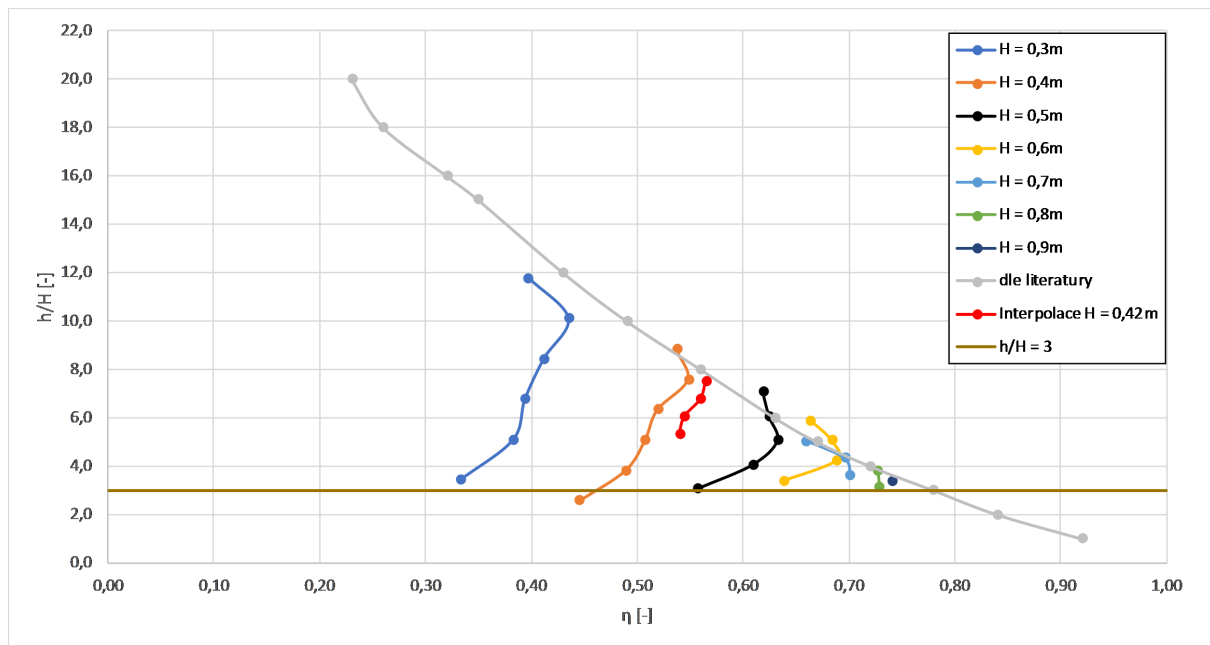
**Obrázek 8.7:** Schéma zapojení vodního trkače ve vodohospodářské laboratoři

**Tabulka 8.1:** Měřené veličiny v laboratoři

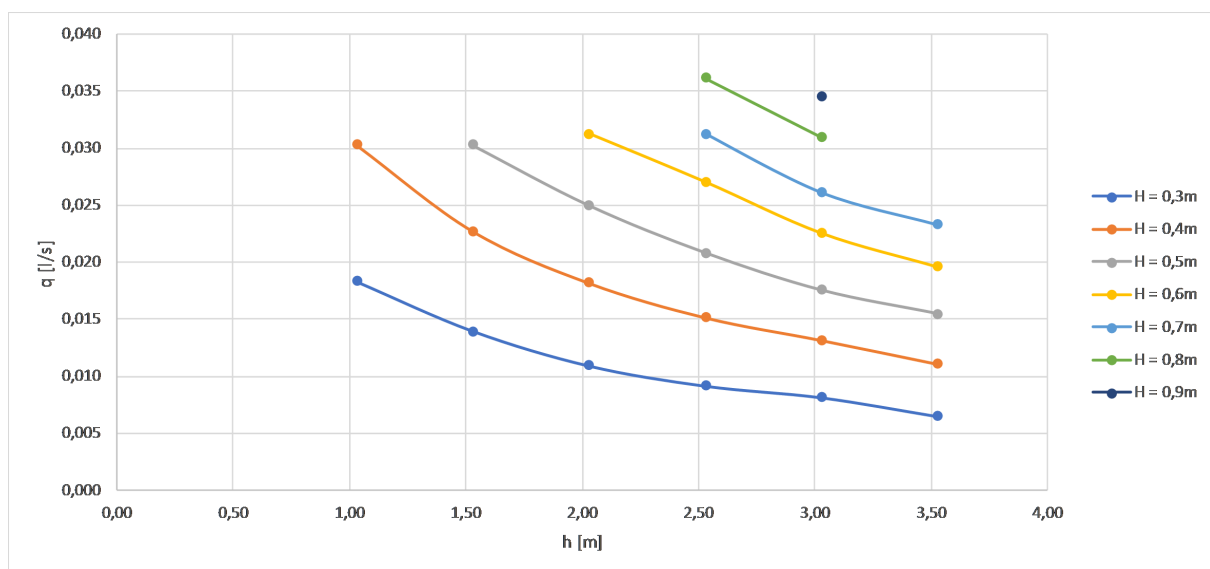
spádová výška		výtlačná výška		čerpané množství		odpadní průtok		účinnost	poměry	
$H_0$	$H$	$h_0$	$h$	$q$		$Q - q$		$\eta$	$h/H$	$q/Q$
[m]	[m]	[m]	[m]	[l/s]	[l/min]	[l/s]	[l/min]	[-]	[-]	[-]
0,77	0,30	4,00	3,53	0,0065	0,39	0,1920	11,52	0,40	11,8	0,033
0,77	0,30	3,50	3,03	0,0081	0,49	0,1890	11,34	0,43	10,1	0,041
0,77	0,30	3,00	2,53	0,0091	0,55	0,1875	11,25	0,41	8,4	0,047
0,77	0,30	2,50	2,03	0,0109	0,65	0,1875	11,25	0,39	6,8	0,055
0,77	0,30	2,00	1,53	0,0140	0,84	0,1860	11,16	0,38	5,1	0,070
0,77	0,30	1,5	1,03	0,0183	1,10	0,1890	11,34	0,33	3,4	0,088
0,87	0,40	4,00	3,53	0,0111	0,66	0,1818	10,91	0,54	8,8	0,057
0,87	0,40	3,50	3,03	0,0132	0,79	0,1818	10,91	0,55	7,6	0,067
0,87	0,40	3,00	2,53	0,0152	0,91	0,1846	11,08	0,52	6,3	0,076
0,87	0,40	2,50	2,03	0,0182	1,09	0,1818	10,91	0,51	5,1	0,091
0,87	0,40	2,00	1,53	0,0227	1,36	0,1778	10,67	0,49	3,8	0,113
0,87	0,40	1,5	1,03	0,0303	1,82	0,1752	10,51	0,45	2,6	0,147
0,97	0,50	4,00	3,53	0,0155	0,93	0,1765	10,59	0,62	7,1	0,081
0,97	0,50	3,50	3,03	0,0175	1,05	0,1702	10,21	0,62	6,1	0,093
0,97	0,50	3,00	2,53	0,0208	1,25	0,1667	10,00	0,63	5,1	0,111
0,97	0,50	2,50	2,03	0,0250	1,50	0,1667	10,00	0,61	4,1	0,130
0,97	0,50	2,00	1,53	0,0303	1,82	0,1667	10,00	0,56	3,1	0,154
1,07	0,60	4,00	3,53	0,0196	1,18	0,1739	10,43	0,66	5,9	0,101
1,07	0,60	3,50	3,03	0,0226	1,35	0,1667	10,00	0,68	5,1	0,119
1,07	0,60	3,00	2,53	0,0270	1,62	0,1655	9,93	0,69	4,2	0,140
1,07	0,60	2,50	2,03	0,0313	1,88	0,1655	9,93	0,64	3,4	0,159
1,17	0,70	4,00	3,53	0,0233	1,40	0,1778	10,67	0,66	5,0	0,116
1,17	0,70	3,50	3,03	0,0261	1,57	0,1622	9,73	0,70	4,3	0,139
1,17	0,70	3,00	2,53	0,0313	1,88	0,1611	9,66	0,70	3,6	0,162
1,27	0,80	3,50	3,03	0,0309	1,86	0,1611	9,66	0,73	3,8	0,161
1,27	0,80	3,00	2,53	0,0361	2,17	0,1569	9,41	0,73	3,2	0,187
1,37	0,90	3,50	3,03	0,0345	2,07	0,1569	9,41	0,74	3,4	0,180

Po naměření všech hodnot byly údaje zpracovány do tabulky 8.1, kde se dopočítalo čerpané množství dle rovnice (8.2), odpadní průtok dle rovnice (8.3) a také účinnosti dle rovnice (3.11) pro poměry  $h/H$  a  $q/Q$ . Vyhodnocené výsledky jsou zpracovány v grafech. Graf závislosti poměru výšek na účinnosti je vidět na obrázku 8.8, je zde i interpolovaná spádová výška  $H = 0,42$  m, která byla použita pro zásobení skautského tábora na Trusovickém potoce. Graf, ze kterého lze zjistit čerpané množství při konkrétních spádových i výtlačných výškách je na obrázku 8.9.





Obrázek 8.8: Graf závislosti poměru výšek na účinnosti



Obrázek 8.9: Graf závislosti množství čerpané vody na výtlačné výšce při daných spádových výškách

Z měření v laboratoři jsme zjistili že, naměřené hodnoty účinností se blíží hodnotám uvedených v literatuře [6], ale jen pro některé poměry  $h/H$ . Tento jev vzniká z důvodu, že na dosavadní konstrukci trkače není umožněna regulace hmotnosti klapky a tím i zvyšování účinnosti. Jelikož nám čerpané množství vody postačuje, tak tuto problematiku pro zásobování skautského tábora nemusíme řešit. Také byl stanoven poměr výšek  $h/H$ , pro který vodní trkač už nepracuje. Hodnota poměru pro nečinnost se pohybuje okolo  $h/H = 3$ . Jako druhý výsledek měření byl stanoven graf pro další dimenzování vodních trkačů, kde stačí znát výškové poměry v dané lokalitě a tím lze odečíst čerpané množství vody.

## 9 Závěr

Závěrem mé bakalářské práce bych chtěl říct, že zásobení skautského tábora proběhlo v pořádku a trkač fungoval nad mé očekávání. Jeho funkčnost po měsíci čerpání nebyla nijak omezena a také nebyla potřeba jeho jakákoli oprava. Gumové dosedací plochy tepací i výtlačné klapky zůstaly neporušeny a dále plní svou funkci. Také bylo zjištěno, že trkač není zcela bezobslužný a je dobré ho jednou denně kontrolovat a při zjištění jeho nefunkčnosti udát první impuls, který trkač většinou rozběhne. Vždy je třeba trkač zkontrolovat po bouřce. Navržená zásobní nádrž byla dostatečně kapacitní a tak veškeré odběrné objekty v táboře byly dostatečně zásobeny užitkovou vodou. Členové oddílu byli velice zvědaví jak tento důmyslný vynález funguje a také se jim velice líbilo to, že nemusejí čerpat vodu pomocí ručního čerpadla. Odbor životního prostředí ve městě Šternberku povolil odběr vody pro skautský tábor na 5 let, tudíž další povolení se bude žádat až v roce 2021.

Ukázalo se, že vodní trkač jako takový, je velice vhodný pro zásobování vodou skautských táborů a díky stanoveným provozním charakteristikám (viz obrázek 8.9) by se dal také použít na různých odlehklých lokalitách bez elektrické energie. Pro další výzkum by bylo vhodné pokračovat v již započatém laboratorním měření provozních charakteristik a to převážně na druhém a třetím trkači (1" a 3/4"). Toto měření by se dalo vylepšit i zvýšením výtlačné výšky a tím bychom dostali výsledky pro vyšší poměr  $h/H$ . Tím by byly s rezervou pokryty podmínky na prakticky všech lokalitách, kde se tábory konají. Také by bylo dobré osadit piezometr před vodní trkač do přívodní hadice, abychom stanovili přesnou spádovou výšku bez ztrát třením po délce.

Z grafu závislosti poměru výšek na účinnosti (obrázek 8.8) je patrné, že naměřené hodnoty účinností se blíží k uvedeným hodnotám v dostupné literatuře [6]. Další rozvoj by se mohl zabývat osazením a nastavením závaží na tepací klapce, jelikož její hmotnost má vliv na účinnost trkače a domnívám se, že bychom mohli dostat téměř stejné hodnoty účinností jako jsou uvedené v literatuře [6]. Pokud má klapka příliš velkou hmotnost a tlak vyvolaný vodním sloupcem (spádovou výškou) je malý, tak se klapka neuzavře. Ale pokud je tlak příliš velký a hmotnost klapky malá, tak klapka zůstane zavřená. Vzhledem k zaměření této práce na zásobení skautského tábora neměla regulace hmotnosti smysl, jelikož účinnost trkače s klapkou bez této regulace zajistí dostatečný průtok pro zásobování.

Měření skutečného odběru vody ukázalo, že zásobní nádrž je dostatečně kapacitní a že by stačila nádrž o objemu 600 l. Výsledky měření byly zpracovány do grafu skutečného plnění (obrázek 8.4), kde je patrný odběr vody pro tábor o kapacitě 60 osob. Naměřená průměrná denní spotřeba vody na jednoho účastníka je 14,5 l/os/den. Pro příští dimenzování zásobení tábora tento graf poslouží dostatečně.

V průběhu tábora nastalo pár chyb, které je potřeba do příště opravit, aby čerpání bylo nepřetržité a voda v zásobní nádrži se neustále obměňovala. Hlavní problémy byly spojené s proměnlivým počasím a to zejména zanášení filtru, vyplavení přívodního potrubí a také proměnlivá spádová výška. Spádová výška se měnila z důvodu kolísání hladiny v potoce. Bylo by vhodné ji stabilizovat, aby byla zajištěna spolehlivá funkce trkače.

Zásobní nádrž a trubní rozvody byly po ukončení tábora kompletně vyčištěny a zbaveny přebytečné vody, aby zde při uskladnění nezačaly růst řasy a bakterie. Trkač bylo nutné vysušit a pohyblivé části klapek namazat.

## Seznam obrázků

1.1	Situace širších vztahů [zdroj: www.mapy.cz]	2
3.1	Graf změny rychlosti na maximální teoretické výtlačné výšce (PE vlevo, ocel vpravo)	5
3.2	Schéma vodního trkače	6
4.1	Vodní trkač s nárazným ventilem, obráceným dolů [5]	8
4.2	Vodní trkač [8]	9
4.3	Trkač s odděleným čerpáním, Vevera Jiří [7]	10
4.4	Trkač prodáváný v ČR	11
5.1	Použití PET láhve na místo tlakové nádoby	12
5.2	Vodorovná zpětná klapka	13
5.3	Nízká konstrukce trkače (vlevo) a vysoká konstrukce trkače (vpravo)	14
5.4	Vodní trkač „nízký“ 3/4" na 1/2"	15
5.5	Detail klapky „nízkého“ trkače 3/4" na 1/2"	15
5.6	Vodní trkač „vysoký“ 1" na 1/2"	16
5.7	Vodní trkač „vysoký“ 1 1/4" na 1/2"	17
5.8	Detail klapky „vysokého“ trkače 1 1/4" na 1/2"	17
5.9	Výkres vodního trkače v dimenzi 1 1/4" na 1/2"	18
6.1	Výškové schéma zásobování	19
6.2	Napojení vodního trkače do Trusovického potoka	19
6.3	Trubní rozvod	20
6.4	Konstrukce sprechy se zásobní nádrží	21
6.5	Umývárna	22
6.6	Situace širších vztahů	23
6.7	Kopie katastrální mapy	24
7.1	Lokality jednotlivých instalací trkačů [zdroj: www.povodnovyplan.cz]	25
7.2	Zanesený filtr (vlevo) proti čistému filtru (vpravo)	26
7.3	Vodní trkač na potoce Kyjanka	27
7.4	Vodní trkač na Prudkém potoce	27
8.1	Graf čerpaného množství vody v závislosti na výtlačné výšce při spádové výšce $H = 0,5$ m	28
8.2	Měření na Trusovickém potoce	28
8.3	Graf navrhovaného plnění a prázdnění zásobní nádrže	29
8.4	Graf skutečného plnění a prázdnění zásobní nádrže	30
8.5	Umístění výtlačné hadice	31
8.6	Osazení trkače v laboratoři	32
8.7	Schéma zapojení vodního trkače ve vodohospodářské laboratoři	32
8.8	Graf závislosti poměru výšek na účinnosti	34
8.9	Graf závislosti množství čerpané vody na výtlačné výšce při daných spádových výškách	34

## Seznam tabulek

3.1	Rychlost šíření tlakové vlny ve vodovodním potrubí [2] . . . . .	5
3.2	Návrhové parametry vodního trkače dle [6] . . . . .	7
8.1	Měřené veličiny v laboratoři . . . . .	33

## Literatura

- [1] Blažek, J.: *Vodní trkač*. patent č. 241295, 1985.
- [2] Boor, B.; Patočka, C.; Kunštátský, J.: *Hydraulika pro vodohospodářské stavby: Celost. učebnice pro vys. školy*. SNTL, 1968.
- [3] Laika, V.: *Vodní trkač*.  
URL <http://mve.energetika.cz/jineturbiny/trkac.htm>
- [4] Mára, J.: *Rotační trkač*. patent č. 22165, 2011.
- [5] PFISTER&LANGHANSS: *Vodní trkač s nárazným ventilem, obráceným dolu*. patent č. 21894, 1925.
- [6] Pivoda, B.: *Čerpací stanice*. SNTL, 1978.
- [7] Vevera, J.: *Trkač s odděleným čerpáním*. patent č. 250440, 1988.
- [8] Zavadil, E.: *Vodní trkač*. patent č. 54683, 1934.