



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

NÁVRH HYDRAULICKÉHO OKRUHU LABORATORNÍHO ŽLABU

DESIGN OF LABORATORY HYDRAULIC CIRCUIT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Robin Kuchyňa

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Michal Žoužela, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav vodních staveb
Student: **Robin Kuchyňa**
Vedoucí práce: **Ing. Michal Žoužela, Ph.D.**
Akademický rok: 2023/24
Studijní program: B0732A260005 Stavební inženýrství
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Návrh hydraulického okruhu laboratorního žlabu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zkušební žlaby provozované bez připojení k okruhu laboratoře jsou vybaveny samostatným zásobníkem vody, rozvodnými potrubími a ve velkém průtokovém rozsahu provozovaným čerpadlem.

Cíle a výstupy bakalářské práce:

Předmětem práce je návrh rozměrů a tvarů dílčích prvků hydraulického okruhu. Práce bude obsahovat textovou, grafickou a výpočetní část.

Seznam doporučené literatury a podklady:

- [1] Cichra, R., Šnelerová, M., Žoužela, M.: Inovace čerpací stanice Laboratoře vodohospodářského výzkumu, Provděcí projekt strojně technologické části, LVV – FAST – VUT v Brně, 2008
- [2] Žoužela, M. Hamouz, V.: Strojní a elektrotechnologická část hydraulického okruhu laboratoře VOŠS a SŠS ve Vysokém Mýtě. Strojirensko technické centrum Chrudim. Provděcí projekt, LVV – FAST – VUT v Brně, 2013
- [3] Žoužela, M., Hamouz, V., Kříž, L., Vacek, P.: Nová hydrotechnická laboratoř Stavební školy Vysoké Mýto. Vodní hospodářství, 1/2015, str. 10 – 13
- [4] Staněk. A.: Návrh hydraulického okruhu laboratorního žlabu. Brno, 2020. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. Vedoucí práce Ing. Michal Žoužela, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 6. 11. 2023

L. S.

doc. Ing. Aleš Dráb, Ph.D.
vedoucí ústavu

Ing. Michal Žoužela, Ph.D.
vedoucí práce

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.
děkan

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá strojně-technologickým návrhem hydraulického okruhu určeného k napájení laboratorního žlabu vodou. Zpracování je provedeno ve dvou plně funkčních verzích. První verze využívá pro potřeby výstavby okruhu volné prostory ve dvou patrech budovy, zatímco druhá verze je projektována výhradně na úrovni jednoho podlaží. V obou verzích jsou navrženy odpovídající technická řešení a výbava, včetně čerpadel, rozvodných potrubí, armatur a ostatních zařízení. V každé verzi jsou specifikovány pozice jednotlivých prvků okruhu a jejich propojení s laboratorním žlabem. Práce je zpracována v souladu s požadavky zástupců Fakulty životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze.

KLÍČOVÁ SLOVA

Čerpadlo, hydraulický okruh, měrný žlab, laboratoř, verze.

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the mechanical-technological design of a hydraulic circuit designed to supply a laboratory flume with water. The processing is carried out in two fully functional versions. The first version uses the free space on two floors of the building for the purpose of the circuit construction, while the second version is designed exclusively on the level of one floor. In both versions, the corresponding technical solutions and equipment are designed, including pumps, distribution pipes, valves and other equipment. In each version, the positions of the individual circuit elements and their connection to the laboratory flume are specified. The work is prepared in accordance with the requirements of the representatives of the Faculty of Environment of the Czech University of Agriculture in Prague.

KEYWORDS

Pump, hydraulic circuit, measuring flume, laboratory, version.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KUCHYŇA, Robin. *Návrh hydraulického okruhu laboratorního žlabu*. Brno, 2024. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. Vedoucí Ing. Michal Žoužela, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE


Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Návrh hydraulického okruhu laboratorního žlabu* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 13. 5. 2024

Robin Kuchyňa
autor

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu práce panu Ing. Michalu Žouželovi, Ph.D. za podnětné připomínky, odborné rady, notnou dávku trpělivosti a ochoty i za celkový přístup, kdy mi bylo umožněno realizovat řadu věcí dle svých idejí. Tato skutečnost mi velice usnadnila vypracování bakalářské práce.

DRUH PRÁCE	Bakalářská práce	
VYPRACOVAL	ROBIN KUČYŇA	
KONTROLOVAL	Ing. MICHAL ŽOUŽELA, Ph.D.	
NÁZEV STAVBY	NÁVRH HYDRAULICKÉHO OKRUHU LABORATORNÍHO ŽLABU	FORMÁT A4 DATUM 5/2024
OBSAH:	PRŮVODNÍ ZPRÁVA	Č. PŘÍLOHY 1.

OBSAH

1	Úvod	4
2	Současný stav laboratoře P206	5
3	Současný stav technické místnosti P326	9
4	Cíle práce	10
5	Požadavky investora na hydraulický okruh.....	13
6	Hydraulický okruh.....	14
6.1	Verze 01	14
6.2	Verze 02.....	15
7	Strojní vybavení.....	17
7.1	Laboratorní žlab	17
7.2	Čerpadlo	17
7.2.1	Verze 01	18
7.2.2	Verze 02	18
7.3	Průtokoměr	18
8	Armatury.....	20
8.1	Nožová šoupátka.....	20
8.2	Zpětný ventil s koulí	20
8.3	Kompenzátor	21
9	Závěr	22
10	Bibliografie.....	23
11	Seznam použitých zkratk a veličin.....	26

12	Seznam použitých obrázků	28
13	Seznam příloh.....	29

1 ÚVOD

Předmětem zpracování této bakalářské práce je návrh rozměrů a tvarů dílčích prvků hydraulického okruhu pro napájení laboratorního žlabu vodou. Podklady a návrh na vytvoření takového hydraulického okruhu byl podán Fakultou životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze. Hydraulický okruh má za úkol bezpečně dopravovat a zásobovat laboratorní žlab vodou, ve kterém budou probíhat jednak ukázky různých hydraulických jevů pro potřeby vyučování, tak i činnost v rámci výzkumných projektů fakulty.

Bakalářská práce obsahuje dvě verze řešení okruhu, a to z důvodu nejasnosti výše finančních prostředků investora v době jejího zpracování. První verze zahrnuje využití prostor laboratoře, ve které je umístěn laboratorní žlab, a zároveň využití technické místnosti lokalizované v téže budově o patro níže. Druhá verze návrhu řeší hydraulický okruh pouze v místnosti laboratoře.

Projektová dokumentace je zpracována na základě podkladů dodaných navrhovatelem a místního šetření, při kterém bylo pořízeno zaměření zájmových prostor a zajištěna fotodokumentace.

2 SOUČASNÝ STAV LABORATOŘE P206

Laboratoř s měrným žlabem bude umístěna v 2. PP budovy Fakulty životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze (viz Příloha 3.1.2.). Přístup do všech podzemních pater je zajištěn schodištěm nebo výtahem. Výtah, u kterého je počítáno s většinovým dopravením potřebného materiálu do míst realizace, má šířku dveří 1150 mm, hloubku 2070 mm a výšku 2050 mm (Obr. 2.1). Schodiště má šířku 1500 mm (Obr. 2.2). Vstup do místnosti je opatřen dvoukřídlými dveřmi o maximální světlosti otvoru (1200 × 2100) mm (Obr. 2.3). Laboratoř má šířku 7590 mm, délku 8260 mm a výšku 3040 mm (Obr. 2.4). Celá podlaha v místnosti je realizována v blíže nespecifikovaném sklonu – vyspádována do středu místnosti, kde je umístěná podlahová vpusť.



Obr. 2.1 Vstup do výtahu



Obr. 2.2 Schodiště budovy



Obr. 2.3 Vstupní dveře do laboratoře



Obr. 2.4 Foto laboratoře

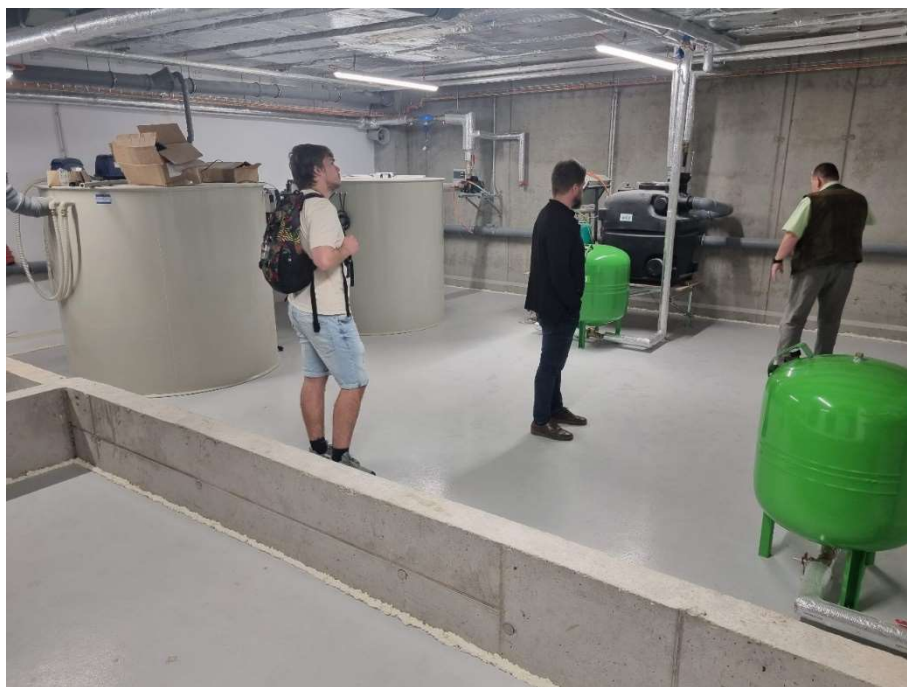
Při vstupu do místnosti se po pravé ruce nachází umyvadlo. Možnost napojení na elektřinu pro potřeby hydraulického okruhu zajišťuje elektrický rozvaděč, který je upevněný na zdi u vstupu do místnosti (Obr. 2.4). V blízkosti podlahové průchodky (Obr. 2.5) pro potrubní vedení mezi místností laboratoře a nižším podlažím se nachází na zdi připevněný radiátor ústředního topení.



Obr. 2.5 Průchodka skrz podlahu - průměr 200 mm

3 SOUČASNÝ STAV TECHNICKÉ MÍSTNOSTI P326

Technická místnost je umístěna v 3. PP budovy Fakulty životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze (viz Příloha 3.1.1.). Technická místnost se nachází v identické části budovy jako laboratoř jen o patro níže. Možnost trubního propojení obou místností je připraveno průchodkou skrze podlahu z laboratoře do technické místnosti (Obr. 2.5). Vstup do místnosti je tvořen, obdobně jako u laboratoře, dvoukřídlými dveřmi o šířce 1600 mm a výšce 1970 mm. Místnost má na šířku 7590 mm, délku 8270 mm s tím, že světlá (využitelná) výška činí 2620 mm (po odečtení rozměrů vzduchotechniky). Místnost je rozdělená do tří částí vybetonovanými záchytnými vanami o přibližné výšce 450 mm (Obr. 3.1). V levé části místnosti se při vstupu nachází čistírny šedých vod, které společně s čerpací stanicí obstarávají chod budovy a s námi navrhovanou technologií nesouvisí. Dále se zde nachází samotný elektrický rozvaděč, který případně zajistí spolehlivé zapojení čerpadla hydraulického okruhu.



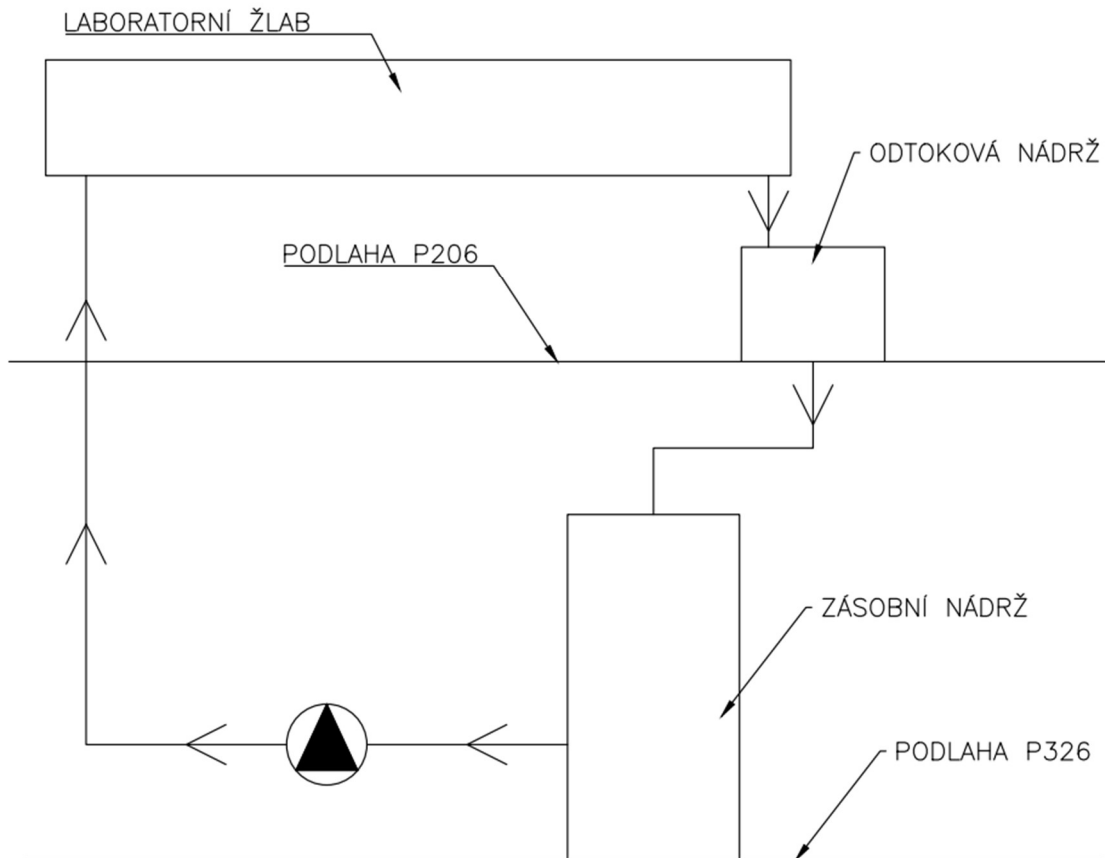
Obr. 3.1 Technická místnost s betonovými vanami

4 CÍLE PRÁCE

Výstupem bakalářské práce jsou návrhy rozměrů a tvarů dílčích prvků hydraulického okruhu. Výstupy jsou zpracovány v souladu s provedenými hydrotechnickými výpočty, vytvořenými seznamy strojů a zařízení a se změřenými rozměry místností určených pro výstavbu.

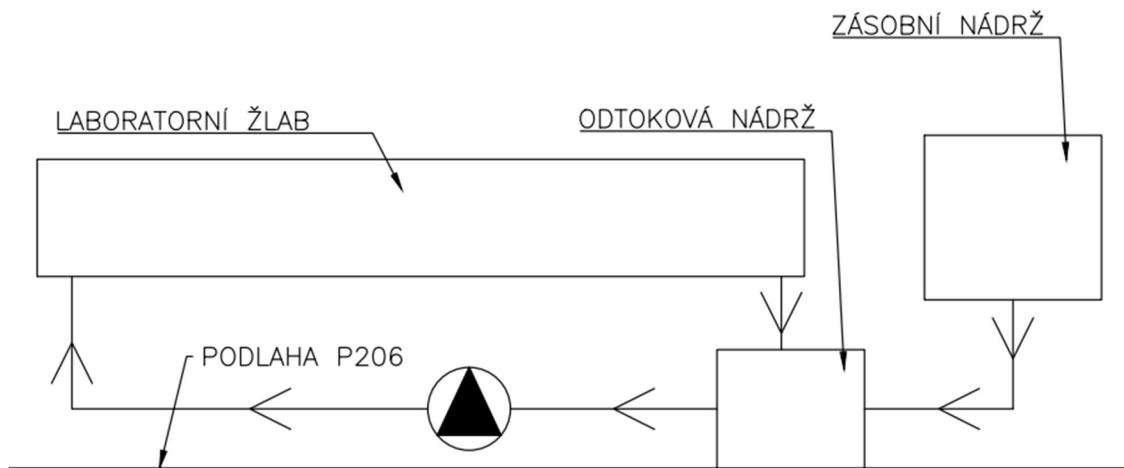
Seznam příloh bakalářské práce je tvořen ze 6 samostatných dokumentů, a to z průvodní zprávy, technické zprávy, výkresů stávajícího stavu místností, strojně technologických výkresů hydraulického okruhu, hydrotechnických výpočtů a seznamu strojů a zařízení.

V první verzi návrhu (dále Verze 01) je hydraulický okruh tvořen zásobní a odtokovou nádrží z polypropylenu, odstředivým čerpadlem, rozvodným potrubím z nerezů či plastu a odtokového potrubí z nerezů. Voda ze zásobní nádrže, která je umístěna v místnosti P326, bude čerpána rozvodným potrubím skrze podlahu laboratoře P206 do laboratorního žlabu. Ze žlabu bude voda odváděna přes odtokovou nádrž s přelivnou hranou a odtokové potrubí zabezpečí zpětný přívod vody do zásobní nádrže. Po trase vedení rozvodného potrubí bude navržena odbočka na rezervu. Rezerva je zde umístěna z důvodu možnosti napojení jiných modelů umístěných mimo konstrukci žlabu v laboratoři. Umístění jednotlivých částí okruhu je zřejmé ze schématu (viz. Obr. 4.1).



Obr. 4.1 Schéma hydraulického okruhu - Verze 01

V druhé verzi návrhu (dále Verze 02) je hydraulický model tvořen zásobní a odtokovou nádrží z polypropylenu, odstředivým čerpadlem, přívodním a rozvodným potrubím z nerezů či plastu. Celý hydraulický okruh, včetně umístění zásobní a odtokové nádrže, je řešen pouze v místnosti laboratoře P206. Voda bude přívodním potrubím přiváděna ze zásobní nádrže do nádrže odtokové, ze které bude voda natékat na odstředivé čerpadlo a rozvodným potrubím přiváděna do laboratorního žlabu. Voda protéká žlabem bude přepadat přímo do odtokové nádrže. Po konzultacích s investorem není v druhé verzi návrhu umístěna rezerva z důvodu dosažení co nejvyšší možné ekonomické úspory. Umístění částí hydraulického okruhu je zřejmé z přiloženého schématu (viz. Obr. 4.2).



Obr. 4.2 Schéma hydraulického okruhu - Verze 02

Výkresová dokumentace laboratorního žlabu není součástí předložené bakalářské práce.

5 POŽADAVKY INVESTORA NA HYDRAULICKÝ OKRUH

Zástupce Fakulty životního prostředí upřesnil své hlavní požadavky na funkci hydraulického okruhu a laboratorního žlabu následovně:

- žlab bude sklopný s maximálním sklonem 5 %;
- hydraulický okruh zabezpečí napájení měrného žlabu vodou;
- účinné půdorysné rozměry laboratorního žlabu (5600 × 1400) mm;
- účinná hloubka proudu ve žlabu bude dosahovat 0,4 m;
- odtoková nádrž za žlabem bude vybavena sedimentačním prostorem;
- rozsah zaručeného měření průtoku bude (2 – 30) l/s;
- čerpadlo bude instalováno tak, aby ho bylo možné opravit či vyjmout bez potřeby vypuštění vody z okruhu;
- čerpadlo bude řízeno měničem frekvence.

6 HYDRAULICKÝ OKRUH

6.1 Verze 01

V první verzi návrhu hydraulického okruhu se bude čerpadlo a zásobní nádrž hydraulického okruhu nacházet v technické místnosti označené P326 (viz Příloha 3.1.1.). Laboratorní žlab, průtokoměr a odbočení do rezervy se bude nacházet v laboratoři označené P206 (viz Příloha 3.1.2.). Z tohoto důvodu je zapotřebí vybudovat průchod skrze podlahu pro odtokové potrubí, průchod pro rozvodné potrubí byl již vytvořen. Zásobní nádrž z polypropylenu bude umístěna do pravého zadního rohu technické místnosti. Vzhledem k nedostatečnému místu ve výtahu, bude zapotřebí nádrž dopravit ve více kusech a až na místě bude svařena a spojena do výsledné podoby. Odtoková nádrž bude vyrobená z polypropylenu.

Výtok ze zásobní nádrže DN 150 bude redukován na DN 125. Přívod vody na odstředivé čerpadlo bude zajištěn za pomoci nerezového ocelového potrubí DN 125 [1], větší část zbývajících přívodního potrubí je tvořena z ocelového nerezového potrubí DN 100. Ke zúžení na DN 80 a následnému rozšíření zpět na DN 100 dochází jen v nejkratší možné vzdálenosti u průtokoměru z důvodu zabezpečení co nejpřesnějšího měření průtoku (lokální zvýšení rychlosti). Napojení na laboratorní žlab je opatřeno přes plastové hadice o průměru 105/117 mm [12] z důvodu umožnění naklopení žlabu. Jsou zde navrženy dvě hadice tak, aby zavodnění žlabu probíhalo rovnoměrně. Pro vodu odtékající ze žlabu je navržena odtoková nádrž s přelivnou hranou tak, aby bylo zamezeno transportu sedimentů z pohyblivého dna modelu umístěného ve žlabu. Odtokové potrubí odvádějící přepadlou vodu z odtokové nádrže je navrženo z nerezového ocelového potrubí DN 250. Průchody skrz laboratorní podlahu mezi

místnostmi jsou umožněny instalací přesuvek příslušných velikostí [14]. Po délce trubního vedení je navržena odbočka do rezervy a jednotlivé armatury, které slouží k obsluze a údržbě okruhu. Mezi použité armatury patří průtokoměr, nožová šoupátka a zpětná klapka.

Laboratorní žlab je umístěn v levé části místnosti s dostatečným odstupem od zdi, aby bylo možné pozorovat hydraulické jevy z obou stran. Kvůli ušetření co nejvíce místa v laboratoři, je trubní vedení v co nejdelší trase vedeno pod žlabem (viz Příloha 4.1.1.2.).

6.2 Verze 02

V druhé verzi návrhu jsou veškeré potřeby na provoz žlabu i hydraulického okruhu řešeny pouze v místnosti laboratoře P206 (viz Příloha 3.1.1.). Zásobní nádrž, která je navržena z polypropylenu, bude umístěna na nosné konstrukci, kvůli zabezpečení dostatečného množství vody natékaného na čerpadlo a vyrovnání nerovné podlahy laboratoře z důvodu vyspádování místnosti. Zásobní nádrž bude po jednotlivých kusech dopravena na místo realizace stavby výtahem (po schodišti), kde bude svařena a spojena do výsledné navržené podoby. Ze zásobní nádrže bude voda dopravena do sací části nádrže odtokové, která je umístěna pod místem výtoku ze žlabu. Odtoková nádrž je rozdělena přelivnou hranou na dvě části. Do první části natéká voda ze žlabu, odkud po dostatečném naplnění, přetéká přes přelivnou hranu do části sací. Sací část nádrže umožňuje nátok vody na čerpadlo, které zásobuje laboratorní žlab vodou. Odtoková nádrž je navržena z polypropylenu. Přelivná hrana je navržena z důvodu zamezení transportu sedimentů z pohyblivého dna modelu umístěného ve žlabu.

Přívod vody ze zásobní nádrže do odtokové je zabezpečen nerezovým ocelovým potrubím DN 200 [1] a plastovou hadicí o průměru 200/228 mm

[11]. Z odtokové nádrže je voda přiváděna na odstředivé čerpadlo za pomoci ocelového nerezového potrubí DN 100. Přívod vody z čerpadla do žlabu je obstarán kombinací ocelového nerezového potrubí DN 80 a plastové hadice o průměru 105/117 mm [12]. Samotný nátok vody je proveden dvěma hadicemi, aby zavodnění žlabu probíhalo rovnoměrně. Použitými armaturami pro bezpečné fungování této verze okruhu jsou nožová šoupátka, pryžový kompenzátor, který zamezí šíření vibrací, a průtokoměr. V této verzi není navržena odbočka do rezervy z důvodu dosažení co nejvyšší úspory financí.

Umístění žlabu je oproti verzi 01 půdorysně více u levé zdi místnosti, aby došlo k větší možné úspoře místa v ní (viz Příloha 4.2.1.).

7 STROJNÍ VYBAVENÍ

7.1 Laboratorní žlab

Půdorysné rozměry jsou v obou verzích totožné, jediný rozdíl v návrhu žlabů pro jednotlivé verze je ve výškové dna žlabu. Ve verzi 01 je žlab umístěn níže, než je tomu ve verzi 02. Přítok do žlabu je řešen dvěma otvory, aby došlo k rovnoměrnému naplnění žlabu vodou. Žlab je složen ze tří částí. V první části dochází k uklidnění a ustálení hladiny, aby bylo měření co nejpřesnější. V druhé části je prostor pro měření a testování různých hydraulických modelů. Poslední část žlabu je část odpadní, do které je možné umístit dluže pro účely zahrazení odtoku. Žlab má na délku 5,6 m a na šířku 1,4 m. Dno žlabu je umístěno 1,2 m nad podlahou laboratoře a horní hrana je ve výšce 1,67 m. Žlab je schopný náklonu až do 5 %. Stěny žlabu jsou vytvořeny z průhledného PVC materiálu.

7.2 Čerpadlo

V obou verzích návrhu řešení jsou navržena odstředivá čerpadla od společnosti Calpeda. Čerpadla jsou do trubní sítě instalována za pomocí přírubových spojů [1], podložena jsou gumovou podložkou určenou pod rotující stroje, aby byly utlumeny případné vibrace vzniklé při čerpání vody. Hodnota průtoku bude nastavena měničem frekvence.



Obr. 7.1 Čerpadlo – Calpeda NM4 [9], [10]

7.2.1 Verze 01

V první verzi bylo zapotřebí zabezpečit čerpaní 30 l/s do maximální dopravní výšky $H_{\max} = 9,84$ m, z důvodu čerpání z jednoho podzemního patra do druhého. Pro takovéto potřeby bylo vybráno čerpadlo společnosti Calpeda NM4 100/20B/A (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**) [9], které je schopné přivést 30 l/s až do maximální dopravní výšky 10,07 m.

7.2.2 Verze 02

V druhé činila maximální dopravní výška $H_{\max} = 5,50$ m při požadovaném průtoku 30 l/s. S ohledem na tuto skutečnost bylo navrženo čerpadlo společnosti Calpeda NM4 80/16A/C (Obr. 7.1) [10], které je schopné dopravit požadovaný průtok až do výše maximální dopravní výšky 5,90 m.

7.3 Průtokoměr

V obou verzích návrhu okruhu je použit magneticko – indukční průtokoměr s možností čtení okamžitého průtoku od společnosti ELA Brno

(Obr. 7.2) [8]. Průtokoměr o dimenzi DN 80 je v obou systémech instalován za pomoci přírubových spojů [1].



Obr. 7.2 Magneticko - indukční průtokoměr ELA Brno DN 80 [8]

8 ARMATURY

8.1 Nožová šoupátka

Pro možnost škrcení až k celkovému uzavření okruhu jsou v obou verzích použita nožová šoupátka ZETA (Obr. 8.1) [5] od společnosti VAG o velikostech DN 80, 100 a 125. Konstrukce šoupátek je tvořena jako celopřírubová a oboustranně těsnící. Ovládání šoupátek je z ekonomických důvodů navrženo jako ruční.



Obr. 8.1 Nožové šoupátko - VAG ZETA DN 100 [5]

8.2 Zpětný ventil s koulí

V první verzi návrhu hydraulického okruhu je voda čerpána mezi dvěma podzemními patry. Z tohoto důvodu je v okruhu navržena zpětná klapka, která po ukončení čerpání vody do okruhu, okruh ochrání před poškozením

a ušetří budoucí zbytečné čerpání vody. Pro potřeby verze 01 byl navržen zpětný ventil s koulí od společnosti VAG typu KRV DN 100 (Obr. 8.2) [6].



Obr. 8.2 Zpětný ventil s koulí – VAG KRV DN 100 [6]

8.3 Kompenzátor

V druhé verzi okruhu je použit pryžový kompenzátor [3] pro snížení přenosu vibrací z čerpadla do hydraulického okruhu. Kompenzátor (Obr. 8.3) zároveň zjednoduší montážní práce.



Obr. 8.3 Přírubový gumový kompenzátor [3]

9 ZÁVĚR

Předmětem bakalářské práce bylo navrhnout a vytvořit projektovou dokumentaci hydraulického okruhu pro laboratorní žlab. Z důvodu nejasností ohledně přesného technického řešení a financování byly vytvořeny dvě verze návrhu projektu.

Na počátku byla provedena rekognoskace místa stavby a pořízena fotodokumentace. Po konzultaci s investorem byly změřeny potřebné rozměry. Následně byl proveden předběžný návrh hydraulického okruhu, který umožnil zpracování výpočtů. Ty bylo nutné provést za účelem určení maximální dopravní výšky potřebné pro zabezpečení požadovaného maximálního průtoku investorem. V úvahu byla vzata skladba přívodního potrubí i umístění zásobní nádrže. Poté bylo vybráno a navrženo vhodné čerpadlo. Vzhledem k existenci dvou verzí bylo nutné tento postup aplikovat dvakrát.

V konečné fázi zpracování projektu byly vytvořeny seznamy strojů a zařízení pro obě verze. Obě verze jsou plně funkční a vhodné pro použití, je jen na investorovi, kterou z verzí si před konečnou realizací zvolí.

Hydraulický okruh bude dopravovat vodu pro potřeby měrného žlabu, který na Fakultě životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze bude vystavěn za účelem zkvalitnění výuky a možnosti demonstrace různých hydraulických jevů.

10 BIBLIOGRAFIE

- [1] TRIVAL, s.r.o. *Katalog nerezových materiálů*. Online. 2008. Dostupné z: https://www.trival.cz/nerezovy_program/nerez_pdf.pdf. [cit. 2024-05-06].
- [2] CALPEDA S.p.A. *NM4 50 Hz Catalogue*. Online. 2024. Dostupné z: https://www.calpeda.com/wp-content/uploads/calpeda_prodotti/CATALOGHI_PDF/EN%20-%20English/datasheet_EN/NM4%2C%20NMS4_EN_012023.pdf. [cit. 2024-05-06].
- [3] IVAR CS spol. s.r.o. *Kompenzátory*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.ivarcs.cz/katalog/vytapeni-ivartrio/kompenzatory-c936/>. [cit. 2024-05-06].
- [4] GUMEX, spol. s.r.o. *TLUMICÍ ELASTICKÉ DESKY ELASTON-ELTEC FS 700*. Online. Dostupné z: <https://www.gumex.cz/h/tlumici-elasticke-desky-elaston-eltec-fs-700-00554#sekce=variant-table-placeholder>. [cit. 2024-05-06].
- [5] VAG s.r.o. *ZETA Nožové šoupátko*. Online. Dostupné z: <https://www.vag-group.com/cz-cs/vyrobky/detaily-vyrobku/zeta-nozove-soupatko>. [cit. 2024-05-06].
- [6] VAG s.r.o. *KRV Zpětný ventil s koulí*. Online. Dostupné z: <https://www.vag-group.com/cz-cs/vyrobky/detaily-vyrobku/krv-zpetny-ventil-s-kouli>. [cit. 2024-05-06].
- [7] ELA, spol. s.r.o. *Magneticko-indukční průtokoměr MQI 99*. Online. 2008. Dostupné z: <https://www.elabrno.cz/wp-content/uploads/2020/02/CZ-n%C3%A1vod-MQI-99-C-S.pdf>. [cit. 2024-05-06].
- [8] *MQI 99-C*. Online. In: ELA, spol. s.r.o. *ELA – měřidla pro vodárenství*. 2022. Dostupné z: https://www.elabrno.cz/cs/dn-80_foto_cov-veseli-nm/. [cit. 2024-05-06].

- [9] *Calpeda NM4 100/20B/A*. Online. In: PUMPA, a.s. Prodej a servis teplovodních čerpadel. 2024. Dostupné z: <https://www.pumpa.eu/cs/calpeda-nm4-100-20b-a-400-690v-4-0kw-1450ot/>. [cit. 2024-05-06].
- [10] *Calpeda NM4 80/16A/C*. Online. In: PUMPA, a.s. Prodej a servis teplovodních čerpadel. 2024. Dostupné z: <https://www.pumpa.eu/cs/nm4-80-16a-c-230-400v-2-2kw-1450ot/#gallery-2>. [cit. 2024-05-06].
- [11] GUMEX, spol. s.r.o. *FEKÁLNÍ SAVICE NORPLAST® PVC 389 SUPERELASTICO*. Online. Dostupné z: <https://www.gumex.cz/h/fekalni-savice-norplast-pvc-389-superelastico-05301?Filter=True>. [cit. 2024-05-06].
- [12] GUMEX, spol. s.r.o. *FEKÁLNÍ SAVICE AREOLO SUPERFLEX 2*. Online. Dostupné z: <https://www.gumex.cz/h/fekalni-savice-areolo-superflex-2-00371?Filter=True#sekce=variant-table-placeholder>. [cit. 2024-05-06].
- [13] GUMEX, spol. s.r.o. *Hadicové spony a svorky*. Online. Dostupné z: <https://www.gumex.cz/produkty/hadicove-spony-17?LastVisitedProductID=3064>. [cit. 2024-05-06].
- [14] REXCOM s.r.o. *Přehled spojek a přechodů*. Online. Dostupné z: <https://rexcom.cz/wp-content/uploads/2020/06/P%C5%99ehled-spojek-a-p%C5%99echod%C5%AF.pdf>. [cit. 2024-05-06].
- [15] HASTEX & HASPR s.r.o. *Protipožární manžety*. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.hastex.cz/kategorie/protipozarni-manzety>. [cit. 2024-05-06].
- [16] JANDORA, Jan a ŠULC, Jan. *Hydraulika. Modul 01*. Brno: CERM Brno, 2006.
- [17] MILLER, Donald Stuart. *Internal flow systems*. [s.l.]: BHRA Fluid Engineering, 1978. ISBN 09-009-8378-7.

- [18] BRADA, Karel a HLAVÍNEK, Petr. *Čerpadla ve vodním hospodářství*. Brno: NOEL 2000, 2004. ISBN 80-860-2043-6.
- [19] STANĚK, Aleš. *Návrh hydraulického okruhu laboratorního žlabu*. Bakalářská práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2020.
- [20] BOHÁČ, Daniel. *Projekt strojně-technologické části hydraulického okruhu laboratoře SPU v Nitře*. Diplomová práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2021.
- [21] FORMAN, Václav. *Dostavba Fakulty životního prostředí: Půdorys 2. PP a 3. PP*. 04/2020. Origon, spol. s.r.o., 04/2020. [cit. 2024-05-06].

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A VELIČIN

Průměr potrubí	DN	[mm]
Podzemní patro	PP	[-]
Maximální dopravní výška	H_{max}	[m]
Polyvinylchlorid	PVC	[-]
Místnost číslo P326	č. P326	[-]
Obrázek číslo 3.1	Obr. 3.1	[-]
Jmenovitý tlak	PN	[bar]
Úroveň dna žlabu	$h_{D,ž}$	[m]
Úroveň horní hrany žlabu	$h_{H,ž}$	[m]
Úroveň dolní hladiny v zásobní nádrži	$h_{D,N}$	[m]
Maximální úroveň hladiny v zásobní nádrži	$h_{H,N}$	[m]
Reynoldsovo číslo	Re	[-]
Součinitel ztrát třením	λ	[-]
Součinitel místních trát	ζ	[-]
Drsnost potrubí	Δ	[m]
Vnitřní průměr potrubí	d	[m]

Tíhové zrychlení	g	$[\text{m/s}^2]$
Průřezová rychlost v potrubí	v	$[\text{m/s}]$
Průtok	Q	$[\text{m}^3/\text{s}]$
Průřezová plocha potrubí	S	$[\text{m}^2]$
Příslušná délka úseku	l	$[\text{m}]$

12 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 Vstup do výtahu	5
Obr. 2.2 Schodiště budovy	6
Obr. 2.3 Vstupní dveře do laboratoře	6
Obr. 2.4 Foto laboratoře	7
Obr. 2.5 Průchodka skrz podlahu – průměr 200 mm.....	8
Obr. 3.1 Technická místnost s betonovými vanami	9
Obr. 4.1 Schéma hydraulického okruhu – Verze 01	11
Obr. 4.2 Schéma hydraulického okruhu – Verze 02	12
Obr. 7.1 Čerpadlo – Calpeda NM4 [9], [10].....	18
Obr. 7.2 Magneticko – indukční průtokoměr ELA Brno DN 80 [8]	19
Obr. 8.1 Nožové šoupátko – VAG ZETA DN 100 [5].....	20
Obr. 8.2 Zpětný ventil s koulí – VAG KRV DN 100 [6]	21
Obr. 8.3 Přírubový gumový kompenzátor [3]	21

13 SEZNAM PŘÍLOH

1. Průvodní zpráva
2. Technická zpráva
3. Stávající stav
 - 3.1. Celkové půdorysy
 - 3.1.1. Celkový půdorys 3. PP
 - 3.1.2. Celkový půdorys 2. PP
 - 3.2. Půdorys, řezy místnosti P326
 - 3.3. Půdorys, řezy místnosti P206
4. Strojně-technologický návrh hydraulického okruhu
 - 4.1. Verze 01
 - 4.1.1. Půdorys hydraulického okruhu P326
 - 4.1.2. Půdorys hydraulického okruhu P206
 - 4.1.3. Řez A-A
 - 4.1.4. Řez B-B
 - 4.1.5. Řez C-C
 - 4.1.6. Řez D-D
 - 4.1.7. Zásobní nádrž
 - 4.1.8. Odtoková nádrž

4.2. Verze 02

4.2.1. Půdorys hydraulického okruhu

4.2.2. Řez A-A

4.2.3. Řez B-B

4.2.4. Řez C-C

4.2.5. Řez D-D

4.2.6. Řez E-E

4.2.7. Zásobní nádrž

4.2.8. Odtoková nádrž

4.2.9. Nosná konstrukce zásobní nádrže

5. Hydrotechnické výpočty hydraulického okruhu

5.1. Hydrotechnické výpočty – textová část

5.2. Verze 01 – hydrotechnické výpočty – výpočtová část

5.3. Verze 02 – hydrotechnické výpočty – výpočtová část

6. Seznam strojů a zařízení

6.1. Verze 01 – seznam strojů a zařízení

6.2. Verze 02 – seznam strojů a zařízení