

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

VYPRACOVAL : Bc. DANIEL BOHÁČ

VEDOUCÍ PRÁCE: Ing. MICHAL ŽOUŽELA, Ph.D.

VEDOUCÍ ÚSTAVU: Prof. Ing. JAN ŠULC, CSc.

AKCE :

PROJEKT STROJNĚ-TECHNOLOGICKÉ ČÁSTI HYDRAULICKÉHO  
OKRUHU LABORATOŘE SPU V NITŘE

OBSAH: TECHNICKÁ ZPRÁVA



FAKULTA  
STAVEBNÍ  
Ústav vodních staveb

FORMÁT: A4

DATUM: 01/2021

MĚŘÍTKO: Č. PŘÍLOHY:  
2

## OBSAH

1	Základní informace .....	- 3 -
2	Stávající stav .....	- 4 -
3	Předmět a rozsah projektu .....	- 4 -
4	Podklady pro zpracování projektové dokumentace .....	- 5 -
5	Popis strojně-technologické části hydraulického okruhu.....	- 5 -
5.1	Akumulační a čerpací jímky .....	- 6 -
5.2	Tlakové větve hydraulického okruhu.....	- 8 -
5.2.1	Vystrojení čerpací jímky.....	- 9 -
5.2.2	Rozvodná potrubí hydraulického okruhu.....	- 10 -
5.2.3	Připojení hydraulických měrných žlabů Ž1 a Ž2.....	- 13 -
5.3	Elektrotechnologické vybavení hydraulického okruhu.....	- 14 -
6	Provoz hydraulického okruhu .....	- 16 -
7	Doporučený postup provádění prací.....	- 16 -
8	Bourací a stavební práce .....	- 17 -
9	Závěr.....	- 17 -

# **1 ZÁKLADNÍ INFORMACE**

Název akce: Projekt strojně-technologické části hydraulického okruhu laboratoře SPU v Nitře

Stupeň projektu: Prováděcí projekt

Místo akce: KKI FZKI SPU v Nitře, Hospodárská ul. č.7, par. č. 4582, kat. území Zobor

Investor: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitře, Trieda Andreja Hlinku 2, 946 76 Nitra

Vedoucí ústavu: Prof. Ing. Jan Šulc, CSc.

Vedoucí práce: Ing. Michal Žoužela, Ph.D.

Vypracoval: Bc. Daniel Boháč

Datum odevzdání: leden 2021

## **2 STÁVAJÍCÍ STAV**

Prostor, ve kterém bude vybudován nový hydraulický okruh sloužící pro výukové a výzkumné účely pracovníků FKZI byl podrobně popsán v průvodní zprávě. Stávající stav je nevyhovující a dojde ke stavební i technologické rekonstrukci. Obě stávající budovy budou výrazně přebudovány a vznikne prostor o výměře okolo 290 m<sup>2</sup>, který bude plně využit pro vybudování hydraulického okruhu. Přesné rozměry tohoto prostoru byly geometricky zaměřeny v rámci zpracování stavební projektové dokumentace [12]. Tato dokumentace v digitální verzi s potřebnými úpravami a aktualizacemi byla výchozím podkladem pro zpracování této diplomové práce.

## **3 PŘEDMĚT A ROZSAH PROJEKTU**

Předmětem projektové dokumentace je strojní a elektrotechnologické uspořádání nového hydraulického okruhu laboratoře. Součástí projektu je návrh čerpací a akumulární jímky a s tím spojený komplexní návrh čerpání vody z této podzemní jímky. Dále jsou v projektu navrženy trasy a dimenze potrubí. Je řešen také rozsah a způsob měření neelektrických veličin včetně jejich zobrazení a způsob poloautomatického řízení hydraulického okruhu. Nedílnou součástí projektu je i seznam veškerých strojů, zařízení, armatur a tvarovek ve formě výkazu výměr. Výkresová část dokumentace byla zpracována v programu Autodesk Autocad 2018.

Strojní část obsahuje ponorná čerpadla včetně jejich vystrojení, potrubí a armatur v prostoru budoucí laboratoře. Vystrojení hydraulického okruhu, které umožňuje rozvod technologické vody je zřejmé z příloh 3 a 7. Návrh potrubí pro zvolená čerpadla a všechny způsoby možného provozu jsou řešeny v příloze 4. Zobrazení veškerých měřených neelektrických veličin v prostoru laboratoře a způsob vedení vody k jednotlivým místům laboratoře je řešeno v elektrotechnologickém schématu hydraulického okruhu, které tvoří přílohu 5. Dokumentace řešící veškeré elektrotechnologické prvky laboratoře včetně prvků pro měření neelektrických veličin a vystrojení elektrického rozváděče byla zpracována v rámci prováděcí dokumentace [13] a není součástí předložené diplomové práce. V příloze 6 jsou navrženy možnosti vizualizace ovládání čerpací stanice na displeji řídicího systému.

Rozměry a pozice jednotlivých prvků hydraulického okruhu jsou ve všech přílohách předložené diplomové práce stejné.

## **4 PODKLADY PRO ZPRACOVÁNÍ PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE**

Ke zpracování projektové dokumentace byla k dispozici fotodokumentace pořízená při místním průzkumu a podklady či odkazy uvedené v průvodní zprávě. Nejdůležitějším podkladem pro podrobné zpracování předložených příloh byla projektová dokumentace stavební části [12], zpracovaná v roce 2017 a aktualizovaná během roku 2019. Jako podklad pro zpracování projektu může být označena také řada jednání s investorem, ze kterých vyplynuly některé požadavky pro návrh strojně-technologické části hydraulického okruhu laboratoře. Dále byly také využity poznatky z návrhu hydraulických okruhů jiných laboratoří [4] [5].

## **5 POPIS STROJNĚ-TECHNOLOGICKÉ ČÁSTI HYDRAULICKÉHO OKRUHU**

Hydraulický okruh byl navržen na základě požadavků investora, které jsou uvedeny v příloze 1. Při návrhu bylo spolupracováno s projektantem stavební části.

Z technického a provozního hlediska se jedná o recirkulační hydraulický okruh, který využívá podzemní akumulační nádrže s vodou. Součástí těchto nádrží je prohloubená čerpací jámka pro ponorná odstředivá čerpadla. Od nich je voda dopravována tlakovými potrubími a pomocí vhodně umístěných tvarovek a instalovaných armatur je rozváděna do příslušných míst okruhu. Mezi ně patří dva měrné žlaby Ž1, Ž2 a celkem šest připojovacích bodů R1 až R6. Voda se po průtoku žlaby či volně stojícími modely napojenými na připojovací body R1 – R6 dostává zpět do akumulační nádrže. Ovládání a řízení hydraulického okruhu je poloautomatické, což znamená, že obě čerpací soustrojí jsou pod kontrolou řídicího systému s tím, že uživatel si volí směr toku vody manuálním otevřením příslušných uzávěrů. Jako uzavírací armatury byla zvolena nožová šoupátka. Ovládání hydraulického okruhu je zabezpečeno příslušnými elektrotechnologickými prvky systému. Uspořádání hydraulického okruhu je patrné z příloh 3 a 5.

Výškové úrovně jsou vztaženy k úrovni 0,00 m, která odpovídá kótě podlahy v přízemí laboratoře.

Předložená projektová dokumentace je v souladu s projektovou dokumentací definující požadavky na hydraulické měrné žlaby Ž1 a Ž2, která je součástí prováděcí projektové dokumentace [13].

## 5.1 Akumulační a čerpací jímky

V prostoru patrném z přílohy 3 a dokumentu [12] bude zřízena akumulční jímka. Hlavní část jímky je tvořena kanálem širokým 0,80 m s konstantní úrovní dna -1,00 m. Stavebně je jímka řešena jako železobetonová vodonepropustná konstrukce v konceptu tzv. bílá vana. Její půdorysné uspořádání vychází z řady koncepčních rozhodnutí a lze ji stavebně rozdělit do tří částí. Jedná se o úsek, který tvoří hlavní prostor akumulční jímky, čerpací jímku s instalovanými hlavními technologickými čerpadly a jímku v místě odpadu ze žlabu Ž2. Při maximální úrovni hladiny -0,25 m je celkový objem akumulční jímky 21 m<sup>3</sup>.

Zatímco první dvě části jsou od sebe odděleny pouze prohloubením čerpací jímky na úroveň -1,60 m, třetí část jímky se dnem v úrovni -1,20 m a půdorysnými rozměry (1,60 x 3,54) m lze od hlavního prostoru akumulční jímky oddělit uzávěrem S1. Při běžném provozu se předpokládá, že uzávěr S1 bude trvale otevřený. V případě, že ve žlabu Ž2 budou probíhat pokusy s pohyblivým dnovým materiálem a s proudem odnášenými částicemi, bude uzávěr S1 uzavřen. Díky tomuto opatření se zamezí znečištění vody v recirkulačním okruhu. Při těchto pokusech ve sklopném žlabu Ž2, případně jiném modelu se zaústěným odpadem do této jímky, z ní bude znečištěná voda čerpána přenosným čerpacím agregátem. Betonová stěna tloušťky 0,20 m mezi „špinavou“ jímkou a hlavní částí akumulční jímky bude provedena tak, že v úrovni dna hlavní jímky -1,00 m bude symetricky vůči bočním stěnám proveden otvor (0,40 x 0,40) m, na který bude instalován uzávěr S1. Jedná se o robustní nerezovou svařovanou rámovou konstrukci, kterou tvoří plnopřůčné čtyřhranně těsnící vřetenové šoupátko s nestoupajícím vřetenem [9]. To je instalováno na zeď pomocí kotevní sady a těsnění, které je součástí rámu uzávěru. Šoupátko může být použito pro hrubou regulaci průtoku. Rozdíl hladin mezi oběma jímkami při extrémním průtoku 80 l/s a úplném oboustranném zatopení plně otevřeného uzávěru dosahuje okolo 0,05 m. Poloha a velikost uzávěru je navržena tak, že horní úroveň jeho ovládacího vřetene je pod úrovní krycích pochozích plechů jímky. Uzávěr tak nebude vyčnívat v prostoru laboratoře. Konstrukční výška uzávěru činí 1,054 m. Předpokládá se, že v krycím plechu bude vytvořena pouze díra pro prostrčení ovládacího šoupátkového klíče. V jednom z rohů této jímky je zřízeno 0,05 m hluboké snížení s půdorysnými rozměry (0,20 x 0,20) m pro zajištění možnosti úplného vyčerpání vody z prostoru jímky pomocí přenosného čerpadla.

V místech instalace technologických čerpadel je dno jímky prohloubeno na úroveň -1,60 m. Půdorysná velikost čerpací jímky činí (1,80 x 1,47) m. V jednom z rohů

čerpací jímky je opět zřízeno 0,05 m hluboké a v půdorysu (0,20 x 0,20) m velké lokální snížení, které zajišťuje možnost úplného vyčerpání vody z prostoru jímky pomocí přenosného čerpadla.

V úrovni podlahy nad půdorysem čerpací jímky je na celou její šířku 1,80 m instalován nosník typu – U 100 s tloušťkou patky 0,050 m tak, jak lze vidět v přílohách 3.1 a 3.4. Vzdálenost nosníku od delší strany čerpací jímky je 0,307 m s tím, že stojina nosníku je otočena směrem do prostoru jímky. Nosník plní dvě funkce. Primárně je určen pro podporu pochozích krycích plechů jímky, jelikož v jeho linii budou plechy děleny. Sekundárně je nosník určen pro upevnění horních držáků vodicích tyčí spouštěcího zařízení čerpadel. Vzdálenost nosníku od stěny (0,307 m) je nutné v rámci běžných tolerancí dodržet pro zajištění montáže čerpadel a správné provozní funkce čerpací stanice. Nosník bude z nerezového materiálu nebo bude opatřen dostatečnou krycí vrstvou vytvořenou žárovým zinkováním.

Do prostoru čerpací jímky jsou zaústěny tři plastové chráničky DN 63 (např. KOPOFLEX), sloužící pro přivedení kabelů elektrické energie, respektive k měření a regulaci. Chráničky jsou vyústěny v rohu jímky v místě vyznačeném v přílohách 3.1 a 3.3 s tím, že jejich osově zaústění se nachází v úrovni - 0,10 m.

Do prostoru čerpací jímky je také přivedeno potrubí DN 32 dodávající vodu do celého hydraulického okruhu. Potrubí je osově vyústěno v úrovni -0,20 m a opatřeno 90° kolenem, které je otočeno směrem dolů. Vpravo vedle nástupního ramene schodiště do 2. nadzemního podlaží je umístěn podomítkový kulový či jiný uzávěr. Přívod vody může být realizován i v jiném místě laboratoře. Z provozního hlediska je však vhodné, aby veškeré obslužné technologie hydraulického okruhu byly soustředěny do jednoho místa.

Akumulační jímka nemá bezpečnostní přeliv ani vypouštěcí uzávěr, kterým by mohla být vypuštěna. Při napouštění je tedy třeba dbát zvýšené pozornosti a plnit jímku do maximální úrovně -0,25 m. Vypuštění jímky bude realizováno vždy řízeným vyčerpáním vody pomocí technologických čerpadel. Voda, která bude pod úrovní oběžných kol čerpadel, bude následně vyčerpána přenosným čerpadlem, které se umístí do sací jímky.

Odpadní voda bude likvidována následujícím způsobem. V místech pod schodištěm vedoucím do 2. NP, kde není dostatečná podchodná výška, se doporučuje zřídit vtok DN 150 do veřejné kanalizace, který bude opatřen těsnícím víčkem. Víčko je možné vždy při vypouštění systému odklopit a zasunout do otvoru hadici DN 50. Je taktéž možné víčko opatřit hadicovou spojkou C52 (tu lze opatřit originální krytkou), na kterou se připojí vypouštěcí hadice. Průtok

připojenou hadicí bude dosahovat cca 5 l/s. Vypouštění maximálního objemu jímky 21 m<sup>3</sup> odpovídá času 70 minut. Na odtokovém potrubí DN 150 může být z kolen realizován sifon.

V prostoru laboratoře se nedoporučuje zřizovat kanalizační podlahové vpusti, jelikož voda v sifonu by vyschla a muselo by se neustále provádět její doplňování. Je však vhodné v několika místech vytvořit podélné drážky zaústěné do malých záchytných jímek nebo do akumulací jímky.

Plocha všech tří částí akumulací jímky, které byly popsány výše v této kapitole, bude zakryta pochozími dostatečně nosnými „slizčkovými“ plechy. Plechy mohou být ze své spodní strany vhodně vyztuženy. Pro zjednodušení jejich zvedání se doporučuje v každém plechu vytvořit kruhový otvor. Předpokládá se, že povrchová úprava bude realizována nátěrem nebo zinkováním. V obou případech je třeba, aby povrchová úprava plechů byla realizována až po provedení instalace veškerých technologických prvků, resp. provedení veškerých prostupů. Konkrétně se jedná o zaústění odpadních potrubí od obou měrných žlabů Ž1 a Ž2 a prostup dvou výtlačných potrubí DN 150 od technologických čerpadel.

## **5.2 Tlakové větve hydraulického okruhu**

Hydraulický okruh tvoří nerezová potrubí světlostí DN 40, DN 50, DN 150 a DN 200. Veškerá potrubí budou provedena z nerezové oceli DIN 1.4301 v souladu s odbornou literaturou [8] [14]. Potrubí bude spojováno svařováním a montážními spoji. Montážní přírubové spoje PN 10 budou realizovány za pomoci točivých ALU přírub (EN 1092-1) s tím, že na konci potrubí budou navařeny lemové kroužky příslušných dimenzí. Kolmé napojení potrubí bude realizováno T-kusy (EN 10253-1), změny průměru potrubí budou provedeny pomocí standardních centrických redukcí (EN 10253-1). Veškeré použité fitinky (kulové ventily, závitová kolena), vyjma nožových šoupátek, budou provedeny v nerezovém provedení DIN 1.4404.

Šroubové spoje, které nebudou trvale pod vodou, budou realizovány pozinkovaným spojovacím materiálem. Každý druhý šroub přírubového spoje bude vybaven z obou stran vějířovou podložkou, zbývající šrouby přírubového spoje budou vybaveny podložkovou plochou.

Uvedené délky potrubí ve všech výkresech je třeba při realizaci dodržet. Při montáži však bude muset být celá řada především přírubových spojů realizována na místě. Z tohoto důvodu a z důvodu stavebních tolerancí je v případech, kdy je brána v úvahu možná délková odchylka, pod příslušnou délkovou kótou uvedena zkratka D.N.S. (doměřit na stavbě).



Potrubí bude na několika místech, naznačených ve výkresové dokumentaci v příloze 3, kotveno chemickými kotvami za pomoci kotevní sady. Ta sestává z nosného prvku s kotvicí deskou a objímkou z pásové oceli příslušné dimenze potrubí. Přesné umístění kotevních prvků bude rozvrženo při realizaci dle montážních možností. V potrubí nenastávají tlakové rázy, očekávané příčné a osově síly v potrubí dosahují jednotek kN. Potrubí tak musí být kotveno především z hlediska zachování jeho dlouhodobé pozice a stability.

Jako uzavírací armatury na hlavních potrubích budou použita ručně ovládaná nožová šoupátka v dimenzích DN 150 (3 ks) a DN 200 (8 ks). Ta zajistí jednoznačné uzavření potrubí a díky jejich způsobu montáže je možné je využít jako koncové uzávěry, bez nutnosti použití protipříruby. Uzávěry se instalují mezi příruby nebo na konec potrubí s jednou přírubou dle pokynů výrobce. Pro montáž je třeba použít vždy 4 ks pozinkovaných šroubů M20 a 8 ks závrtných šroubů shodné dimenze. Na potrubí DN 40 jsou pro uzavření průtoku vody použity nerezové kulové uzávěry.

Pro přesné měření průtoku vody hydraulickým okruhem jsou navrženy ověřené magneticko-indukční průtokoměry v dimenzích DN 150 a DN 40. Průtokoměry jsou instalovány v kompaktním provedení, z důvodu lepší manipulace při demontáži. Průtokoměr dimenze DN 150 má dostatečnou měřicí schopnost v rozsahu (7 – 100) l/s. Při nižších průtocích bude voda dopravována přes obtok DN 40, kde je instalován průtokoměr dimenze DN 40 s měřicí schopností v rozsahu (0 – 12) l/s.

### **5.2.1 Vystrojení čerpací jímky**

V čerpací jímce budou instalována dvě shodná ponorná čerpadla, každé o příkonu 3,1 kW. Další parametry navržených čerpadel jsou:

- připojovací příruba: DN 100;
- dvouadaptivní oběžné kolo:  $D = 178 \text{ mm}$ ;
- jmenovitý proud:  $I = 6,8 \text{ A}$ ;
- otáčky:  $n = 1450 \text{ ot./min}$ ;
- frekvence: 50 Hz.

Výše uvedeným parametrům odpovídá např. čerpadlo Flygt NP 3102 LT 3.

Čerpadla budou uložena pomocí spouštěcího zařízení na výtlačná kolena. Ta musí být fixně ukotvena do správné polohy. Spouštěcí zařízení bude sestávat ze dvou nerezových trubek G 2“, po kterých budou čerpadla spouštěna a automaticky (vlastní vahou) připojena na přírubu

patkového kolene. Každé z čerpadel má hmotnost okolo 120 kg. Jejich montáž a demontáž se očekává pomocí přenosného zdvihacího zařízení o dostatečné nosnosti. Pro správnou instalaci a montáž čerpadel je doporučeno zvolit následující postup:

1. montáž horních držáků vodicích tyčí na nosník typu U 100;
2. instalace patkových kolen – za pomoci olovnice se bude vycházet z polohy horních držáků vodicích tyčí;
3. ukotvení patkových kolen;
4. montáž vodicích tyčí – upravit jejich délku podle dané situace;
5. zapojení čerpadel k přívodu EE a jejich odzkoušení;
6. zajistit správný smysl otáčení;
7. spuštění čerpadel do čerpací jímky.

Na přírubu výtlačného patkového kolene budou umístěny difuzorové přechody z DN 100 na DN 150, následovat budou zpětné klapky s koulí DN 150 v ocelolitinovém provedení. V těchto dimenzích bude provedeno i navazující potrubí výtlačných větví čerpadel. Veškeré šroubové spoje, jež budou realizovány pod hladinou vody v prostoru čerpací jímky, musí být z důvodu degradace materiálu provedeny nerezovým spojovacím materiálem.

Odhadovaná celková kapacita obou pracujících čerpadel s ohledem na velikost celkových mechanických ztrát energie a vybraný připojovací bod může dosahovat až 100 l/s. Podrobné informace jsou uvedeny v příloze 4..

Na obou výtlačných potrubích DN 150 jsou instalovány pod úrovní podlahy (- 0,18 m) vypouštěcí uzávěry, které slouží k vyprázdnění vody, jež se nachází v potrubním systému hydraulického okruhu laboratoře. Současně jsou do difuzorů pod zpětnými klapkami s koulí zaústěna zavzdušňovací (zavodňovací) potrubí. Ta slouží pro přivedení vody k oběžným kolům čerpadel při napouštění vody do akumulární jímky. Tato zavzdušňovací potrubí jsou opatřena kulovými uzávěry, které jsou umístěny nad maximální úrovní hladiny vody v čerpací jínce a taktéž skryty pod úrovní pochozích plechů.

### **5.2.2 Rozvodná potrubí hydraulického okruhu**

Na obě svislá výtlačná potrubí DN 150 vedoucí od čerpadel, navazují 90° kolena, která jsou ukončena točivou přírubou pro montáž nožových šoupátek Š1 a Š2 shodné dimenze. Následují přímé úseky a přechod dimenze z DN 150 na DN 200, který je realizovaný centrickou redukcí. Následně jsou obě příruby zaústěny do spojně předlohy DN 200, jež je umístěna souběžně s jednou ze zdí laboratoře. Je třeba upozornit, že zeď laboratoře není zcela paralelně

vedena s potrubím. Pro orientaci linie trasy potrubí je vhodné se řídit linií přítokového kanálu akumulární jímky.

Předloha je na jednom z konců ukončena zaslepovací přírubou, na kterou je přes navařovací nipl a kulový uzávěr s vypouštěcím ventilkem namontován snímač tlaku.

Na straně druhé navazuje předloha přírubovým spojem na hlavní výtlačné potrubí. Podélná osa tohoto potrubí je na úrovni +0,30 m. Hlavní potrubí je za spojem zredukováno na DN 150 a přírubovými spoji připojeno na magneticko-indukční průtokoměr shodné dimenze. Za průtokoměrem je umístěno nožové šoupě Š3 a potrubí je následně rozšířeno zpět na průměr DN 200, dále se již dimenze potrubí nemění.

Měřicí úsek s průtokoměrem DN 150 neumožňuje měřit nejnižší průtoky, proto je v linii hlavního potrubí tato část vybavena obtokem. Za průtokoměrem DN 150 je provedeno kolmé napojení potrubí DN 50 s montážní přírubou, stejné provedení obtoku je realizováno i na jeho konci. Za přírubou DN 50 následuje koleno a přechod z DN 50 na DN 40, za kterým je přímé potrubí. Na něj navazuje magneticko-indukční průtokoměr DN 40. Za tímto průtokoměrem je instalován T-kus, na jehož obou koncích budou umístěny kulové uzávěry K1 a K2. Na odbočení bude za kulovým ventilem K2 našroubována bajonetová spojka C52. Tento připojovací bod s označením R6 slouží pro napájení malých modelů vodou za pomoci pružné hadice. Současně je za pomoci tohoto připojovacího bodu možné odčerpat převážnou většinu vody z prostoru akumulární jímky, např. pomocí hadice DN 50. Za T-kusem a kulovým uzávěrem K1 následuje redukce 40/50, koleno a montážní příruba DN 50.

V případě měření nižších průtoků uživatel zavře nožové šoupátko Š3 a otevře kulový ventil K1, čímž nasměruje proud vody na magneticko-indukční průtokoměr DN 40. Při měření vyšších průtoků magneticko-indukčním průtokoměrem DN 150 musí být zavřený uzávěr K1 a otevřený uzávěr Š3. Měřicí rozsah obou průtokoměrů je definován výše.

Za rozšířením potrubí zpět na DN 200 je realizováno odbočení vedoucí k připojovacím bodům R1 a R2.

Připojovací bod R1 realizovaný v DN 200 je odbočení, které přivádí vodu do prvního nadzemního podlaží do míst, ve kterých se v současnosti nachází uklidňovací a rozdělovací nádrž. V těchto místech tak může být instalován model, jehož odpad bude zaústěný až do úrovně přízemí laboratoře. Může jít např. o model nádrže s bezpečnostním přelivem a navazujícím skluzem a vývarem.

Za T-odbočením z hlavního potrubí následuje přivařený T-kus. Jedno z odbočení je vyvedeno směrem do prostoru laboratoře a tvoří tak připojovací bod R2. Směrem vzhůru je na konec T-kusu navařeno přímé potrubí, ke kterému je přes točivou přírubu instalováno nožové šoupátko Š4. Za ním potrubí pokračuje směrem vzhůru a následně odbočuje 90° navařeným kolenem ukončeným přírubovým spojem. Následuje přímé potrubí, které je ve výšce 2,98 m ukončeno točivou přírubou. Na ni je možné připojit přítokové potrubí k libovolnému modelu.

Připojovací bod R2 v dimenzi DN 200 je realizován výše popsáním T-kusem při odbočení k připojovacímu bodu R1. Na krátký úsek vedoucí z T-kusu je na točivou přírubu instalováno nožové šoupě Š5 bez protipříruby.

Za párem připojovacích bodů R1 a R2 následuje přímý úsek délky 5,10 m. Následují dvě odbočení k měrným žlabům Ž1 a Ž2. Připojení obou žlabů je popsáno v kapitole 5.2.3.

Za odbočením ke žlabu Ž2 následuje přímé potrubí s navařeným 90° kolenem s vyústěním směrem vzhůru. Na něj je navařen T-kus rozdělující tok vody k připojovacím bodům R3 a R4.

Připojovací bod R4 je realizován tak, že na horní zhlaví T-kusu je navařeno 90° koleno, které je opatřeno točivou přírubou pro instalaci nožového šoupátka Š10. Na vrcholu kolene, těsně před připojením nožového šoupátka, bude zřízeno odvětrání hydraulického okruhu. To bude realizováno navařeným 1" (25,4 mm) niple a kulovým nerezovým uzávěrem shodné dimenze DN 25.

Připojovací bod R3, který odvádí vodu ven směrem z laboratoře je napojen na T-kus přímým úsekem, který je přírubovým spojem spojen s nožovým šoupátkem Š11. To je instalováno v prostoru laboratoře. Následně je potrubí vyvedeno skrz zeď směrem ven z laboratoře. Potrubí je ukončeno pod fasádou a skryto v montážní skříni. Aby bylo možné se na potrubí bez větších problémů připojit pouze z venkovní strany, musí být montážní příruba na jeho konci speciálně upravena. Tato příruba bude vytvořena z navařovací nerezové příruby PN 10 vhodné pro potrubí (204 x 2) mm, která bude napevno přivařena na potrubí DN 200. Z rubu této příruby, při pohledu z venkovního prostoru, budou na díry pro šrouby navařeny nerezové (navarovací) matice M20. Ty tak umožní jednoduchou montáž navazujícího potrubí pouze za pomoci šroubů utahovaných z vnější venkovní strany.

V době realizace prostupu potrubí skrz zeď je třeba ve zdi nechat připravený montážní otvor o velikosti (0,50 x 0,50) m, který bude následně po montáži potrubí zazděn a v okolí potrubí opatřen montážní pěnou. Dolní hrana otvoru bude realizována v úrovni 0,530 m.

Alternativně je taktéž možné připravený otvor ponechat takto upravený a využít ho k prostupu menších hadic či kabelů, vedoucích k měřicí technice instalované ve venkovním prostředí.

### **5.2.3 Připojení hydraulických měrných žlabů Ž1 a Ž2**

Žlab Ž1 je připojen tak, že z hlavního potrubí je realizováno kolmé odbočení s krátkým přímým úsekem, jenž je ukončen točivou přírubou, na kterou se instaluje nožové šoupátko Š6 s přímo navazujícím pryžovým kompenzátorem shodné dimenze DN 200. Za kompenzátorem následuje přírubově připojené 90° koleno s vyústěním směrem vzhůru a krátkým přímým úsekem opatřeným točivou přírubou. Ta bude upevněna na přítokovou nádrž měrného žlabu, která musí být ve dně opatřena navařenými šrouby pro přírubu DN 200 – rozteč 8 ks šroubů M20x60 musí být 0,295 m.

Žlab Ž2 je připojen podobně jako Ž1 tak, že z hlavního potrubí je realizováno kolmé odbočení s krátkým přímým úsekem, jenž je ukončen točivou přírubou, na kterou se instaluje nožové šoupátko Š7 s přímo navazujícím pryžovým kompenzátorem shodné dimenze DN 200. Za kompenzátorem následuje přírubově připojené 90° koleno s vyústěním směrem vzhůru, na nějž navazuje T-kus, který je ve směru toku vody do měrného žlabu ukončen točivou přírubou. Na tu je instalováno nožové šoupátko Š9 a krátký přímý úsek opatřený točivou přírubou. Tato bude upevněna na přítokovou nádrž k měrnému žlabu, která musí být ve dně opatřena navařenými šrouby pro přírubu DN 200 – rozteč 8 ks šroubů M20x60 musí být 0,295 m. V místě T-kusu je možné odbočit v prostoru pod přítokovou nádrží měrného žlabu vodorovným potrubím v úrovni 0,78 m přímým úsekem. Ten bude ukončen točivou přírubou a nožovým šoupátkem Š8. Toto odbočení reprezentuje připojovací bod R5. Tento připojovací bod slouží pro napájení vodou libovolného modelu v prostoru laboratoře a současně při uzavření nožového šoupátka Š7 a uzávěru S1 umožní čerpat vodu z prostoru „špinavé“ jímky do měrného žlabu Ž2. Díky tomu bude moct být při pokusech s pohyblivým dnovým materiálem vytvořen menší recirkulační okruh.

Instalace odbočení ke žlabům Ž1 a Ž2 musí být realizováno v době, kdy budou tyto měrné žlaby pevně nainstalovány do prostoru laboratoře. V případě, že tomu tak nebude a rozvodná potrubí se budou realizovat dříve, je doporučeno odbočení ke žlabům ukončit za pryžovými kompenzátory a vyčkat, dokud nedojde k instalaci měrných žlabů.

Odpadní potrubí od obou měrných žlabů Ž1, Ž2 bude součástí dodávky žlabu, která není předloženou diplomovou prací řešena.

### 5.3 Elektrotechnologické vybavení hydraulického okruhu

Pro řízení, ovládání a sběr údajů při praktických měřeních na hydraulickém okruhu je potřeba příslušné elektrotechnologické vybavení systému. Podrobný popis ovládání, řízení a provoz hydraulického okruhu je součástí dokumentace elektrotechnologické části hydraulického okruhu, která byla zpracována v rámci [13]. Pro představu je níže uvedena souhrnná tabulka elektrotechnologických prvků – spotřebičů a měřicích okruhů.

*Tab. 1 Přehled elektrotechnologických prvků*

Ozn.	Příkon (kW)	Technické údaje	Popis	Umístění
M1	3,1	3x400 V, 3,1 kW Čerpadlo ponorné	Ponorné čerpadlo s tepelnou ochranou ve vinutí a čidlem průsaku	Sací jímka čerpadel akumulární nádrže
M2	3,1	3x400 V, 3,1 kW Čerpadlo ponorné	Ponorné čerpadlo s tepelnou ochranou ve vinutí a čidlem průsaku	Sací jímka čerpadel akumulární nádrže
FIQ01	0,01	230V, DN 150	Indukční průtokoměr	Výtlačné potrubí
FIQ02	0,01	230V, DN 40	Indukční průtokoměr	Výtlačné potrubí – obtok
FIQ03	0,01	230V	Průtokoměr s UZV snímačem hladiny	Uklidňovací a měřicí nádrž před žlabem - Ž2
Z1	0,05	24V	Zobrazovací panel průtoků FIQ01 a FIQ02 (v laboratoři) – l/s	Na stěně haly laboratoře
Z2	0,05	24V	Zobrazovací panel průtoků (na díle) – m <sup>3</sup> /s	Na stěně haly laboratoře
Z3	0,05	24V	Zobrazovací panel průtoků FICQ03 (v laboratoři) – l/s	Na stěně haly laboratoře

Pod schodištěm do 2. NP bude na stěnu instalován jednodveřový skříňový rozváděč výšky 1,00 m, šířky 0,80 m a hloubky 0,40 m. Na dveřích rozváděče bude instalován dotykový 9“ displej, jenž bude připojen k řídicímu systému hydraulického okruhu. Ten bude sloužit pro zobrazení měřených dat a intuitivní ovládání hydraulického okruhu. Pro vzdálené ovládání řídicího systému skrze vizualizaci je třeba zajistit připojení rozváděče k ethernetové síti. Způsob vizualizace technologie na displeji je popsán v příloze 6. Ve skříňovém rozváděči budou instalovány vedle nezbytných elektrických prvků dva měniče frekvence, které budou sloužit pro řízení otáček motorů M1 a M2 čerpadel. Pomocí těchto měničů frekvence bude možné nastavit v celém provozním rozsahu průtoků hydraulickým okruhem jeho požadovanou hodnotu.

Tab. 2 Přehled měřených veličin a měřicích zařízení

Měřicí okruh	Měřená veličina	Měřicí zařízení Rozsah měření	Elektrický výstup
FIQ01	Průtok vody DN 150	Indukční průtokoměr DN 150 (0-100) l/s	(4-20) mA 0/1
FIQ02	Průtok vody DN 40	Indukční průtokoměr DN 40 (0-10) l/s	(4-20) mA 0/1
FIQ03	Průtok na přelivu před měrným žlabem Ž2	Dvoukanálový průtokoměr s ultrazvukovým snímačem hladiny 2 x (0-0,5) m; 1 x (0-80) l/s	(4-20) mA
LI04	Hladina H1 ve žlabu Ž2		(4-20) mA
LI05	Hladina H2 ve žlabu Ž1 na začátku	Dvoukanálový hladinoměr s ultrazvukovými snímači 2 x (0-0,5) m	(4-20) mA
LI06	Hladina H3 ve žlabu Ž1 na konci		(4-20) mA
LIC 07	Snímač zaplavení na začátku žlabu Ž2	Plovákový spínač 0/1	0/1
LIC 08	Snímač zaplavení na začátku žlabu Ž1	Plovákový spínač 0/1	0/1
LI09	Hladina H4 v laboratoři	Dvoukanálový hladinoměr s ultrazvukovými snímači 2 x (0-1,0) m	(4-20) mA
LI10	Hladina H5 v laboratoři		(4-20) mA
LI11	Hladina H6 v laboratoři	Dvoukanálový hladinoměr s ultrazvukovými snímači 2 x (0-2,0) m	(4-20) mA
LI12	Hladina H7 v laboratoři		(4-20) mA
LIC13	Hladina H8 v čerpací jímce	Tenzometrický ponorný snímač (0-1,5) m	(4-20) mA
PI14	Tlak na výtlaku za čerpadly	Tlakový snímač (0-2) bar	(4-20) mA
TI15	Teplota vody v akumulační nádrži	Snímač teploty (0-50) °C	(4-20) mA
TI16	Teplota v laboratoři	Snímač teploty (0-50) °C	(4-20) mA

Skříňový rozváděč bude připojen k rozvodu EE spodem vyvedením kabelu v místě instalace ve výšce asi 0,40 m. Připojení veškerých měřicích okruhů do rozváděče bude provedeno shora s tím, že rozvody EE a MaR budou vedeny pomocí kabelových košů, zobrazených v příloze 3, v úrovni 2,30 m nad linií potrubí hydraulického okruhu. Pro připojení elektro-kabelů čerpadel do rozvodné skříně a přivedení signálu o teplotě a hloubce vody

v čerpací jímce budou do podlahy mezi jímku a rozvodnou skříň uloženy tři plastové chráničky DN 63 (např. KOPOFLEX). Ty budou vyvedeny v podlaze pod místem instalace rozváděče.

Pro vizualizaci hodnot měřených průtoků budou na stěně laboratoře instalovány tři zobrazovací panely Z1 až Z3 s digitálními displeji.

V prostoru laboratoře bude současně měřena celá řada neelektrických veličin, které budou zobrazovány na displeji rozváděče a průběžně ukládány do paměti řídicího systému. Přehled všech měřicích okruhů je patrný z tabulky 2. Značení okruhů je ve shodě s elektrotechnologickým schématem hydraulického okruhu, který je součástí přílohy 5.

## **6 PROVOZ HYDRAULICKÉHO OKRUHU**

Způsob provozu hydraulického okruhu je předpokládán v poloautomatickém režimu, kdy uživatel bude muset manuálně otevřít, případně uzavřít příslušné uzavěry. Popis možností čerpání vody do okruhu je řešen v příloze 4 této diplomové práce. Provoz musí být ve smyslu provozního a manipulačního řadu, jenž bude zpracován před spuštěním hydraulického okruhu.

## **7 DOPORUČENÝ POSTUP PROVÁDĚNÍ PRACÍ**

Před začátkem instalace veškerých strojních a elektrotechnologických prvků je třeba zajistit plnou stavební připravenost, ve smyslu příslušné projektové dokumentace stavební části. Bude zřízena a komplexně stavebně vystrojena čerpací jímka, včetně instalovaného nosníku U100. Akumulační jímka bude opatřena pochozími plechy. V rohu laboratoře pod schodištěm nad podlahou bude přiveden vývod EE, včetně vyvedení hlavního pospojování. Vedle jímky bude zřízen odpad pro její vypuštění. Dále bude realizováno připojení jímky na vodovodní řad. Podlaha laboratoře musí mít finální úpravu, stěny laboratoře musí být opatřeny konečnými nátěry. V místě prostupu potrubí skrz zeď bude připraven montážní otvor. Montáž jednotlivých prvků hydraulického žlabu bude provedena následně.

- Do prostoru laboratoře budou nastěhovány žlaby Ž1 a Ž2. Žlaby budou smontovány a ukotveny na své pozice, které jsou vyznačeny ve výkresové dokumentaci v příloze 3 předložené diplomové práce. V případě, že v době montáže potrubí nebudou měrné žlaby namontovány, je třeba postupovat dle návodu z kapitoly 5.2.2 této zprávy.
- Po instalaci obou měrných žlabů bude provedena montáž rozvodných potrubí včetně všech armatur a tvarovek. Montáž proběhne postupně od čerpací jímky až po přírubu vedoucí ven skrz zeď. Předpokládá se, že většina prvků bude svařena dílensky (od příruby k přírubě)



a na místě bude provedena pouze jejich montáž, případně „dopasování“ na příslušné pozice a ukotvení potrubí.

- Následně bude instalován rozváděč, budou provedeny veškeré silnoproudé a slaboproudé rozvody za pomoci kabelových košů a krycích lišt. Dojde ke spuštění veškerých elektrotechnologických prvků, ověří se správný směr otáčení čerpadel.
- Dojde k napuštění vody do čerpací jímky (zkouška vodotěsnosti jímky je součástí stavební dodávky) a provede se zkouška těsnosti spojů potrubí jeho natlakováním.
- Instaluje se zkušební verze řídicího systému hydraulického okruhu a zahájí se jeho odladění; toto je možné pouze v případě, že minimálně jedním připojovacím bodem R1-R5 včetně bodu R6 bude moci proudit voda. To lze zajistit přenosnou hadicí s připojovací přírubou DN 200, která bude připojena dočasně např. k bodu R2 a zaústěna do akumulární jímky.
- Hydraulický okruh bude uveden ve smyslu provozního řádu do zkušební provozu.

## **8 BOURACÍ A STAVEBNÍ PRÁCE**

Bourací a stavební práce jsou součástí projektové dokumentace stavební části a nejsou řešeny v předložené diplomové práci. Před jejich zahájením je žádoucí všechny detaily řešit v návaznosti na strojní a elektrotechnologické prvky.

## **9 ZÁVĚR**

Provoz technologického zařízení hydraulického okruhu a obou měrných žlabů se bude řídit manipulačním a provozním řádem. Ten musí být k dispozici před samotným zahájením provozu a musí být zpracován v souladu s původním záměrem. Provozní řád bude obsahovat jak provozní pokyny pro normální provoz, tak předpokládané poruchy a opravy. Dále musí být popsán způsob obsluhy při prvním spuštění, způsob údržby, revize atd. Obsluha hydraulického okruhu pak musí být s tímto řádem řádně instruována a seznámena.

Všechny stavební a konstrukční práce musí být provedeny v souladu se stavebními předpisy platnými v EU a Slovenské republice.

Je nutno řídit se pokyny, požadavky a technickými předpisy výrobců a dodavatelů jednotlivých materiálů, výrobků a systémů.

Zajištění bezpečnosti práce je dáno dodržáním veškerých předpisů, nařízení a pravidel BOZP při projektové činnosti a provádění stavby. Při vlastním provádění stavby je bezpodmínečně nutné dodržovat bezpečnostní předpisy a související normy, které svým smyslem odpovídají charakteru prováděných prací podle tohoto projektu.