

UNIVERZITA PARDUBICE

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A
INFORMATIKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2024

Zdeněk Kraus

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Řídicí systém bazénu
Bakalářská práce

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Zdeněk Kraus**
Osobní číslo: **I21051**
Studijní program: **B0714A150008 Automatizace**
Téma práce: **Řídicí systém bazénu**
Zadávající katedra: **Katedra řízení procesů**

Zásady pro vypracování

Cíl práce: Cílem práce je navrhnout a na modelu zařízení aplikovat řídicí systém bazénu se slunečním kolektorem.

Obsah teoretické části: Student provede rešerši problematiky řízení bazénů se slunečním kolektorem, filtrací, řízením hladiny a teploty.

Obsah praktické části: Student navrhne architekturu systému, měřicí a akční členy včetně řídicích algoritmů. Pro ověření návrhu vytvoří fyzický model bazénu, kde bude ovládat čerpadlo a ventily a měřit průtok okruhem čerpadla, horní a spodní hladinu vody v bazénu, teplotu vody v bazénu a teplotu vody ve slunečním kolektoru. Jako řídicí systém použije PLC. Systém bude možné ovládat ručně a také pomocí programu na počítači.

Rozsah pracovní zprávy: **50**
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

ŠMEJKAL, Ladislav a MARTINÁSKOVÁ, Marie. PLC a automatizace. Praha: BEN – technická literatura, 1999. ISBN 80-86056-58-9.

ŠMEJKAL, Ladislav. PLC a automatizace. Praha: BEN – technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-087-3.

MARTINÁSKOVÁ, Marie. Programovací jazyky pro PLC. Automatizace, ročník 47, číslo 6, 2004.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Daniel Honc, Ph.D.**
Katedra řízení procesů

Datum zadání bakalářské práce: **15. prosince 2023**
Termín odevzdání bakalářské práce: **10. května 2024**

Ing. Zdeněk Němec, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

Ing. Daniel Honc, Ph.D. v.r.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 12. ledna 2024

Prohlašuji:

Práci s názvem Řídicí systém bazénu jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Třeběchovicích pod Orebem dne 10. 04. 2024

Zdeněk Kraus v.r.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce *Ing. Danielu Honcovi, Ph.D.* za podnětné rady, metodickou a odbornou pomoc při zpracování mé práce.

ANOTACE

Práce se zabývá řídicím systémem bazénu. Řídicí systém bude tvořen PLC. V rámci realizace vytvoříme fyzický model bazénu, na kterém názorně ukážeme řízení. Model bude disponovat simulátorem slunečního kolektoru, kde se bude vlastní ohřev simulovat vyhříváním řízeným z PLC. Kontrola teploty bude prováděna pomocí teploměrů, a to jak v modelu bazénu, tak i v simulátoru slunečního kolektoru. V modelu bazénu bude ochrana proti odpaření vody nebo přetečení; tu zajistí hladinoměry.

KLÍČOVÁ SLOVA

Řídicí systém, Bazén, PLC, Automatizace bazénu, Vodní čerpadlo, Teploměr, Model bazénu, Sluneční kolektor, Automatizace, Kontrola hladiny

ANNOTATION

This work deals with a control system of a pool. The control system will be made using a PLC. For the visualization of the control system, a physical model of the pool will be made. The model will have a simulated sun collector to heat the water. Temperature control will be made using temperature sensors in the model pool and the simulated sun collector. Level gauges will be used, in order to prevent overflow or evaporation of water.

KEYWORDS

Control system, Pool, PLC, Pool automation, Water pump, Temperature sensor, Pool model, Solar collector, Automation, Level control

OBSAH

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK	10
SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK.....	11
ÚVOD.....	12
1. TEORETICKÁ ČÁST	13
1.1 Řízení	13
1.2 Systémy	14
1.3 Programovatelný logický automat	14
1.3.1 Programovací jazyky PLC	15
1.4 Druhy bazénů.....	18
1.5 Druhy úpravy vody v bazénech	18
1.5.1 Druhy filtrací bazénů.....	20
1.5.2 Čerpadlo pro bazén.....	20
1.6 Druhy ohřevu bazénů	21
1.6.1 Elektrický ohřev	21
1.6.2 Tepelné čerpadlo	21
1.6.3 Solární kolektor.....	22
1.7 Komponenty bazénu	24
1.8 Druhy řídicích systémů	24
1.9 Senzory pro řízení bazénu	26
1.9.1 Měření teploty	26
1.9.2 Kontrola hladiny	27
1.10 Druhy komunikací v PLC	27
1.10.1 RS-232.....	28
1.10.2 RS-485.....	28
1.11 Druhy protokolů použitých v práci.....	28
1.11.1 SPINEL.....	28
1.11.2 MODBUS	29
2. PRAKTICKÁ ČÁST	30
2.1 Blokové schéma řídicího systému	31

2.2	Technologické schéma systému	32
2.3	Rozvaděč pro řídicí systém	32
2.3.1	Návrh umístění komponent na desku rozvaděče	32
2.3.2	Návrh a realizace ručního panelu.....	33
2.3.3	Návrh a realizace připojení prvků k rozvaděči	34
2.4	Výroba modelu bazénu	34
2.4.1	Výběr komponent pro řídicí systém modelu bazénu.....	34
2.5	Výroba simulátoru slunečního kolektoru	38
2.5.1	Simulace ohřevu sluncem.....	38
2.6	Vodní schéma	39
2.7	Podstavec pro komponenty	40
2.8	Program PLC.....	41
2.8.1	Volání procedur.....	41
2.8.2	Algoritmus výběru režimu.....	42
2.8.3	Algoritmus simulace ohřevu slunečního kolektoru.....	44
2.8.4	Algoritmus kontroly hladiny.....	45
2.8.5	Algoritmus ovládání slunečního kolektoru.....	46
2.8.6	Komunikace s teploměry	47
2.9	Řídicí aplikace	47
2.9.1	Návod k řídicí aplikaci	48
	ZÁVĚR.....	50
	POUŽITÁ LITERATURA	51
	SEZNAM OBRÁZKŮ	53
	SEZNAM PŘÍLOH.....	54

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Obrázek 1 - Ukázka programu ovladače světla jazykem ST	16
Obrázek 2 - Ukázka programu v FBD.....	17
Obrázek 3 - Ukázka Příčkového diagramu.....	17
Obrázek 4 - Podzemní bazén se zastřešením (Kopané bazény, 2024)	18
Obrázek 5 - pH stupnice (Hodnoty pH, 2024).....	19
Obrázek 6 - Elektrický ohřev (Topení EOV-3)	21
Obrázek 7 - Typy tepelných čerpadel (Schéma tepelných čerpadel, 2024)	22
Obrázek 8 - Řídicí jednotka VArio F1 (Automatické ovládání pro filtraci - F1, 2024)	25
Obrázek 9 - Inteligentní řídicí systém ARM POOL (APM POOL, 2024).....	26
Obrázek 10 - Rozdíl v datové zprávě Modbus RTU a Modbus TCP (INTRODUCTION TO MODBUS TCP/IP, 2005).....	29
Obrázek 11 - Blokové schéma systému.....	31
Obrázek 12 - Technologické schéma systému.....	32
Obrázek 13 - Vizualizace umístění komponentů na kovovou desku rozvaděče.....	33
Obrázek 14 - Vizualizace ručního panelu na dvířkách rozvaděče	34
Obrázek 15 - Vodní schéma systému	39
Obrázek 16 - Technický náčrt desky	40
Obrázek 17 - Realizace umístění komponentů	40
Obrázek 18 - Inicializační část programu PLC.....	41
Obrázek 19 - Volání procedur.....	41
Obrázek 20 - Část programu pro ovládání kontrol na ručním panelu	42
Obrázek 21 – Procedura volby režimu chodu systému	43
Obrázek 22 - Procedura pro simulaci ohřevu	44
Obrázek 23 - Kontrola hladiny	45
Obrázek 24 - Program pro řízení kolektoru.....	46
Obrázek 25 - Informační část aplikace.....	48
Obrázek 26 - Režim řízení přes PC.....	48
Obrázek 27 - Řídicí aplikace	49

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

PLC – Programmable logic controller

HMI – Human machine interface

LD – Ladder diagram

pH – Vodíkový exponent

UV – Ultra Violet

TČ – Tepelné čerpadlo

FVE – Fotovoltaická elektrárna

ÚVOD

Tato práce byla věnována problematice návrhu řídicího systému bazénu. Řídicí systém bazénu je hlavním prvkem pro řízení a optimalizaci provozu bazénu. Každý řídicí systém má své charakteristické vlastnosti, výhody a nevýhody. Pro správný výběr systému je potřeba předem znát požadované vlastnosti na řízení bazénu. Těmito vlastnostmi jsou např. velikost bazénu, požadavky na automatizaci a možné vzdálené ovládání. Požadavky na automatizaci mohou být různé kontroly stavu bazénu, jako je velikost hladiny v bazénu, kontrola teploty apod. V této práci bude návrh vhodného řídicího systému bazénu. Pro praktickou ukázkou budeme tento řídicí systém realizovat na fyzickém modelu bazénu. Model bude ovládaný podobně jako bazén skutečné velikosti.

Na trhu je mnoho dostupných systémů pro řízení bazénů; ty se dělí na jednoduché a chytré. Jednoduché řízení se skládá ze samostatného ovládání filtrace a čerpadla. V tomto případě řídí chod čerpadla a filtrace časově spínané relé v uživatelsky daném čase. Jeho velkou nevýhodou je absence kontroly stavu bazénu, jako např. kontrola teploty a kontrola hladiny. V praxi si proto uživatel musí vždy dojít k bazénu a tyto parametry ručně nastavit. Chytré řízení se může skládat z několika funkčních do sebe daných bloků, kde jsou chod čerpadel a filtrace a kontrola hladiny a teploty řízeny jedním regulačním systémem. U nich se integruje možnost nastavení teploty, času filtrace a dopouštění vody pomocí počítače nebo mobilního telefonu; není zde nutné jít přímo k řídicímu systému bazénu pro provedení změn. Toto řízení má značnou výhodu v nastavitelnosti a jednoduchosti ovládání pro koncového uživatele.

Návrh řídicího systému bazénu v této práci bude přínosem pro nové znalosti ohledně programování HMI aplikací a aplikací pro PLC. Práce se bude zabývat návrhem chytrého řídicího systému.

Cílem této práce bude navrhnout řídicí systém bazénu a ten aplikovat na fyzický model zařízení. Bazén bude obsahovat simulaci slunečního kolektoru pro ohřev vody, ventily pro řízení směru, kontrolu průtoku bazénem a kontrolu hladiny. Tento systém bude ovladatelný automaticky, ručně, anebo pomocí ovládacího programu pro počítač.

1. TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Řízení

Tato bakalářská práce se bude zabývat nejzákladnějším úkolem automatizace, kterým je řízení. Je to předem cílené působení na řízený systém takovým způsobem, aby se dosáhlo předem stanovaného cíle. (Švarc, 2002)

Řízení se dá rozlišit podle metody na ruční nebo automatické. V ručním řízení je role člověka jako operátora, který se stává regulačním prvkem. Automatické řízení se dělí na přímé a nepřímé. Přímé funguje na principu řídicího systému bez přívodu energie. Nepřímé řízení je dnes nejrozšířenější formou; probíhá s přívodem energie. (Švarc, 2002)

Automatické řízení je možné vytvořit mnoha způsoby, které se odlišují způsobem ovlivnění řídicího systému na řízený systém. Existuje logické, spojitě, diskrétní a fuzzy. Logické řízení probíhá pomocí dvou hodnot: 1 a 0. Mají podobnost s proměnnými výrokové logiky. Vztahy mezi proměnnými jsou logické funkce; řídicí obvody v tomto řízení jsou logické obvody. Spojité řízení nastavuje akční zásah kontinuálně, čímž tvoří vazbu mezi vstupy a výstupy. Všechny veličiny jsou spojitě proměnné v čase; nemůžou nabývat dvou hodnot nebo diskrétní hodnoty. (Švarc, 2002)

Diskrétní řízení využívá počítače jako regulátoru. Dříve se jimi řídili i spojitě systémy, které byly diskrétně měřeny. Pro počítač, který nedokáže používat spojitý signál se využije převodu signálu spojitěho na signál diskrétní. Ten bude zaznamenán v přesném časovém sledu danou vzorkovací periodou převodníku. Mezi dobou, kdy nevzorkuje signál není spojitá regulovaná veličina měřena a akční veličina není převáděna na spojitý signál. Perioda vzorkování se zmenšuje podle rychlosti řízeného procesu. Na programovatelném logickém automatu se může realizovat logické a diskrétní řízení. Pokud dosáhne velmi malé vzorkovací periody, lze diskrétní řízení zrychlit na podobnou úroveň spojitěho řízení. (Švarc, 2002)

Podle dalšího kritéria lze rozlišit řízení podle toho, jestli probíhá se zpětnou vazbou. Dělí se na ovládání, regulaci a vyšší formy řízení. Toto ovládání je nejjednodušší formou řízení, právě díky absenci zpětné vazby. Na rozdíl od ovládání má regulace už zavedenou zpětnou vazbu. Regulace udržuje předem žádanou veličinu na konstantní hodnotě. Během tohoto procesu se tato hodnota stále kontroluje a srovnává s žádanou hodnotou. Vyšší formy řízení jsou optimální, adaptivní, učící a řízení s umělou inteligencí. Optimální řízení je formou řízení, která se snaží co nejvíce optimalizovat dosažení žádaných vlastností. Příkladem může být řízení, kde se dosáhne maximální účinnosti při nejmenší spotřebě energie. Adaptivní řízení

umožňuje systému měnit svou strukturu a parametry pro optimální průběh procesu řízení i při změnách parametrů řízeného systému. Učí se systém si uchovávat informace v paměti a využívá je opakovaně v podobných situacích jako získané zkušenosti. Nejsložitější a nejvyšší formou řízení je řízení systému s umělou inteligencí, která umožňuje systému rozpoznávat a analyzovat objekty a jevy, dělat rozhodnutí a předvídat jejich dopady do budoucnosti; také řeší aktuální problémy a zároveň se zdokonaluje. (Švarc, 2002)

1.2 Systémy

„Systém“ je v oboru automatizace snad nejčastěji používané slovo, které může nabývat mnoho významů a souvislostí. Může se jednat o celý řídicí systém uložený na jednom místě, nebo po určitém pracovním prostoru rozděleném do podsystémů. Jako systémy lze chápat i programové produkty, vizualizace pomocí HMI, matematické systémy simulované v prostředí Matlab a Simulink a návrháře CAD. (Šmejkal, 2005)

V této práci se jedná o ucelený soubor prvků, modulů a podsystémů. Ty se používají k řízení daného objektu – v tomto případě bazénu. Tyto prvky mohou být umístěny na jednom místě, například ve společném rozvaděči. Řídicí systém bude mít význam jednotného komplexního celku tvořeného PLC, jeho potřebnými napájecími komponenty, připojením senzorů, akčními členy, pohony, kompletní kabelovou instalací, naprogramováním řídicího PLC a HMI panelem nebo aplikací pro operátora. Poslední prvek funguje jako lidský dozor řídicích prvků a může vykonávat diagnostiku systému.

1.3 Programovatelný logický automat

Programovatelný automat je řídicí systém, který je navržen tak, aby mohl být uživatelem programován, a je přizpůsoben pro řízení průmyslových a technologických procesů. Tento systém je často specializován na úlohy, které jsou převážně logické. V anglické literatuře se označuje jako PLC (Programmable Logic Controller). (Šmejkal, 1999)

Ve své podstatě je PLC malý kompaktní „počítač“. Dlouhodobě spadá k základům automatického měření a regulace aplikací a procesů. Tento řídicí systém lze spolehlivě použít v náročných průmyslových podmínkách, jako jsou prašná, suchá a vlhká prostředí.

Programovatelný logický automat je specializovaná forma počítačového řídicího systému obsahujícího mikroprocesor. Ten nepřetržitě sleduje stav na vstupních perifériích a pomocí námi napsaného algoritmu se stará o obsluhu řízení výstupních periférií.

Algoritmus programu PLC je přesně daná posloupnost instrukcí a příkazů vybraného jazyka. Uživatelský program musí být cyklicky vykonáván, jinak by proces proběhl pouze jednou. PLC pomocí svého systémového programu bez zásahu obsluhy cyklicky opakuje kód; dlouhé setrvání programu ve smyčce se bere jako hrubá chyba. Když se PLC dostane na poslední příkaz instrukce v programu, tak předá řízení systémovému programu, který umožní cyklovat program. Tento program zahájí úkon aktualizace hodnot výstupů a vstupů; uložené hodnoty v paměti (registru) přepíše do registrů výstupních periférií a aktuální hodnoty vstupů při průběhu systémového programu si uloží do registrů vstupů. Dále provede ošetření komunikace a ostatní režijní úkony. Po provedení systémového programu vrátí řízení zpět na uživatelský program. (Šmejkal, 1999)

PLC se skládá z podobných periférií jako osobní počítač. PLC obsahuje centrální procesovou jednotku (CPU), vstupy a výstupy (I/O), paměť operační, paměť programu a operační systém. CPU na základě stavu vstupů ovládá výstupy tak, aby byla nejmenší odchylka od žádaného stavu celého systému.

Vstupy a výstupy na PLC mohou být analogové i digitální. V praxi se častěji vyskytují digitální vstupy a výstupy, zatímco analogové vstupy a výstupy lze nalézt pouze v menším počtu.

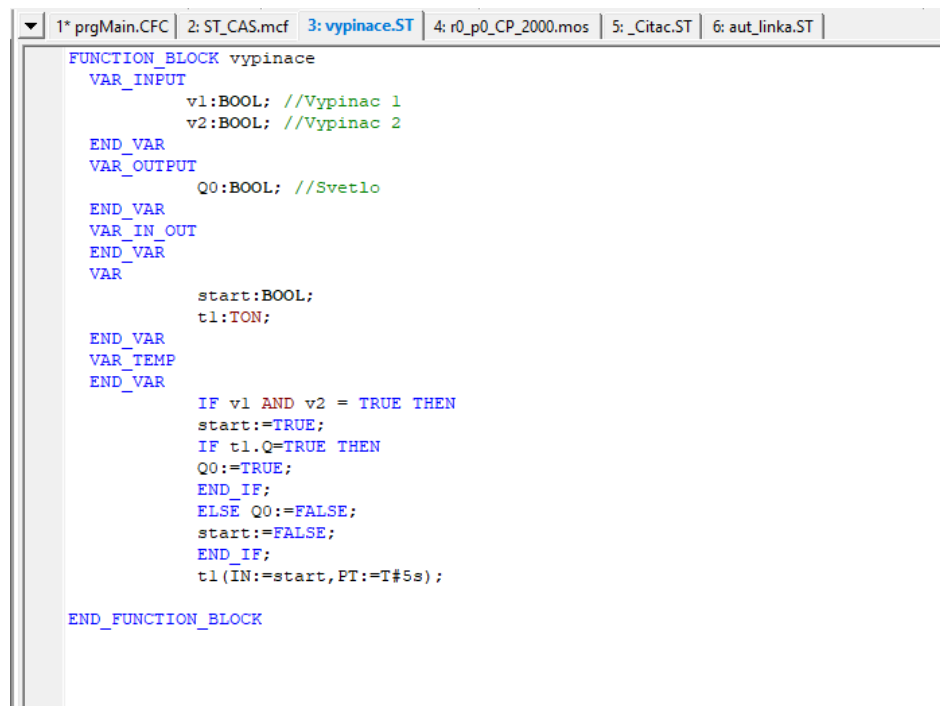
PLC se dělí na kompaktní a modulární. Kompaktní PLC je tvořen jedním modulem, ve kterém je integrován CPU a určitý počet vstupů a výstupů, které určí výrobce. Tyto kompaktní PLC jsou vhodné pro jednoduché řídicí systémy, které nemají vysoké nároky na počty vstupů a výstupů, dalších speciálních jednotek a komunikačních modulů. Modulární PLC se hodí pro náročné aplikace, kde je potřeba dostatek operační paměti pro velký počet instrukcí a vysoký počet vstupů a výstupů. Další vlastností modulárních PLC je možnost připojit různé přídatné moduly, které umožňují komunikaci různými protokoly a měření analogové hodnoty. Mohou také obsahovat sériovou linku, Bluetooth, anebo karty pro připojení HMI modulu.

1.3.1 Programovací jazyky PLC

Prvotně se PLC programovaly pomocí jednoduchého jazyku kontaktních (reléových) schémat. Tento jazyk byl jednoduchý, proto se díky tomu začaly PLC rozšiřovat do všech oblastí průmyslu. Postupně vznikaly i nové typy programovacích jazyků, které si vytvořili výrobci. Kvůli tomu se uživatelům zhoršovala možnost přechodu na jiný systém od jiného výrobce. Tento problém v nepřehlednosti mezi výrobci vyřešila mezinárodní norma IEC EN 61131-3. (Martinásková, 2004)

Dnes se programovací jazyky PLC dělí podle normy IEC EN 61131-3. Tato norma přesně definuje pět programovacích jazyků s danou sémantikou a syntaxí: LD, FBD, IL, SFC a ST. V dnešní době se jazyk IL – jazyk seznamu instrukcí – nepoužívá; v poslední třetí edici normy byl vyřazen. Kromě těchto jazyků může výrobce umožnit další programovací jazyky vlastní tvorby, které nejsou v normě obsaženy. (Martinásková, 2004)

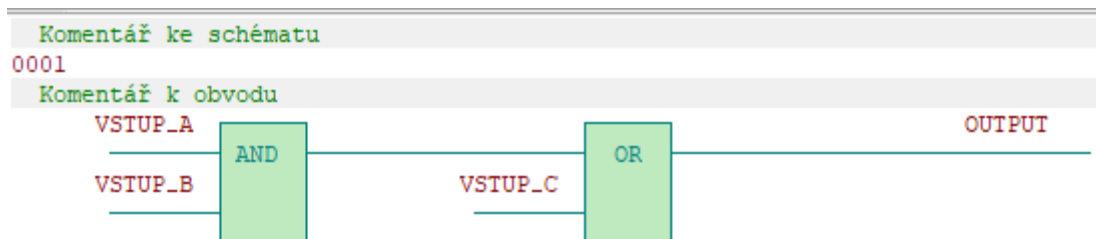
Jazyk strukturovaného textu je vyšší programovací jazyk, který má základ v programovacích jazycích PASCAL a C. Je vhodný pro práci s daty, řetězci a databázemi. Také se hodí pro složitější algoritmy, kde je potřeba přesné časování a chod programu. (Martinásková, 2004)



```
FUNCTION_BLOCK vypinace
  VAR_INPUT
    v1:BOOL; //Vypinac 1
    v2:BOOL; //Vypinac 2
  END_VAR
  VAR_OUTPUT
    Q0:BOOL; //Svetlo
  END_VAR
  VAR_IN_OUT
  END_VAR
  VAR
    start:BOOL;
    t1:TON;
  END_VAR
  VAR_TEMP
  END_VAR
  IF v1 AND v2 = TRUE THEN
    start:=TRUE;
    IF t1.Q=TRUE THEN
      Q0:=TRUE;
    END_IF;
  ELSE Q0:=FALSE;
    start:=FALSE;
  END_IF;
  t1(IN:=start,PT:=T#5s);
END_FUNCTION_BLOCK
```

Obrázek 1 - Ukázka programu ovladače světla jazykem ST

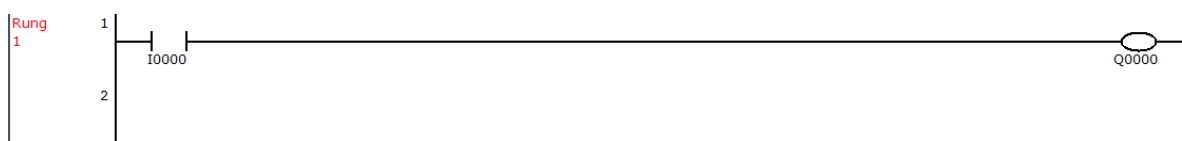
FBD programovací jazyk je grafický. Tvoří ho funkční blokové schéma, kde je program souborem vzájemně propojených grafických bloků. Jsou zde standardní funkční bloky pro logické funkce, čítače, časovače, komunikační a další speciální bloky. (Martinásková, 2004)



Obrázek 2 - Ukázka programu v FBD

SFC je sekvenční funkční diagram, který popisuje posloupné chování řídicího systému. Tento jazyk je odvozeným ze symboliky Petriho sítí, ale liší se od ní tím, že grafická reprezentace se převádí přímo do souboru výkonných řídicích prvků. Takovýto diagram se skládá z kroků a přechodů. Stav řízeného systému může představovat jakýkoliv krok v tomto diagramu. Přechod mezi funkcemi pracuje na základě podmínek, které je nutné naplnit, aby se deaktivoval krok, který je před přechodem; potom se aktivuje krok po něm jdoucí v diagramu. Každý takový blok může být napsán v kterémkoliv jazyku definované normou IEC EN 61131-3. (Martinásková, 2004)

Programovací jazyk kontaktních schémat LD lze chápat jako grafickou reprezentaci reléové logiky. Je to grafický jazyk, který je jednoduchý. Je zde síť bloků, která se čte zleva doprava a je ohraničena svislými čarami. Mezi těmito čarami je příčka, která má v sobě část programu a lze ji větvit. Každý prvek v příčce může být ve stavu zapnuto nebo vypnuto. Příkladem prvků jsou kontakty, cívky a další funkční a speciální bloky. (Martinásková, 2004) Kontakty jsou vstupy, které mohou být spínací nebo rozpínací; cívky jsou výstupy negované nebo normální.



Obrázek 3 - Ukázka Příčkového diagramu

V této práci bude použit programovací jazyk LD, pro jeho rychlost a přehlednost programu. Má přesně danou posloupnost programu a složitější program může být větší než v ostatních jazycích. Program je možné rozdělit do podprogramů, a ty volat v hlavním programu.

1.4 Druhy bazénů

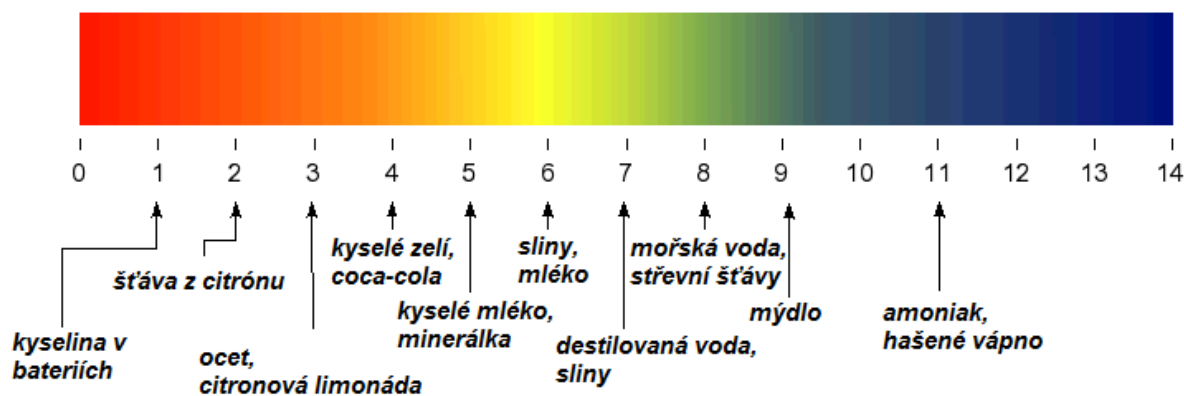
Bazény se mohou dělit na vnitřní a venkovní. Dále je možné rozdělit na nadzemní, podzemní a polozapuštěné. Nadzemní bazény jsou levné a nenáročné na montáž; po koupací sezoně se z nich vypustí voda a mohou se složit a uložit na zimní období. Můžou být nafukovací, fóliové nebo plastové. Tento druh bazénu nejvíce využívají uživatelé, kteří nechtějí dělat terénní úpravy. Dalším druhem je podzemní bazén; pro tento druh se musí terén upravit. Je dražší, ale má podstatně delší životnost než nadzemní bazén. Vyrábí se z betonu, plastu nebo nerez. Posledním druhem bazénu jsou polozapuštěné, které jsou principiálně stejné jako zapuštěné. Jejich výhodou je možnost použití v kopcovitém terénu, kdy se zapustí pouze část stěny bazénu.



Obrázek 4 - Podzemní bazén se zastřešením (Kopané bazény, 2024)

1.5 Druhy úpravy vody v bazénech

Bazény lze také rozlišit podle úpravy vody. Úprava vody je důležitá část každého bazénu; bez ní by ve vodě vznikaly nečistoty, bakterie, viry a řasy. Úpravou vody je zajištěn bezpečný a spolehlivý chod bazénu. Je možné regulovat hodnotu pH vody, která se měří pomocí pH testeru. Doporučená hladina pH vody je 7–7,4. Je v tuto chvíli neutrální. Nízké pH ukazuje na kyselost vody způsobenou vázaným chlorem. Důsledky jsou dobře známé – nepohodlný zápach, růst řas, podráždění kůže a očí a koroze kovových částí bazénu. Vysoké pH značí zásaditou vodu, která ztrácí své dezinfekční schopnosti, což může způsobit podráždění kůže a očí a také znečištění vody. V obou případech hrozí poškození technického vybavení bazénu. (ALBIXON a.s., 2024) Toto měření se provádí pomocí testovacích tablet nebo kapičkových testerů či pásků.



Obrázek 5 - pH stupnice (Hodnoty pH, 2024)

Existují řešení bez chemie. Voda je v tomto typu upravena pomocí filtru tvořeného zeminou nebo přírodními minerály, skrz které neustále cirkuluje. Tento druh je neekologičtější, avšak finančně nákladnější.

Chemickým řešením je chlоровá dezinfekce, která je nejúčinnější a nejpoužívanější ve větších bazénech. Toto řešení odstraňuje řasy a jiné nečistoty, ale může mít negativní vliv na lidi a životní prostředí. Častým problémem chlorové dezinfekce je možnost alergické reakce. Tato metoda je nejvhodnější pro veřejné plavecké bazény s vysokou návštěvností.

Dezinfekce bez chlóru využívá dezinfekci vody aktivním kyslíkem; je vhodnější alternativou chlоровé dezinfekce. Také odstraňuje znečištění a zakalení vody v bazénu a je šetrnější vůči životnímu prostředí a lidem. Další výhodou je absence typického zápachu chlоровé dezinfekce.

Jako další z možností forem úpravy vody je použití UV lampy. Ta pomocí ultrafialového záření hubí veškeré viry a bakterie ve svém okolí. Kombinuje se proto s chlorovou dezinfekcí – UV lampa odstraní viry a bakterie, a navíc rozkládá organické sloučeniny chlóru. Voda poté nezpůsobuje podráždění pokožky či očí. Lampy vyžadují časté čištění a výměnu, která je pro koncového uživatele jednoduchá.

Pro úpravu vody je také možné využít sůl. Samotná sůl ale bazén dezinfikovat nebude, proto je potřeba ji elektrolýzou převést na plynný chlor, který je okamžitě rozpuštěn ve vodě a vzniklá kyselina chlorná pak provádí vlastní dezinfekci vody. Tyto bazény mají salinizační jednotku, ve které probíhá proces elektrolýzy slané vody. Salinizační jednotka nespotebovává rozpuštěnou sůl ve vodě, a proto lze vodu použít i v další koupací sezóně. Na rozdíl od chlоровé dezinfekce je sůl přírodním produktem. Změkčuje vodu a čistí ji. Řešení se slanou vodou má oproti chemickým řešením jednodušší údržbu a není nutné skladovat nebezpečné chemikálie.

Pořizovací náklady salinizační jednotky jsou vyšší, ale její návratnost je výhodnější. Pro tyto bazény je potřeba použít plastovou nebo titanovou armaturu. Plastová armatura se používá pro filtraci a připojení k bazénu. Pro ohřev vody se používá titanová.

1.5.1 Druhy filtrací bazénů

Pro udržení vody v bazénu bez nečistot jako je listí, vlasy a kousky kůže, je potřebná filtrace. Ta pomocí filtru tyto nečistoty zachytí a nepropouští je dále do bazénu. Je možné ji pustit na celý den nebo v určitých časových dobách. Filtrace se dělí na pískové a kartušové.

Pískové filtrace jsou nejrozšířenějším druhem. Filtr je tvořen křemičitým pískem, který zachytí hrubé i jemné nečistoty; musí se proto proplachovat alespoň jednou týdně. Křemičitý písek se ve filtru musí měnit jednou za 2 až 3 roky. Jeho pořizovací cena je vyšší než u kartušové, ale dlouhodobě má nižší provozní náklady. (ALBIXON a.s., 2024)

Kartušová filtrace se hodí pro malé nafukovací bazény, protože má malý výkon. Musí se pravidelně vymývat a zároveň je nutné vyměňovat filtrační vložky. Životnost této filtrace je 1–2 sezóny. Je finančně méně nákladná než písková filtrace. (ALBIXON a.s., 2024)

1.5.2 Čerpadlo pro bazén

Hlavním akčním členem bazénu je čerpadlo, které přenáší vodu z bazénu do filtrace a zpět. Dá se také použít pro přesun ohřáté nebo studené vody. Na trhu je mnoho druhů čerpadel s různými parametry. Pro správný výběr je potřeba znát objem vody v bazénu, aby čerpadlo bylo dostatečně dimenzováno pro jeho provoz. U obdélníkových bazénů se používá jednoduchý vzorec:

$$Q = l \cdot w \cdot d [l; m^3]$$

Kde l je délka bazénu, w je šířka bazénu a d je průměrná hloubka bazénu.

U kruhových bazénů se používá vzorec:

$$Q = \pi \cdot r^2 \cdot h [l; m^3]$$

Kde r je poloměr bazénu a h je výška bazénu.

Z vypočteného vzorce vyjde objem vody v bazénu. Výkon musí být dostatečný, aby celý objem bazénu byl přefiltrován za 4–6 hodin. Výkon čerpadla lze vypočítat tímto vzorcem:

$$W = \frac{Q}{t} \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

Jednotkou výkonu čerpadla jsou l/h . Je vhodné vybrat čerpadlo s vyšším výkonem, než je vyšší hodnota ze vzorce, díky čemuž dojde k odstranění potenciálního problému, kdy by čerpadlo nestíhalo dodávat vodu do filtrace. Průtok vody čerpadlem musí odpovídat průtoku filtru. Je nutné dát pozor na délku armatur; pokud délka nepřesáhne deset metrů, lze použít čerpadlo o výkonu, který určil výrobce. V opačném případě dochází ke ztrátě tlaku a čerpadlo převádí větší objem vody. Dalším parametrem je, zda bude bazén sladkovodní nebo slanovodní. Některá čerpadla mají možnost sát slanou i sladkou vodu; ta jsou vyrobena z ušlechtilé oceli. Pokud by se použilo sladkovodní čerpadlo pro slanou vodu, tak by se jeho životnost podstatně snížila. Také je potřeba dbát na hlučnost a energetickou náročnost čerpadla.

1.6 Druhy ohřevu bazénů

Bazény se dají ohřívat různými způsoby, které mají své specifické vlastnosti, výhody a nevýhody. Ohřevy se dělí na elektrické a solární. Elektrický ohřev se dále dělí na tepelná čerpadla a elektrický ohřev. Solární ohřev se provádí pomocí solárních kolektorů.

1.6.1 Elektrický ohřev

Elektrický ohřev využívá převodu elektrické energie na teplo. Elektrický ohřev funguje na principu průtokového ohřivače; voda zde proudí skrz tepelnou spirálu. Je schopný ohřát vodu na $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. zároveň je však více energeticky náročný kvůli přeměně elektřiny na teplo, a proto se často kombinuje s fotovoltaickou elektrárnou.

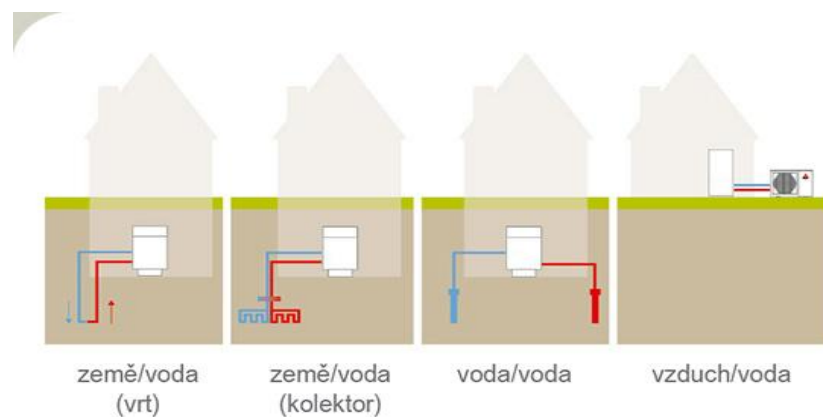


Obrázek 6 - Elektrický ohřev (Topení EOv-3)

1.6.2 Tepelné čerpadlo

Dalším druhem elektrického ohřevu jsou tepelná čerpadla. Ta fungují na principu převodu tepla z místa s vyšší teplotou na místo s nižší teplotou. Využívá obráceného Carnotova kruhového cyklu. Ten se skládá ze dvou adiabatických dějů a dvou izotermických dějů. Tepelné čerpadlo tvoří výparník, kondenzátor, kompresor a expanzní ventil. Ve výparníku TČ přenáší

teplo z prostředí studenějšího tím ho ochlazuje. Kompresor toto teplo převádí kondenzátorem do prostředí teplejšího, a tím ho ohřívá. Kompresor musí být napájen elektrickou energií. Tepelná čerpadla se používají často s kombinací FVE. Tepelná čerpadla se dělí na vzduch-voda, voda-voda, země-voda. Vzduch-voda využívá teplo ve vzduchu, přičemž výparníkem proudí vzduch. Voda-voda využívá odběr tepla ze spodní vody; voda je čerpána do výparníku. Země-vzduch odebírá teplo ze země; tato čerpadla se mohou skládat z plastových hadic naplněných nemrznoucí směsí, které jsou uloženy pod zemí. (Karlík, 2009)



Obrázek 7 - Typy tepelných čerpadel (Schéma tepelných čerpadel, 2024)

1.6.3 Solární kolektor

Sluneční neboli solární kolektor je zařízení, které využívá tepelné přeměny pro ohřev vody. Tepelná energie slunečního záření je obnovitelný zdroj energie. Tuto energii lze čerpat při slunečném počasí, a to úplně zdarma, oproti elektrickému ohřevu, který je finančně nákladný. (Dvořák, 2023).

Solární kolektory se dělí podle tvaru na ploché, trubicové a koncentrační. Dále je lze dělit podle způsobu přenosu tepelné energie na kapalinové, teplovzdušné a kombinované. (ČEZ, 2006)

K lepšímu pochopení principu fungování kolektorů zde jako příklad bude rozebrán plochý kapalinový sluneční kolektor. Ten se skládá ze čtyř prvků – absorberu, skříně, izolace a krycího skla. (ČEZ, 2006)

Absorbér se vyrábí z měděných nebo hliníkových plechů, na kterých je na zadní straně nalisována nebo připájena měděná trubice. Jeho povrch se upravuje tak, aby co nejvíce pohlcoval teplo, a tím hřál. U levných modelů se povrch natře matně černou barvou, která je

v letních dnech dostačující. Dražší disponují speciálním spektrálním nátěrem, který pohlcuje až 96 % záření. Hodí se pro přímé i rozptýlené sluneční záření, a proto je lze využít celoročně. Teplo ze slunečního záření se odvádí vodou nebo nemrznoucí kapalinou v měděných trubcích. (ČEZ, 2006)

Skříň se používá k uložení absorbérů, izolace a krycího skla. Vyrábí se z kovů a plastů. Je hlavním konstrukčním prvkem pro uchycení nebo umístění slunečního kolektoru a zároveň chrání prvky před povětrnostními vlivy a špatným počasím. (ČEZ, 2006)

Izolace pomáhá zajistit nízké tepelné ztráty a zabraňuje úniku tepla z absorbéru skrze stěny skříně. Nejčastějším druhem tepelné izolace je minerální vlna nebo polyuretan. Materiál izolace musí být odolný vůči teplotám do 200 °C a nesmí pohltnout okolní vlhkost prostředí. (ČEZ, 2006)

Další potřebnou částí je krycí sklo, které také přispívá k nízkým tepelným ztrátám. Umožňuje průnik viditelného slunečního záření dovnitř, aby se v absorbéru přeměnilo na teplo. Dlouhovlnné tepelné záření neuniká sklem ven, čímž dochází ke skleníkovému efektu, pomocí něž se teplota kapaliny v absorbéru zvyšuje. Pro účel krytí se používají speciální bezpečnostní solární skla s vysokou propustností a dlouhou životností. (ČEZ, 2006)

Kolektory se instalují na střechy rodinných domů, nebo je lze rozmístit po rovné volné ploše. Při instalaci je nutné dbát na umístění; po instalaci kolektor již nebude možné přemístit, protože bude usazen na nepohyblivé konstrukci. Hlavními parametry, kterými je nutné se zabývat jsou konstrukce, orientace a sklon kolektoru. (ČEZ, 2006)

Konstrukce kolektoru se musí navrhout tak, aby byla pevná a odolná vůči povětrnostním podmínkám a počasí. Jeho umístění musí být co nejbližší od místa, kde bude teplá voda spotřebována. Pokud by byl postaven moc daleko, tak by docházelo k tepelným ztrátám v přívodech vody. (ČEZ, 2006)

Dalším parametrem je orientace; ta musí být vhodně umístěna na jih nebo jihozápad, čímž dostane největší intenzitu záření kolem poledních hodin. Musí se také správně zvolit sklon, který by měl dosáhnout rozmezí mezi 35° až 45°. (ČEZ, 2006)

1.7 Komponenty bazénu

V bazénu se používají různé druhy armatur a potrubí. Je třeba dbát na správný výběr materiálu, délky a umístění. Součástmi bazénu jsou skimmery, trysky a výpustně.

Skimmer je použit pro přesun vody z bazénu do filtračního okruhu. Vyrábí se z plastu a skládá se z košíku uloženého v nádobce. Košík zadržuje velké a hrubé nečistoty, které se mohou objevit ve vodě. (Eseos s.r.o., 2024) Trysky jsou další částí filtračního systému bazénu. Používají se k přesměrování filtrované vody zpět do bazénu. Měly by vracet čistou vodu z filtrace 20–30 cm pod úroveň hladiny pro rovnoměrnou cirkulaci vody v bazénu. (PLK s.r.o., 2024) Výpustně jsou komponenta, která umožní vypustit celý bazén.

1.8 Druhy řídicích systémů

Řídicí systémy se mohou skládat z jednoduchých komponentů, např. ze spínacího nebo časovacího relé. Tyto systémy jsou výhodné svojí nízkou cenou. Jejich nevýhodou je nutnost nastavovat požadované parametry v rozvaděčové skříni řídicího systému. Dražší systémy už se mohou skládat z mikroprocesorů nebo PLC, kde už řízení probíhá na předem napsaném algoritmu. Uživatel má možnost nahrát do PLC nebo mikroprocesoru požadované parametry bazénu pomocí ovládací aplikace v počítači nebo telefonu. Tyto systémy už často obsahují chytré senzory, moduly pro přesné nastavení požadované teploty v bazénu, kontrolu kvality vody, vodní protiproudy či osvětlení.

Příkladem jednoduchého řídicího systému je řešení firmy Vagner Pool F1, kde řídicí jednotka pouze ovládá filtraci a čerpadlo. Systém se skládá z proudového chrániče a časového spínače pro ovládání filtrace. Je zde také přepínač pro změnu režimu. V automatickém režimu je filtrace spínána pomocí časového spínače. V manuálním režimu lze filtraci pouštět ručně. Tyto jednoduché řídicí systémy se pohybují v rozmezí od 6 000 do 10 000 Kč.



Obrázek 8 - Řídicí jednotka Vario F1 (Automatické ovládání pro filtraci - F1, 2024)

Inteligentní řídicí systémy se skládají ze složitějších modulů. Obsahují různé komunikační jednotky, chytré senzory a další speciální moduly. Kombinují se s ohřevem vody pomocí tepelných čerpadel nebo slunečních kolektorů. Je zde kontrola teploty a možnost nastavit si požadovanou teplotu vody. Tyto řídicí systémy jsou efektivnější a bezpečnější. V jednotkách lze nastavit hodnotu pH, dezinfekci a osvětlení bazénu. K těmto systémům lze přistupovat vzdáleně pomocí mobilních či počítačových aplikací. Uživatel se nemusí starat o optimální stav bazénu, protože aplikace obsahuje mimo jiné automatické čištění filtru či přípravu na zazimování.

Příkladem výrobce inteligentních řídicích systémů bazénů je firma APM Pool. Jejich systémy umožňují vzdálenou diagnostiku pro servis bazénu, optimalizují chod bazénu pro šetření spotřeby elektrické energie a umožňují se vzdáleně k bazénu připojit pomocí mobilní aplikace, kde si uživatel může nastavit teplotu vody, zapnout filtraci, vodní protiproud atd. Nevýhodou těchto systémů je pořizovací cena a závislost na existenci firmy, která se o systém stará.



Obrázek 9 - Inteligentní řídicí systém ARM POOL (APM POOL, 2024)

1.9 Senzory pro řízení bazénu

1.9.1 Měření teploty

Teplota je fyzikální veličina, která je měřitelná v joulech. Nelze ji měřit přímo, a proto se zjišťuje změna množství tepla předávaného tělesem na těleso. Teplota je fyzikální veličina, kterou lze přímo měřit. (Tulka, 2002)

Senzory pro měření teploty se rozlišují na dvě hlavní skupiny, a to na kontaktní a bezkontaktní. Kontaktní měření teploty probíhá v přímém styku s místem měření teploty; dělí se na elektrické a dilatační.

Dilatační teploměry využívají změn délky pevné látky nebo objemu kapaliny působením měřené teploty. Nejčastějším senzorem teploty v bazénech je dilatační kapalinový teploměr. Ten využívá objemové roztažnosti kapalin způsobené změnami teploty. Dříve se jako kapalina používala rtuť, dnes už se používá pouze obarvený ethanol.

V bazénech se nejvíce v chytrém řízení používají elektrické teploměry. Ty lze rozdělit na odporové kovové, odporové polovodičové, termoelektrické a polovodičové závislé na přechodu. Odporový kovový teploměr funguje na principu změny velikosti odporu v závislosti na změně teploty.

K bezkontaktnímu měření teploty používáme pyrometry; ty se dělí na jasové a radiační. Pro měření teploty se využívá elektromagnetického tepelného záření vysílaného povrchem

měřeného tělesa. Měří tedy pouze teplotu plochy tělesa, ne jeho vnitřní teplotu. Tyto teploměry se nehodí pro měření vody v bazénu.

1.9.2 Kontrola hladiny

Kontrolu hladiny vody v bazénu lze uskutečnit mnoha způsoby – stanovením polohy plovákového senzoru upevněného v maximální výšce hladiny, posunutím plováku, anebo úhlem otočení plováku. Hladinoměry jsou odporové, kapacitní a indukčnostní. Hladinu lze také měřit pomocí fyzikálních účinků vody na úroveň hladiny pomocí snímačů mechanických, elektrických, optických, ultrazvukových nebo radarových. Senzory hladiny se dělí do dvou hlavních skupin – pro spojitě měření nebo pro nespojitě měření. (Beneš, 2003)

Spojitě měření hladiny probíhá v celé délce senzoru na rozdíl od nespojitých. Zástupcem jsou plovákové snímače, které převádějí polohu plováku na změnu polohy jezdce odporové dráhy. U těchto senzorů je přesnost měření ovlivněna použitými mechanickými a elektronickými součástkami. Hydrostatický snímač určuje polohu hladiny vody měřením hydrostatického tlaku u dna bazénu. Lze takto měřit bazény hloubky od 1 m až do 200 m. Tyto senzory jsou analogové, a proto mají proudový výstup 4–20 mA nebo 0–20 mA. Na rozdíl od plovákových senzorů nemají pohyblivé mechanické části. Hydrostatický tlak vyjadřuje vzorec:

$$p = h \cdot \rho \cdot g \text{ [Pa]}$$

Kde h je výška hladiny, ρ je hustota kapaliny a g je gravitace.

Hlavním zástupcem nespojitěho měření hladiny jsou plovákové hladinoměry. Převádějí změnu polohy plováku na dvouhodnotový spínač polohy – sepnuto nebo rozepnuto. Skládají se ze spínače nebo jazýčkového relé. V bazénech se používají pro měření minimální hladiny bazénu, kde by poté mohlo dojít při spuštění čerpadla k jeho poškození, nebo maximální hladiny, při které by voda z bazénu mohla vytéct ven do okolí. Jedná se nejjednodušší a nejlevnější způsob měření hladiny v bazénu. Je nutné ale dbát na umístění senzorů, aby nedocházelo k chybným měřením. (Beneš, 2003)

1.10 Druhy komunikací v PLC

V této kapitole bude rozebráno, jak lze s programovatelným logickým automatem komunikovat. Existují různé druhy komunikačních sběrnic. Pro programování a kontrolu provozu skrz editor WinLDR bude využito USB připojení k počítači. Pro komunikaci s počítačem bude potřeba Ethernetový kabel. Pro chod komunikace mezi aplikací a řídicím

systemem je potřeba zapnout protokol Modbus TCP ve formě serveru, po kterém budou odesílána a přijímána data z PLC a počítače.

1.10.1 RS-232

RS-232 je jedna z nejstarších komunikačních sběrnic. Dříve byla používána i v počítačové technice. Dnes se používá pro přenos dat na krátkou vzdálenost. Skládá se z přijímače a vysílače. Její velkou nevýhodou je krátká vzdálenost přenosu a nemožnost větvit sběrnici. Pokud nebude správně galvanicky oddělena od zařízení, tak může docházet k problémům se zemními smyčkami, které mohou zarušit celou komunikaci.

1.10.2 RS-485

RS-485 je nejvíce rozšířená komunikační sběrnice pro delší vzdálenost. Jedná se o definovanou sběrnici, na které lze komunikovat různými protokoly. Je odolná vůči šumu a rušení. Má pouze dva vodiče (A a B) pro komunikaci. Je halfduplexní – v jednu chvíli lze vysílat pouze jedním směrem stylem dotaz-odpověď. (Poucha, 2024) Pro tuto práci bude tato sběrnice použita pro komunikaci mezi teploměry a PLC.

1.11 Druhy protokolů použitých v práci

Obecně je protokol soubor pravidel pro komunikaci mezi různými bloky. Pokud bude k dispozici například několik senzorů od jiných výrobců, tak lze pomocí těchto pravidel komunikovat mezi těmito senzory, počítačem, řídicími systémy a dalšími zařízeními. V protokolu vlastně probíhá přenos dat mezi dvěma nebo více místy podle předem daných pravidel.

1.11.1 SPINEL

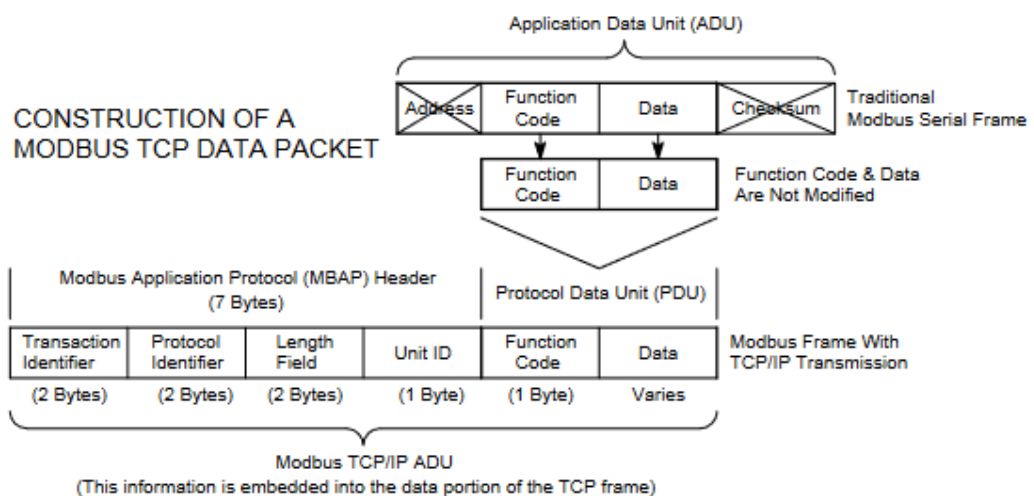
Protokol SPINEL byl vytvořen firmou Papouch. Je to univerzální komunikační protokol pro veškeré senzory této firmy. Jedná se o komunitní protokol, a proto ho lze v případě nutnosti použít a rozšířit s modifikacemi i na senzory jiných firem. Modifikace jsou identifikovány pomocí formátů, které mají jedinečná čísla. Čísla od 0 do 96 jsou určena pro formáty s ASCII kódováním, zatímco čísla od 97 do 255 jsou vyhrazena pro binární kódování. Zařízení mohou podporovat více formátů SPINEL nebo mít vlastní unikátní formát, přičemž je mezi nimi zachována kompatibilita. Data jsou přenášena v paketech s jasně definovaným začátkem a koncem. Pokud bude prodleva v příjmu dat delší než 5 sekund mezi jakýmkoli bajty, tak se příjem přeruší. (SPINEL Komunikační protokol Obecný popis, 2019)

1.11.2 MODBUS

Protokol Modbus je otevřený komunikační protokol. Pracuje na principu master-slave nebo klient-server. Je spolehlivý a rychlý. Umožňuje komunikovat mezi PLC, senzory, frekvenčními měniči, počítači a dalšími zařízeními, která mají tento protokol integrovaný.

Pro přenos dat se používají sběrnice RS485, RS422, nebo RS232, anebo TCP/IP protokol sítě Ethernet. Tyto sběrnice nemají daná pravidla komunikace; daná jsou pouze pravidla jejich struktury. Jelikož je tento protokol otevřený (žádný výrobce PLC tento komunikační protokol nevlastní), lze ho použít s různými značkami.

Protokol má dva hlavní režimy přenosu dat. Modbus RTU pro přenos dat používá sériovou linku v rozhraní RS485 nebo RS232. Modbus TCP se používá s pomocí Ethernetové sítě s TCP/IP síťovým protokolem. Formát dat je stejný; jsou vždy v binární podobě, ale liší se strukturou. RTU se skládá z balíčku ve formě zprávy a jeho části jsou – adresa, funkční kód, data a CRC kontrola. TCP verze se skládá z TCP/IP datové zprávy, do které je standardní Modbus zpráva bez jakýchkoliv úprav vložena. Nepoužívá se v ní CRC; namísto něj používá CRC kontrolní součet na linkové vrstvě Ethernet TCP/IP.



Obrázek 10 - Rozdíl v datové zprávě Modbus RTU a Modbus TCP (INTRODUCTION TO MODBUS TCP/IP, 2005)

2. PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část se bude zabývat tvorbou řídicího systému bazénu, modelu bazénu, simulace slunečního kolektoru a dalších pomocných prvků.

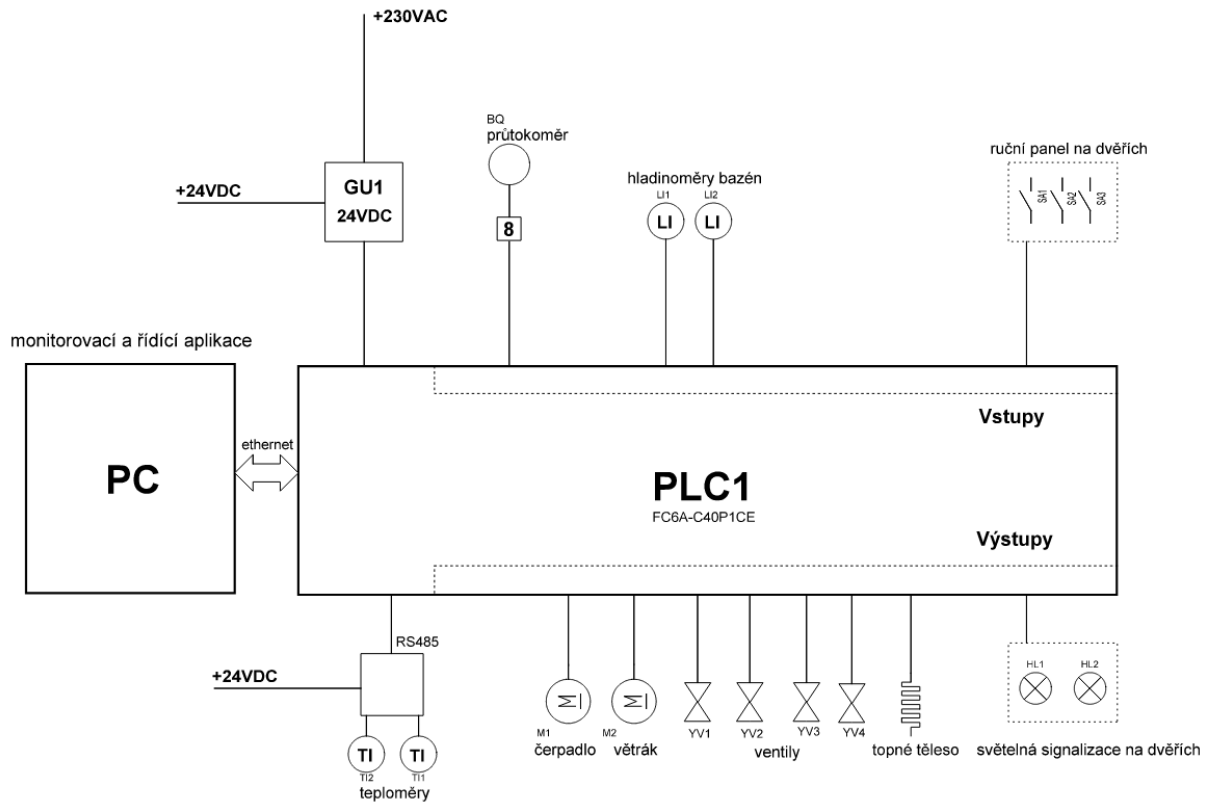
Centrálním prvkem řízení bude PLC od firmy IDEC. Jedná se o modulární PLC – lze ho tedy rozšířit dalšími kartami v případě, že by bylo potřeba více vstupů či výstupů. Konkrétním modelem PLC, který zde bude použit, je MicroSmart FC6A-C40P1CE. Je napájen napětím 24 VDC. Jeho vstupní jednotka obsahuje 24 digitálních vstupů a jeden analogový vstup. Výstupní jednotka má 16 tranzistorových výstupů. PLC má dále integrovaný ethernetový port pro komunikaci s dalšími PLC nebo řídicí aplikací. Disponuje komunikací pomocí protokolu Modbus TCP a Modbus RTU. K PLC se také dají připojit až dvě další přídavné analogové karty.

Vybrané PLC bude programováno pomocí prostředí WindLDR a programovacím jazykem bude příčkový diagram; ten umožní napsat program pro řídicí systém modelu bazénu. Zvolené PLC má dostatek vstupů a výstupů pro tuto aplikaci. Pro psaní programu se využije programovací příručky od firmy IDEC s názvem FC6A SERIES LAD Programming Manual, která obsahuje příklady a vysvětlení všech speciálních funkčních bloků včetně jejich parametrů.

V dalších kapitolách se bude vysvětleno, jak takový model navrhnout, jaké komponenty existují a které z nich je vhodné k modelu vybrat. Dále bude rozebrán postup tvorby simulace slunečního kolektoru, způsob komunikace s komponenty a jejich připojení k řídicímu systému. Bude zde i vysvětlen hlavní řídicí program PLC a řídicí aplikace pro počítač.

2.1 Blokové schéma řídicího systému

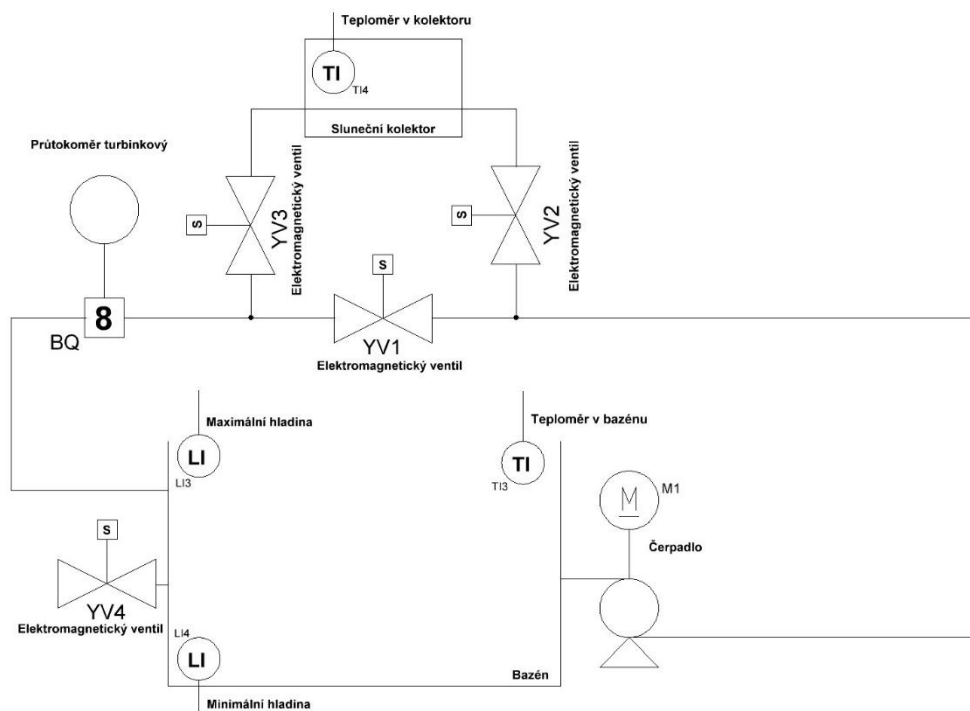
Blokové schéma řídicího systému znázorňuje vazby mezi jednotlivými částmi systému; výstupy ovládané PLC; vstupy, které se budou do PLC zapisovat a způsob, jakým bude PLC komunikovat s okolím.



Obrázek 11 - Blokové schéma systému

2.2 Technologické schéma systému

Technologické schéma bude znázorňovat systém pomocí značek, podle kterých lze určit, o jaké komponenty se jedná. Takovéto schéma se použije jako vizualizace umístění komponentů v systému.



Obrázek 12 - Technologické schéma systému

2.3 Rozvaděč pro řídicí systém

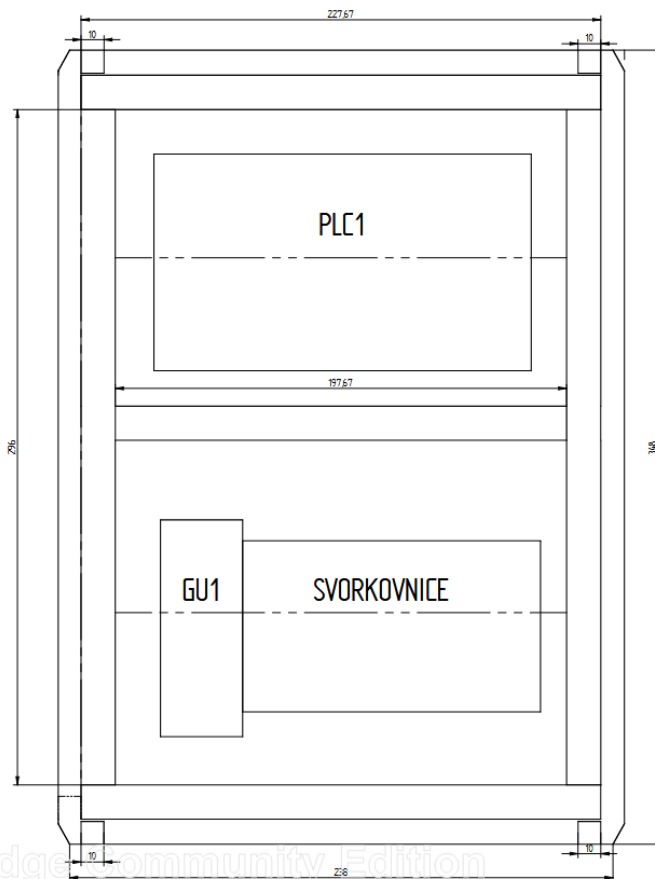
Pro ochranu a uložení řídicího systému se použije rozvaděč. Na jeho dvířkách bude vytvořen ruční panel a bude zde umístěn hlavní vypínač. Komponenty budou umístěny na kovovou desku rozvaděče. Zespuď budou vyvrtány otvory pro přívod elektřiny a pro zapojení všech vstupních a výstupních komponentů.

2.3.1 Návrh umístění komponent na desku rozvaděče

Tato kapitola přiblíží návrh umístění komponent řídicího systému na kovovou desku rozvaděče. Také objasní umístění svorkovnic pro napojení řízených komponent bazénu. Deska rozvaděče bude obsahovat zdroj + 24 V a také spínač přívodu el. energie, kterým lze vypnout celý systém. U skutečného bazénu je nutné kvůli ochraně osob před nebezpečným dotykovým napětím silový přívod rozvaděče připojit přes proudový chránič. U simulačního modelu toto není nutné. K ochraně systému bude použita tavná pojistka, která zajistí nadproudovou ochranu.

Pokud by v ní procházel větší proud, než je maximální, tak se přetaví a v tu chvíli přeručí napájení systému, čímž chrání elektrické komponenty a přístroje před poškozením.

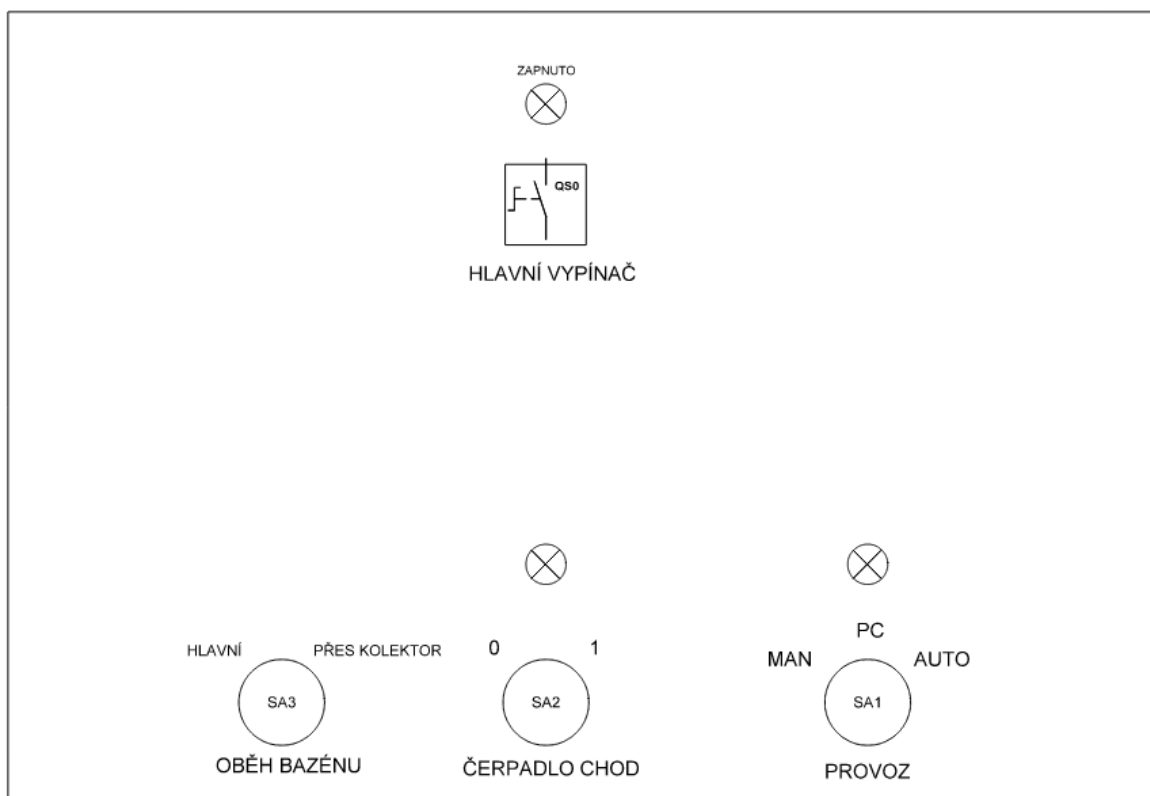
Pro vedení kabeláže se použijí kabelové žlaby. Pro upevnění komponentů k desce bude potřeba DIN lišta.



Obrázek 13 - Vizualizace umístění komponentů na kovovou desku rozvaděče

2.3.2 Návrh a realizace ručního panelu

Na dvířka rozvaděče bude umístěn ruční panel skládající se z tlačítek a kontrolky podle technické dokumentace v příloze. Na vrchní části bude hlavní vypínací tlačítko, kterým ihned vypneme napájení; jedná se o bezpečnostní prvek. Dále zde bude ovládání čerpadla; výběr režimu bazénu a to PC, AUTO a Manuál; výběr pro přepínání oběhu proudění vody buď přes kolektor nebo hlavní cestu; kontrolka pro výběr režimu, která bude svítit dle zvoleného režimu a nakonec kontrolka pro chod čerpadla, která bude svítit pouze v případě, že čerpadlo bude v provozu.



Obrázek 14 - Vizualizace ručního panelu na dvířkách rozvaděče

2.3.3 Návrh a realizace připojení prvků k rozvaděči

Pro připojení komponentů, které budou vstupem nebo výstupem řídicího systému, je vybrána forma připojení pomocí konektorů. Zespodu rozvaděče se vyvrtají díry dle technické dokumentace. Jako konektory pro připojení se použijí MIC konektory. Zároveň zde bude průchodka pro síťový kabel a zdířka pro Ethernetový kabel.

2.4 Výroba modelu bazénu

Jako fyzický model bazénu je zvoleno otevřené akvárium vyrobené z pevného plastu o objemu 10 l. Jeho rozměry jsou 33 x 18 x 19 cm, které jsou dostačující pro ukázkou řídicího systému modelu bazénu. Pro tuto velikost se musí zvolit vhodná velikost komponentů a jejich připojení k bazénu.

2.4.1 Výběr komponent pro řídicí systém modelu bazénu

Tato kapitola se zabývá správným výběrem komponentů pro řídicí systém modelu bazénu.

2.4.1.1 Výběr čerpadla

Hlavním prvkem pro přenos vody je čerpadlo. Čerpadlo musíme dimenzovat na velikost vybraného modelu bazénu, aby proběhla kompletní výměna vody. Využije se vzorec z teoretické části. Musí se počítat s tím, že se bazén nenaplní po okraje, ale do výšky max. 30 cm.

$$Q [cm^3] = l \cdot w \cdot d = 30 \cdot 18 \cdot 19 = 10\,260 \text{ cm}^3$$

$$Q [l] = \frac{(l \cdot w \cdot d)}{1000} = \frac{10260}{1000} = 10,26 \text{ l}$$

Čerpadlo by mělo být schopné recirkulace celého objemu vody modelu bazénu v časovém rozmezí čtyř až pěti hodin. Vzhledem k tomu, že se jedná o modelovou situaci, lze filtrovat rychleji. K rozměru daného bazénu se hodí čerpadlo objemové.

Existují různé druhy objemových čerpadel. Čerpadla peristaltická využívají principu stlačování a uvolňování kapaliny pomocí váčku, který je otáčen stejnosměrným motorem. Tento druh má určité výhody a nevýhody. Hodí se hlavně pro prostředí, kde je potřeba přesně dávkovat na ml, protože je schopné čerpat velmi malé množství kapaliny. Umí také přenášet nebezpečné chemikálie. Nevýhodou však je, že při nepřetržitém provozu by se mohla hadička v čerpadle porušit.

Jako prvek v modelu bazénu je použito čerpadlo membránové, které využívá pohybu membrány k vytvoření sacího a tlačného efektu. Membrána se postupně pohybuje do kruhu a tím vytváří čerpání. Tato čerpadla mají dlouhou životnost a jsou odolná vůči nepřetržitému provozu.

V této realizaci bude potřeba čerpadlo alespoň o výkonu 1 l/min, protože použitý průtokoměr má minimální rozlišení o této hodnotě. Čerpadlo bylo vybráno na základě požadavků na výkon. Skládá se z čerpací hlavice a stejnosměrného motoru. Čerpací hlavice je plně rozebíratelná. Pracovní teplota čerpadla je od 0 °C do 70 °C, hodí se tedy k simulaci ohřevu vody slunečním kolektorem.

2.4.1.2 Výběr průtokoměru

Průtokoměr musí mít dostatečné rozlišení na průtok vody modelem a musí být schopný pracovat na napájecím napětím 24 V. Průtokoměr nám bude tvořit ochranný prvek systému; pokud by na průtokoměru i při chodu čerpadla nebyl žádný výstupní signál, znamená to, že došlo k chybě.

Výběr průtokoměru je klíčovým krokem v procesu měření průtoku, a proto je důležité pečlivě zvážit všechny možné faktory, aby bylo zajištěno, že bude vybrán správný nástroj pro danou realizaci. Existují dva typy průtokoměrů pro použití v bazénu – mechanický a digitální. Mechanický by se v této aplikaci nehodil, protože PLC nedokáže číst z ručičkového měřícího přístroje. Vhodným kandidátem pro tuto aplikaci je tedy digitální průtokoměr. Ten je velmi přesný a rychlý. Dále se musí určit rozsah měření, ve kterém bude průtokoměr rozlišovat proudění vody – je nutné znát alespoň minimální průtok. Průtokoměr musí mít malé rozměry a být snadno implementovaný do zapojení s ostatními komponenty.

V této práci byl vybrán průtokoměr G1. Má malé rozměry a pracuje na napájecí soustavě systému. Jeho rozlišovací schopnost se pohybuje v rozmezí od 1 l/min do 60 l/min. Maximální teplota kapaliny procházející průtokoměrem je 80 °C. Pro připojení k ostatním komponentům se vyrobí adaptér, který bude popsán v následující kapitole.

2.4.1.3 Adaptér pro průtokoměr

Průtokoměr má připojení na vodu o velikosti 1 palce, zatímco připojení ostatních komponentů je 4 mm široké. Musí se proto vyrobit adaptér, aby byl prvek kompatibilní s ostatním připojením na vodu. Adaptér se bude skládat z hadicové přípojky se šroubením 1 palce. Jeho výstup bude vyvrtán a nahrazen hadicovou průchodkou o vnitřním průměru 4 mm.

2.4.1.4 Výběr ventilů

Ventily v této práci slouží k výběru směru proudění vody modelem bazénu, a to buď hlavním okruhem, nebo slunečním kolektorem. Ve chvíli, kdy teplota v kolektoru dosáhne požadované teploty, se pomocí dvou ventilů otevře okruh slunečního kolektoru, čímž se přečerpá ohřátá voda do bazénu. V normálním stavu se otevře ventil pro chod hlavní a ventily slunečního kolektoru budou uzavřeny.

Na trhu existuje mnoho druhů ventilů. Pro tuto realizaci se hodí ventily elektromagnetické, které umožňují ovládání toku kapaliny nebo plynu pomocí elektromagnetického pole. Pokud je ventil aktivován, elektrický proud prochází elektromagnetickým jádrem, často vyrobeným z feromagnetického materiálu. Tento proud generuje magnetické pole okolo jádra. Pokud je proud přerušen, magnetické pole se zmenší, čímž dojde k otevření nebo zavření ventilu. Existují jednocestné, dvoucestné a třicestné. Tyto ventily se používají v industriálních aplikacích, kde je potřeba rychlé a přesné ovládání toku. (Bola spol s.r.o., 2018)

V této práci se použijí jednoduché malé solenoidové ventily. Ty lze připojit k ostatním komponentům jednoduše pomocí hadiček. Vyrábí se v několika různých provedeních, které se liší v následujících parametrech – v napájení, velikosti připojených hadiček a způsobech otevření při napájení. Vybraný model pracuje na 24 VDC a jeho provozní teplota se pohybuje v rozmezí od -5 °C až do 80 °C. Je ideální pro přenos studené i ohřáté vody. Ventil se skládá z plastového těla sloužícího pro připojení vody a z kovové konstrukce, ve které je umístěná cívka solenoidu. Celkem je v této práci potřeba čtyř jednocestných solenoidů.

2.4.1.5 Výběr teploměrů

Měření teploty je podstatnou částí této práce; PLC potřebuje vědět, jaká je aktuální teplota v bazénu a slunečním kolektoru, a proto bude potřeba dvou teploměrů. Jednou z možností je použití odporového kovového teploměru, který slouží pro přesné měření teploty. Protože však v této práci stačí znát pouze přibližnou teplotu vody, je možné použít teploměr digitální. Ten má výstup ve formě komunikačních protokolů a lze ho připojit na industriální sběrnice.

V této práci se použije digitální teploměr firmy Papouch, s.r.o., konkrétně typ TQS3 O. Ten se řadí mezi digitální tepelná čidla a jeho rozsah měření se pohybuje od -55 °C až do +125 °C. Odchylka měření se pohybuje v $\pm 0,5$ °C – tento rozdíl teploty v bazénu nemá žádný funkční vliv na kvalitu řízení, a proto je zvolené čidlo vhodným komponentem pro tuto práci. Po komunikační sběrnici RS485 s využitím protokolů Modbus nebo SPINEL dokáže pomocí dotazu posílat aktuální teplotu. Čidlo je malé a má velmi nízkou spotřebu (okolo 2 mA). Teplota je převáděna přímo ve °C, a proto ji není nutné převádět pomocí vzorce jako u jiných řešení. Lze ji měřit každé 2 ms. Na vrchní části teploměru je kontrolka, která svítí v případě probíhajícího měření teploty. Teploměr je ve venkovním provedení kvůli působení vody – jeho stupeň krytí je IP65. Jako senzor teploty vystupuje z krabičky kovová měřicí tyč obsahující čidlo. V čidle se nachází teplotní polovodičový senzor firmy Dallas s označením DS18B20.

2.4.1.6 Výběr hladinoměrů

V této práci je potřeba znát maximální a minimální výšku hladiny vody. Maximální výška signalizuje poruchový stav, který znamená možnost nebezpečí přetečení vody bazénu do okolí. Opakem je minimální hladina; ta znamená kritický stav nedostatku vody v bazénu. Bazén by v tuto chvíli nemohl správně fungovat.

Pro tuto aplikaci byl zvolen plovákový druh hladinoměrů. Protože se v práci kontroluje pouze překročení maximální hodnoty hladiny vody nebo její minimální hladina, stačí plovákový hladinoměr dvoustavový, který funguje na jednoduchém principu spínacího a

rozpínacího magnetického kontaktu. Konkrétně byl vybrán plovákový snímač od firmy Hadex s typovým označením M530. Je kompaktní, snímá ve svislé poloze a lze ho umístit pomocí držáků a přísavky na model bazénu. Pro maximální výšku hladiny byl vyroben držák podle dokumentace. Držák minimální hladiny se skládá z jednoduché přísavky s klipem. Plovák bude v řídicím systému fungovat jako spínací nebo rozpínací vstup. Jeho teplotní rozsah je od $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ a zároveň je určen pro použití ve vodě.

2.5 Výroba simulátoru slunečního kolektoru

V této práci bude sluneční kolektor realizován jako simulace reálného prvku z důvodu malého rozměru a nízké teploty ohřevu objemu reálným slunečním zářením. V reálné aplikaci by se skládal z prvků uvedených v teoretické části práce.

Jako konstrukční krabička pro kolektor byla zvolena plastová elektromontážní krabice firmy TIBOX. Její rozměry jsou $20 \times 20 \times 9,5$ cm. Tato velikost nám umožní upevnit všechny prvky, které jsou potřebné pro simulátor slunečního kolektoru.

Kolektor se bude skládat z několika komponentů. Prvním z nich je hadička o délce 5 metrů s průměrem 4 mm, která bude namotaná ve tvaru kruhu. Hadička bude připojena pomocí přípojek ke krabičce; z venku bude připojena pomocí stejných přípojek ke zbytku systému. V krabičce bude dále umístěn teploměr TQS3 O a řídicí elektronika simulace slunečního ohřevu. Na krabičce budou vyměřeny přesné rozměry pro vyvrtání děr dle technické dokumentace. Na přední části se bude nacházet vstup a výstup vody pro sluneční kolektor. Ze zadní strany bude přichycen simulátor slunečního ohřevu pomocí distančních sloupků a šroubků. Dále se na zadní straně bude nacházet chladicí ventilátor s mřížkou pro ochranu před poraněním. Z boční strany se vyvrtají otvory pro šrouby, které uchytí SSR relé. Poté se nakreslí díry pro průchodky, kterými bude protahován elektrický vodič v izolaci. Při vrtání se dbá na bezpečnost práce a každé naměřené místo pro otvor se alespoň dvakrát změří.

2.5.1 Simulace ohřevu sluncem

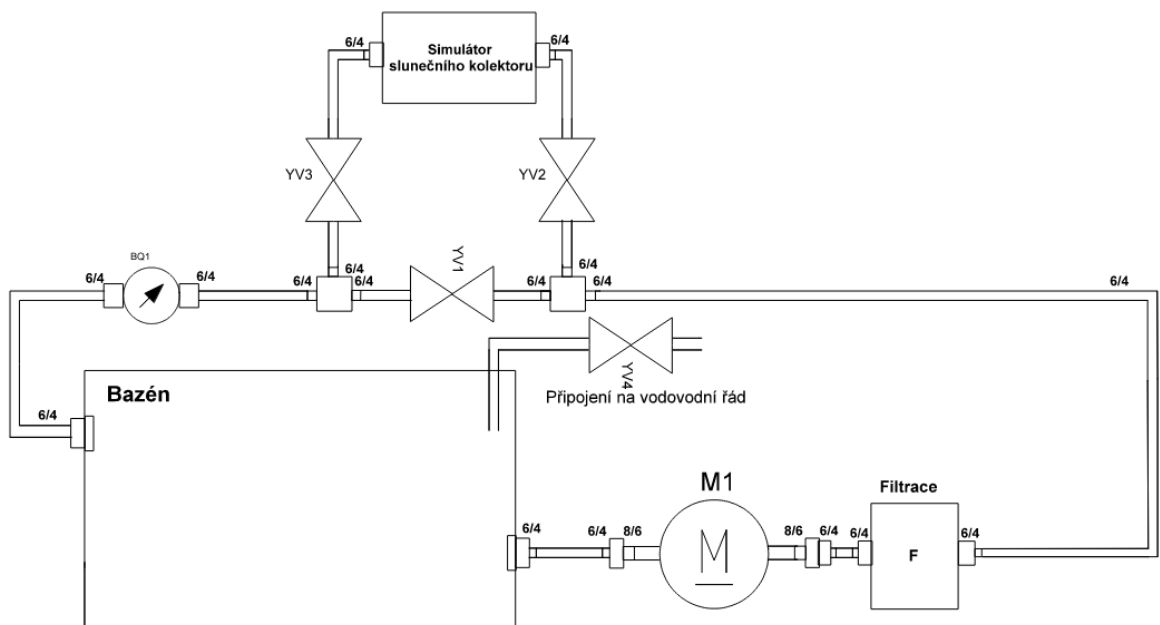
Tato simulace bude tvořena pomocí tepelného tělesa PTC. Těleso PTC se skládá z keramického topného tělesa a hliníkové profilu. Má malý tepelný odpor a vysokou účinnost výměny tepla.

Vybrané tělísko PTC je od firmy Hadex. Je nízkovýkonové, a proto se hodí pro uplatnění v simulaci. Má 30 W a ochranný termostat na $70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pro tělísko se vyrobí držák podle technické dokumentace a pro jeho řízení se využije SSR relé. Klasické relé by se v této aplikaci nehodilo,

protože časté spínání pro udržení teploty by namáhalo mechanické části a později by relé přestalo spínat. SSR relé se skládá z polovodičových součástek; nemá tedy mechanické části. Pro připojení napájení, které bude spínáno, se vyvede vodič na konektoru, kde bude podle schématu zapojených +24 V a společná zem.

2.6 Vodní schéma

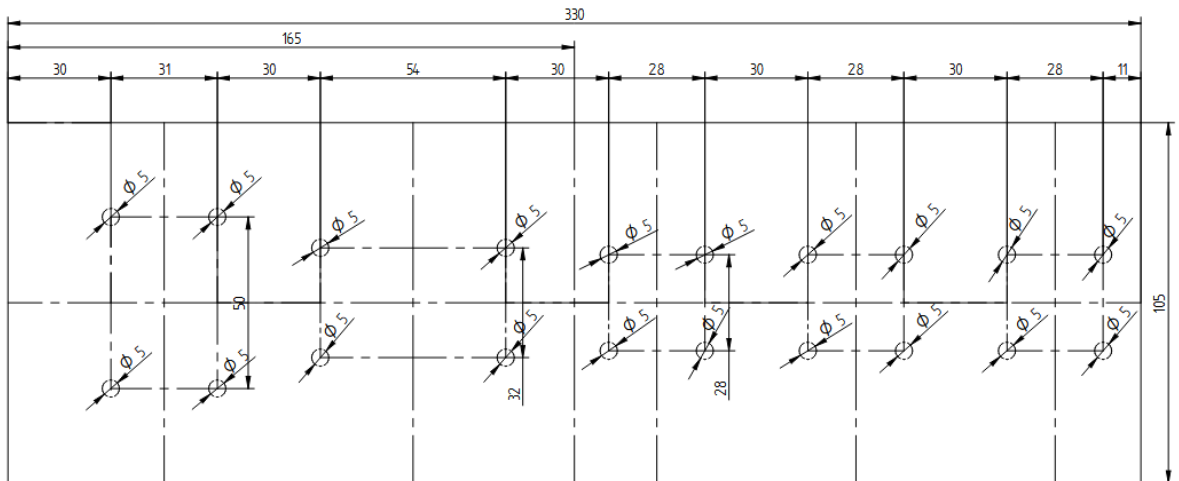
Vodní schéma bude znázorňovat, jak správně zapojit komponenty pomocí hadiček a průchodek. Pokud by nebylo zapojení správně, systém by pracoval nepředvídatelně, a proto je nutné toto schéma přesně sledovat a aplikovat na model. Hlavní přívody vody budou tvořeny hadičkou o vnitřním průměru 4 mm.



Obrázek 15 - Vodní schéma systému

2.7 Podstavec pro komponenty

Pro čerpadlo, ventily a průtokoměr se vyrobí deska, na kterou je bude možné upevnit. Tento podstavec se bude skládat z plastové desky, do které se vyvrtají montážní otvory pro instalaci prvků pomocí šroubků.



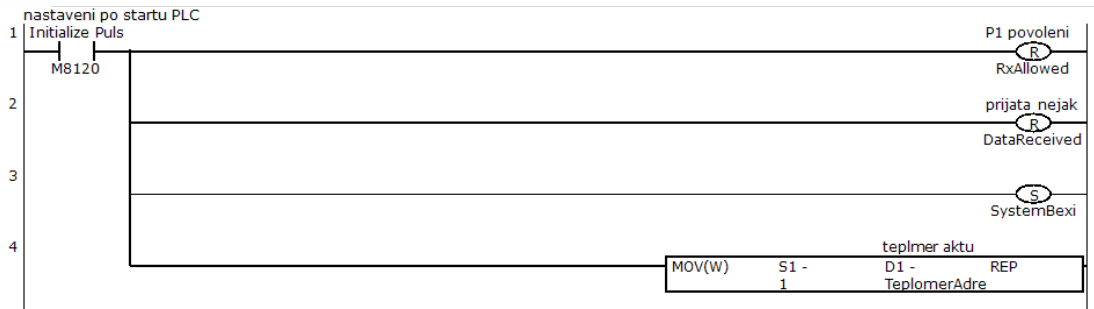
Obrázek 16 - Technický náčrt desky



Obrázek 17 - Realizace umístění komponentů

2.8 Program PLC

Program PLC bude vytvořen pomocí SW WinLDR. Firma IDEC vytvořila programovací manuál, který bude nápomocný při implementaci funkcí pro řízení systému. Hlavní smyčka programu bude buzena pomocí inicializačního pulsu, který se aktivuje při spuštění PLC. Program bude stále cyklicky vykonáván. V hlavním programu budou vyvolány podprogramy řazené do procedur.

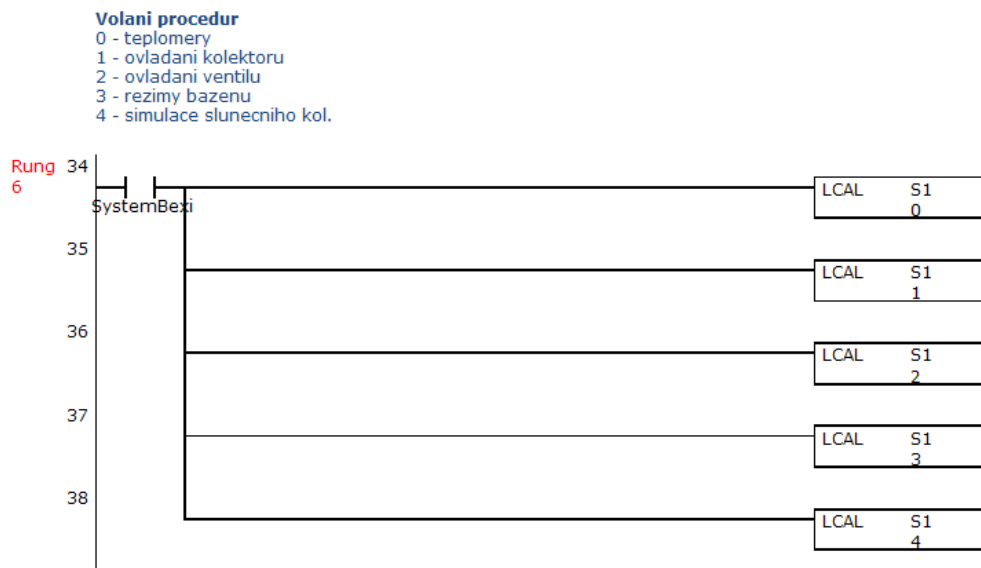


Obrázek 18 - Inicializační část programu PLC

Na obrázku je ukázka nastavení po startu PLC, kde inicializační puls resetuje povolení příjmu dat z teploměru, resetuje přijatá data a aktivuje SystemBexi, pomocí kterého se budou volat podprogramy. Pošle „1“ do registru aktuální adresy teploměru pro prvotní vybrání adresy teploměru č. 1.

2.8.1 Volání procedur

Tato část programu vykoná volání všech procedur systému pomocí funkce label call.



Obrázek 19 - Volání procedur

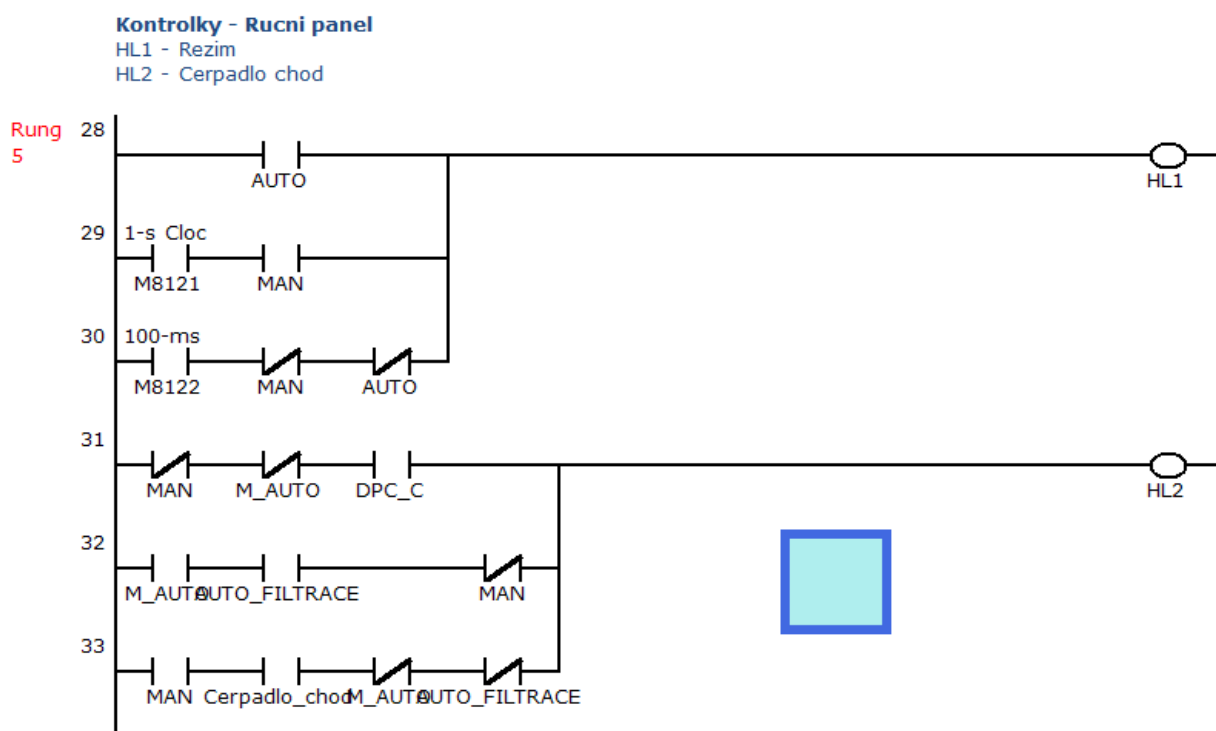
2.8.2 Algoritmus výběru režimu

Pro výběr režimu podle ručního panelu bude možné přenastavit aktuální chod řídicího systému. V režimu AUTO bude kontrolka H1 svítit stále. V režimu manuál bude svítit s periodou 1 sekundy. PC režim bude znázorněn rychlým blikáním s periodou 100 ms.

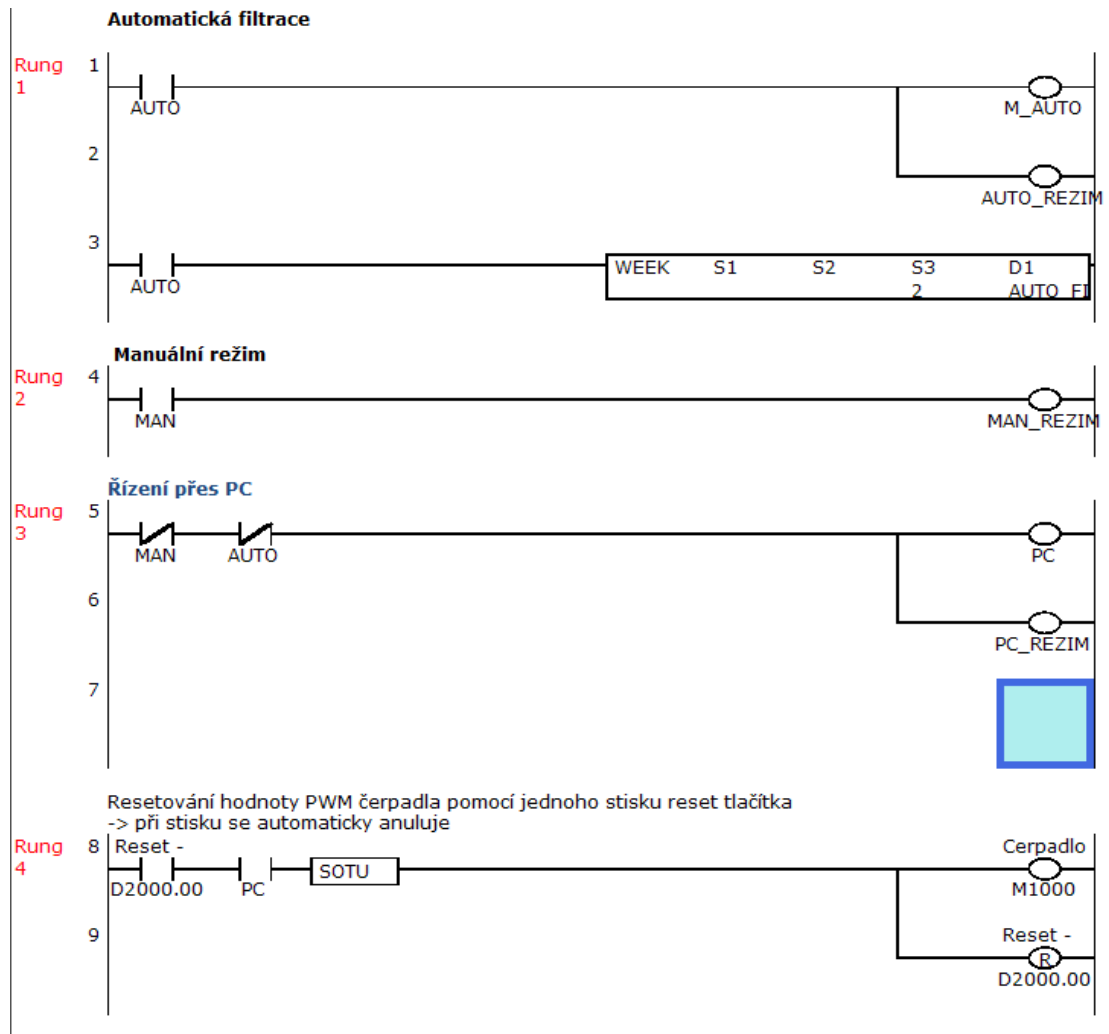
V režimu AUTO bude čerpadlo spínáno pomocí speciální funkce WEEK, která umožňuje předem nastavit podle interních hodin PLC čas spuštění čerpadla v daných časových okamžicích.

Režim MAN bude manuální – bude v něm možné ovládat čerpadlo pomocí otočného spínače. Další spínač bude uživateli sloužit k volbě směru vody kolektorem nebo hlavní cestou.

PC režim bude nastaven v případě, že nebude zvolen AUTO ani MAN režim chodu systému. Pomocí PC aplikace lze ovládat veškeré komponenty systému. V ostatních režimech bude aplikace sloužit pouze ke sledování chodu systému s možností nastavení parametrů.



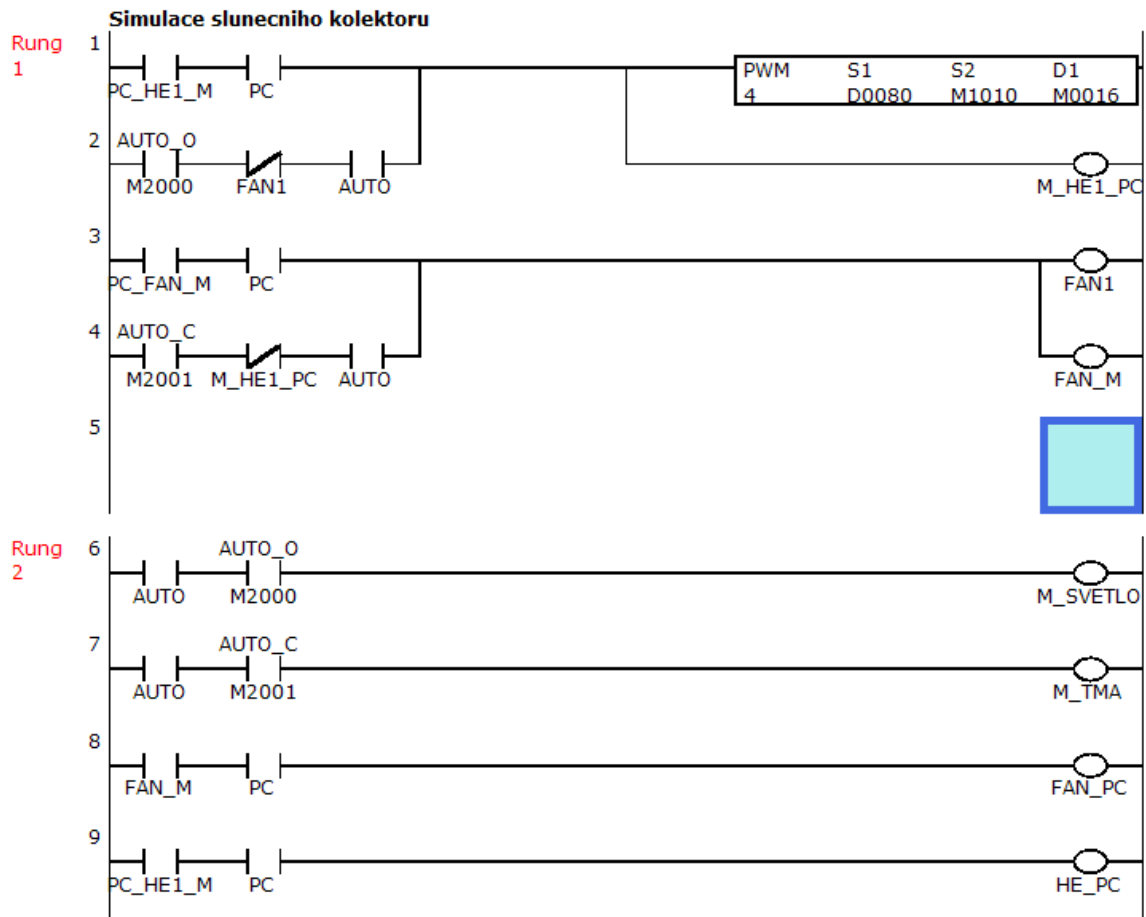
Obrázek 20 - Část programu pro ovládání kontrolky na ručním panelu



Obrázek 21 – Procedura volby režimu chodu systému

2.8.3 Algoritmus simulace ohřevu slunečního kolektoru

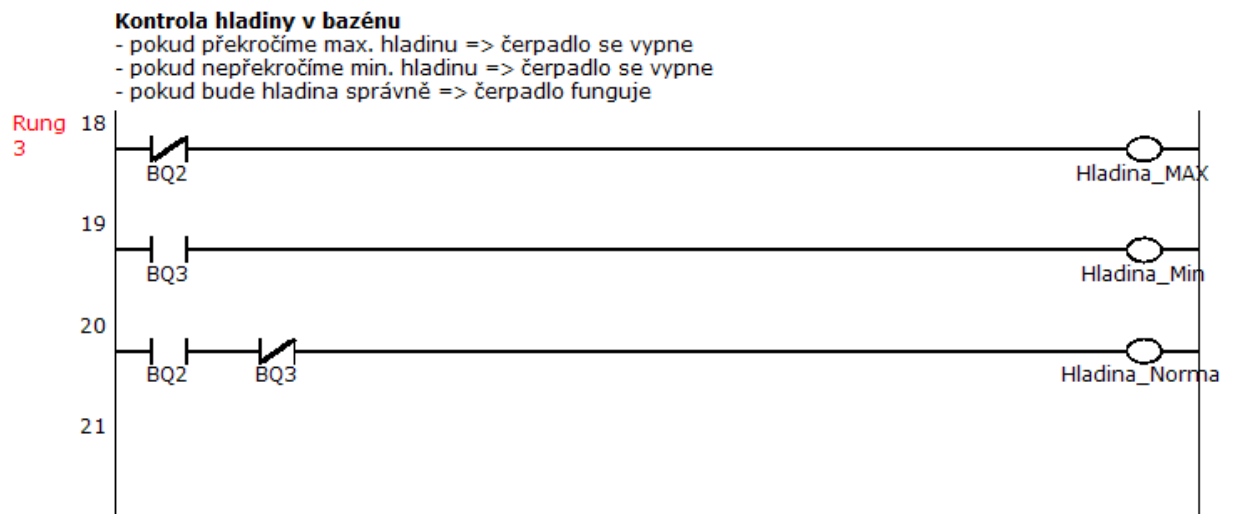
Simulace ohřevu sluncem ve slunečním kolektoru se bude skládat z jednoduché smyčky. Topné těleso HE1 zde bude řízeno PWM signálem, který bude ovládat SSR relé. Bude zde i možnost přivést studený vzduch pomocí ventilátoru FAN1. Celý ohřev bude možno ovládat pouze pomocí PC řídicí aplikace a v režimu AUTO bude probíhat automaticky.



Obrázek 22 - Procedura pro simulaci ohřevu

2.8.4 Algoritmus kontroly hladiny

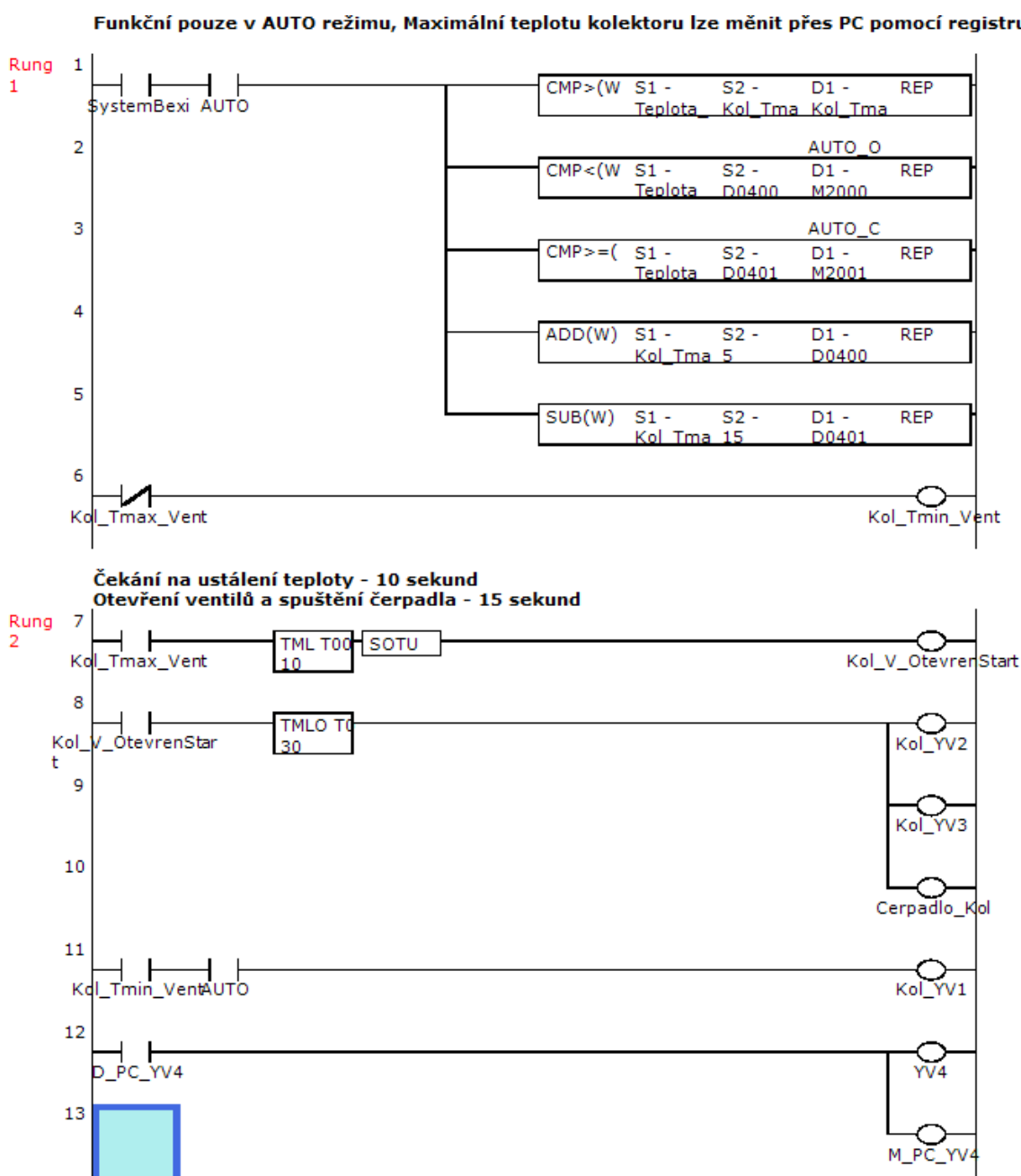
Kontrola hladiny bude tvořena jednoduchými vstupy plovacích hladinoměřů, které budou v poloze sepnuto nebo rozepnuto. Rozepnutí kontaktu BQ2 indikuje blízké přetečení vody bazénu do okolí. V normálním stavu bude kontakt BQ2 sepnutý a kontakt BQ3 minimální hladiny bude rozepnutý. Pokud bude sepnutý kontakt BQ3, tak v bazénu dochází k minimální hladině, při které se provoz zastaví. Pro jeho obnovení je potřeba doplnit vodu do bazénu.



Obrázek 23 - Kontrola hladiny

2.8.5 Algoritmus ovládání slunečního kolektoru

Ovládání slunečního kolektoru se bude skládat z neustálého porovnávání aktuální teploty v kolektoru s požadovanou teplotou nastavitelnou v řídicí aplikaci. Pokud bude tato teplota překročena, počká se na ustálení teploty alespoň deset sekund. Po tomto časovém úseku začne průběh vyprázdnění slunečního kolektoru do hlavního okruhu. Kolektor se zároveň naplní vodou studenou.



Obrázek 24 - Program pro řízení kolektoru

2.8.6 Komunikace s teploměry

S teploměry bude komunikováno po sběrnici RS485 s použitím protokolu SPINEL. Každou sekundu bude vyslán dotaz střídavě na teploměr č. 1 a teploměr č. 2. Po každém dotazu se zapne příjem. Pokud zpráva dorazí, tak se pomocí funkcí zpracuje do formátu použitelného v programu.

Formát zprávy pro dotaz změření a poslaní teploty je *B1TR <CR>; kde * = prefix; B = formát; 1 = adresa; TR je příkaz pro měření teploty; znak <CR> je koncový znak. Zpráva pro příjem měření bude ve formátu *B50+024.3C; kde * a B jsou stejná jako v dotazu pro měření. 5 je číslo adresy senzoru. 0 je potvrzovací znak. +024.3C je poslaná teplota. V programu se tato zpráva zpracuje tak, aby se dosáhlo teploty v celých číslech ve formátu např. 243 jako 24,3 °C.

2.9 Řídicí aplikace

Pro ovládání řídicího systému na dálku nebo pro vizualizaci aktuálních hodnot v systému byla vytvořena řídicí aplikace. Aplikace se v dnešní době dají psát různými programovacími jazyky, mezi něž spadají i objektově orientované jazyky, jako např. C++, C# nebo Python.

Pro komunikaci aplikace v počítači s řídicím systémem bude nutné použít protokol. Programovací jazyk aplikace bude v této práci C# od firmy Microsoft corp. Pro komunikaci s PLC se použije komunitní knihovna EasyModbusTCP, která umožní implementovat komunikaci Modbus TCP ve formě klienta. PLC bude tvořit server, ke kterému se pomocí IP adresy uživatel připojí PC aplikací. Aplikace bude informovat obsluhu bazénu o aktuálních stavech v řídicím systému. Pokud bude na ručním panelu zvolen režim ovládaný PC, tak aplikace převezme obsluhu řízení systému, kde bude možné pomocí tlačítek zapínat či vypínat komponenty a nastavovat různé parametry.

Aplikace bude napsána ve vývojovém prostředí Visual Studio 2022. To obsahuje návrhář pro Windows Form aplikace, díky němuž bude jednodušší tvorba uživatelsky přívětivého rozhraní.

Aplikace bude ve formě Windows Form, která je součástí frameworku .NET. Pomocí tohoto SW lze psát databázové programy, webové aplikace a formulářové aplikace pro Windows. Tyto aplikace fungují pouze na počítačích s operačním systémem Windows a nainstalovanou správnou verzí .NET frameworku.

2.9.1 Návod k řídicí aplikaci

Řídicí aplikace se skládá ze tří částí – z bočního panelu, informační části a části režimu řízení přes PC. Na bočním panelu programu jsou tlačítka pro připojení a odpojení PLC. Pod těmito tlačítky se nachází signalizace aktuálního stavu připojení. Spodní část boční strany ukazuje aktuální čas v počítači. Pod ním je aktuální čas v PLC, který se automaticky načte po připojení k PLC.

Informační část programu se nachází v horní části aplikace. Zobrazují se zde aktuální hodnoty v řízeném systému. Pod touto informační částí se nachází režim řízení počítačem. Každý prvek je možné zapnout či vypnout tlačítkem a je zde signalizace pomocí zelené kontrolky, že je daný prvek zapnut. Zároveň zde je možné nastavit parametry pro PWM regulaci čerpadla a maximální hodnoty v slunečním kolektoru.

Informační část				
Aktuální teplota Teplota bazénu - Teplota kolektoru -	Provoz filtrace Filtrace - Čerpadlo -	Režim řízení Mimo provoz	Aktuální Tmax v kolektoru Mimo provoz	Aktuální hladina v bazénu Mimo provoz Mimo provoz
Aktuální průtok Průtok - ml/min Frekvence - Hz	Aktuální oběh Mimo provoz	Aktuální PWM čerpadla Frekvence - Mimo provoz Střída - Mimo provoz	Simulace slun. kol. Mimo provoz	Připojení k vodovodu Mimo provoz

Obrázek 25 - Informační část aplikace

Režim řízení přes PC			
Řízení ventilů YV1 - Standartní oběh <input type="checkbox"/> Vypnout <input type="checkbox"/> Zapnout YV2 - Kolektor VSTUP <input type="checkbox"/> Vypnout <input type="checkbox"/> Zapnout YV3 - Kolektor VÝSTUP <input type="checkbox"/> Vypnout <input type="checkbox"/> Zapnout YV4 - Dopouštění vody <input type="checkbox"/> Vypnout <input type="checkbox"/> Zapnout	Nastavitelné parametry Nastavení Tmax v kolektoru <input type="text"/> Poslat Nastavení frekvence PWM Čerp. <input type="text"/> Poslat Nastavení střidy PWM Čerp. <input type="text"/> Poslat Reset hodnot PWM Čerpadla <input type="button" value="Reset"/>	Ovládání čerpadla Čerpadlo <input type="checkbox"/> Vypnout <input type="checkbox"/> Zapnout Simulace slunečního kolektoru Topné těleso HE1 <input type="checkbox"/> Vypnout <input type="checkbox"/> Zapnout Ventilátor FAN1 <input type="checkbox"/> Vypnout <input type="checkbox"/> Zapnout	PWM % Itenzita <input type="text"/> Poslat Aktuální: -

Obrázek 26 - Režim řízení přes PC

Řídicí aplikace pro model bazénu

X
 □
 -

PLC:

Připojit

Odpojit

Připojení: Offline

Aktuální čas PC
05:17:42
25.4.2024

Aktuální čas PLC
Hodina
rok

Závesná KRAUS 2024
UPCE FEI AUT

Informační část

Aktuální teplota Teplota bazénu Teplota kolektoru	Provoz filtrace Filtrace Čerpadlo	Režim řízení Mimo provoz	Aktuální hladina v bazénu Mimo provoz Mimo provoz
Aktuální průtok - m ³ /min Frekvence - Hz	Aktuální oběh Mimo provoz	Aktuální PWM čerpadla Frekvence Střída	Připojení k vodovodu Mimo provoz

Režim řízení přes PC

Řízení ventilů

YV1 - Standardní oběh

Vypnout
 Zapnout

YV2 - Kolektor VSTUP

Vypnout
 Zapnout

Nastavitelné parametry

Nastavení Tmax v kolektoru

Nastavení frekvence PWM Čerp.

Nastavení střídavy PWM Čerp.

Reset hodnot PWM Čerpadla

Ovládání čerpadla

Čerpadlo

Vypnout
 Zapnout

PWM %

Aktuální:

Simulace slunečního kolektoru

Topné těleso HE1

Vypnout
 Zapnout

Ventilátor FAN1

Vypnout
 Zapnout

Obrázek 27 - Řídicí aplikace

49

ZÁVĚR

Bakalářská práce byla věnována problematice vhodného návrhu řídicího systému bazénu. Všechny takovéto systémy jsou hlavním prvkem pro chod a provoz bazénů a mají různé výhody a nevýhody. Aby byl systém navržen správně, je potřeba znát parametry pro řízení bazénu. Mezi tyto parametry patří řízení na dálku, chod filtrace v určitém čase a požadavky na automatizaci. Tyto požadavky jsou různé; může se jednat např. o měření teploty, řízení dopouštění vody, kontrolu hladiny, kontrolu průtoku a možnost ovládní různých ohřevů vody.

Takovéto systémy se liší od jednoduchých, kde veškeré řízení tvoří časově spínané relé. Lze v nich pouze ovládat čas filtrace a chod čerpadla. Prakticky zde neprobíhá žádná kontrola teploty, hladiny nebo průtoku. Tyto systémy se musí ručně nastavit v rozvaděčové skříni řídicího systému. Opakem jsou chytré systémy řízení, které již obsahují mikroprocesory nebo PLC. Existuje mnoho způsobů, jak je připojit na senzory pro měření kvality vody, teploty vody v bazénu, aktuální hladiny a průtoku.

Hlavním cílem této práce bylo navrhnout vhodný řídicí systém pro řízení bazénu. Pro ukázkou se vyrobil fyzický model bazénu, kde lze tento proces vidět. Vytvořilo se zde ovládní čerpadla a ventilů. Měřil se aktuální průtok okruhem bazénu, aktuální teplota vody v modelu a horní a spodní hladina vody v bazénu. Pro ohřev vody se vytvořil model slunečního kolektoru, ve kterém se měřila jeho aktuální teplota. Model slunečního kolektoru bylo možné ohřívat pomocí simulátoru slunečního záření. Dalším cílem bylo vytvořit řídicí aplikaci pro počítač. Hlavním řídicím prvkem tohoto systému bylo PLC. Systém bylo možné ovládat ručně, nebo také pomocí aplikace.

V budoucnu je možné tuto práci rozšířit o další sluneční kolektory, další měření teploty v těchto kolektorech, vytvoření mobilní aplikace pro ovládní systému a o připojení řídicího systému do internetové sítě, čímž by bylo možné ho ovládat na dálku.

POUŽITÁ LITERATURA

- ALBIXON A.S., 2024. *Bazénová filtrace Jak vybrat bazénovou filtraci* [online]. [cit. 2024-04-17]. Dostupné z: <https://www.bazeny.cz/jak-vybrat-bazenovou-filtraci/>
- ALBIXON A.S., 2024. *Jak správně měřit pH vody v bazénu?* [online]. [cit. 2024-04-15]. Dostupné z: <https://www.bazeny.cz/jak-spravne-merit-ph-vody-v-bazenu/>
- BENEŠ, Pavel, 2003. *Automatizace a automatizační technika*. Vyd. 2. Brno: Computer Press. ISBN 80-7226-248-3.
- BOLA SPOL S.R.O., 2018. *Typy elektromagnetických ventilů* [online]. [cit. 2024-04-17]. Dostupné z: <https://www.smstork.cz/typy-elektromagnetickych-ventilu/>
- ČEZ, 2006. *Princip solárního kolektoru* [online]. [cit. 2024-04-15]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k21.htm>
- DVOŘÁK, Ing. Stanislav, 2023. *Vše, co potřebujete vědět o solárních kolektorech: Průvodce pro začátečníky* [online]. [cit. 2024-04-15]. Dostupné z: <https://solarni-ohrev-vody.cz/clanky/solarni-kolektory-na-ohrev-vody>
- ESEOS S.R.O., 2024. *Bazénový skimmer* [online]. [cit. 2024-04-15]. Dostupné z: <https://www.bazenonline.cz/skimmery>
- KARLÍK, Robert, 2009. *Tepelné čerpadlo pro váš dům*. Praha: Grada. Profi & hobby. ISBN 9788024727202.
- MARTINÁSKOVÁ, Marie. Programovací jazyky pro PLC. *Automatizace*, ročník 47, číslo 6, 2004.
- PLK S.R.O., 2024. *Trysky* [online]. [cit. 2024-04-15]. Dostupné z: <https://www.bazenishop.cz/trysky/>
- POUCHA, Ing. Pavel, 2024. *Komunikace pro průmyslových linkách RS485 a RS422* [online]. [cit. 2024-04-17]. Dostupné z: <https://papouch.com/komunikace-pro-prumyslovych-linkach-rs485-a-rs422-p3735/?cid=217>
- SPINEL Komunikační protokol Obecný popis, 2019. In: *Www.papouch.com* [online]. [cit. 2024-04-17]. Dostupné z: https://cdn.papouch.com/data/user-content/old_eshop/files_article/Spinel/spinel_obecne.pdf
- ŠMEJKAL, Ladislav a MARTINÁSKOVÁ, Marie. *PLC a automatizace*. Praha: BEN – technická literatura, 1999. ISBN 80-86056-58-9.

ŠMEJKAL, Ladislav, 2005. *PLC a automatizace*. Praha: BEN - technická literatura. ISBN 80-7300-087-3.

ŠMEJKAL, Ladislav. *PLC a automatizace*. Praha: BEN – technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-087-3.

ŠVARC, Ivan, 2002. *ZÁKLADY AUTOMATIZACE*. Brno. Vysokoškolská skripta. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ.

TULKA, Jiří, 2002. *Termika: (učební text pro předmět Fyzika I)*. Pardubice: Univerzita Pardubice. ISBN 8071944297.

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Kopené bazény, 2024. In: *Bazény šulc* [online]. [cit. 2024-04-19]. Dostupné z: <https://www.bazeny-sulc.cz/zajimavost/kopane-bazeny-vyherce-mezi-zahradnimi-bazeny>
- Automatické ovládání pro filtraci - F1, 2024. In: *VagnerPool* [online]. [cit. 2024-04-19]. Dostupné z: https://www.vagnerpool.com/web/data/produkty/534510801.jpg_7.tbl
- Schéma tepelných čerpadel, 2024. In: ELKAP S.R.O. *Www.elkap.shop* [online]. [cit. 2024-04-19]. Dostupné z: <https://img.elkap.shop/images/schema%20tep.%20cerpadel1.jpg>
- Topení EOV-3. In: *VagnerPool* [online]. [cit. 2024-04-19]. Dostupné z: https://www.vagnerpool.com/web/data/produkty/350074562.jpg_7.tbl
- Hodnoty pH, 2024. In: *Věda nás baví* [online]. [cit. 2024-04-19]. Dostupné z: http://www.vedanasbavi.cz/upload/images/orisky/VI_07_2.jpg
- INTRODUCTION TO MODBUS TCP/IP, 2005. In: PROSOFT TECHNOLOGY. *ProSoft Technology* [online]. [cit. 2024-04-19]. Dostupné z: https://www.prosoft-technology.com/kb/assets/intro_modbustcp.pdf

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA 1: Schéma řízení

PŘÍLOHA 2: Technologické schéma systému

PŘÍLOHA 3: Přívod a napájecí část

PŘÍLOHA 4: Sestava PLC, komunikační připojení

PŘÍLOHA 5: Vstupy PLC

PŘÍLOHA 6: Výstupy PLC

PŘÍLOHA 7: Vizualizace ručního panelu

PŘÍLOHA 8: Zapojení vody

PŘÍLOHA 9: Technický nákres děr na rozvaděči

PŘÍLOHA 10: Technický nákres desky

PŘÍLOHA 11: Technický nákres ručního panelu

PŘÍLOHA 12: Technický nákres desky rozvaděče

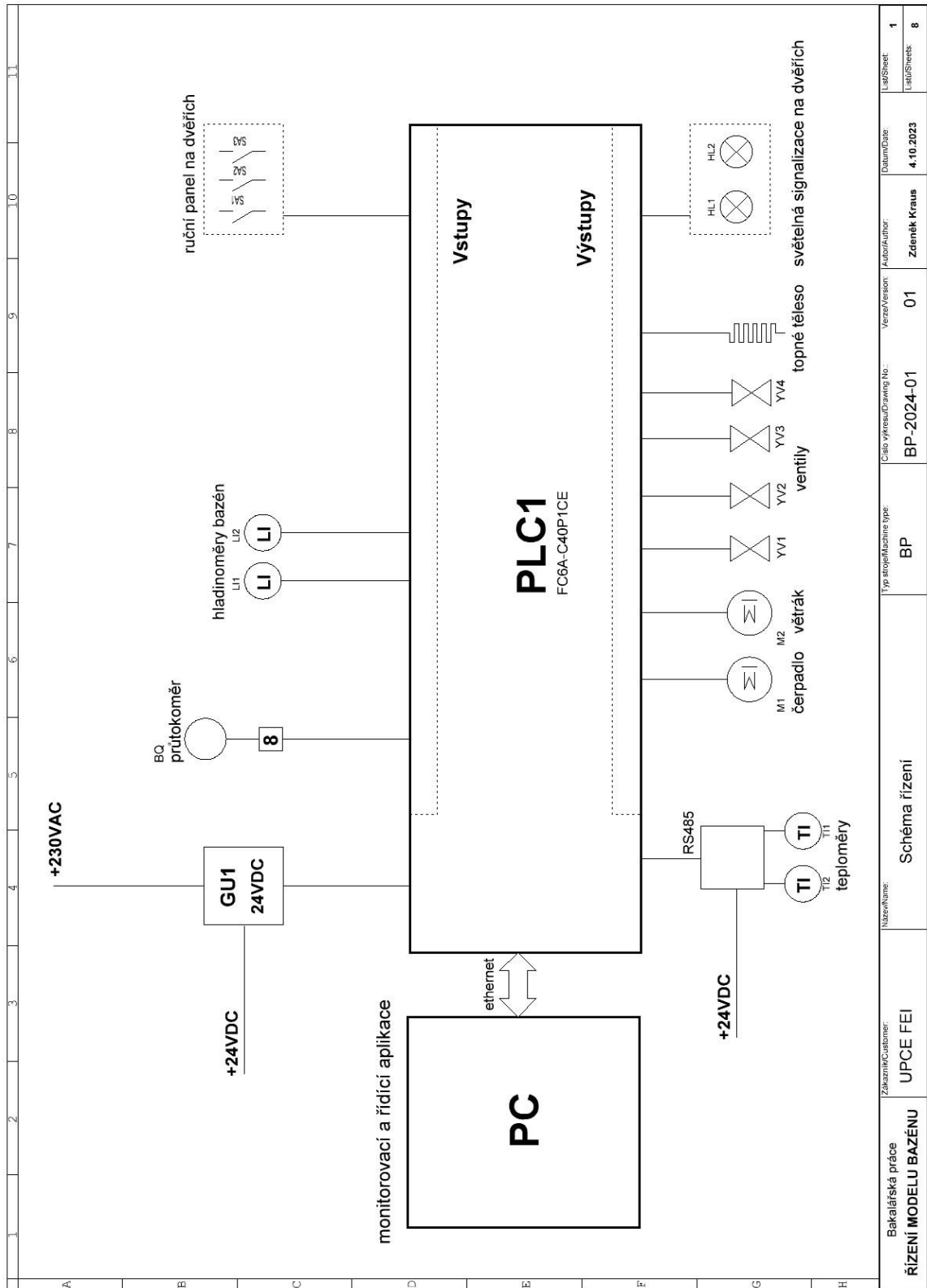
PŘÍLOHA 13: Technický nákres děr pro kolektor 1

PŘÍLOHA 14: Technický nákres děr pro kolektor 2

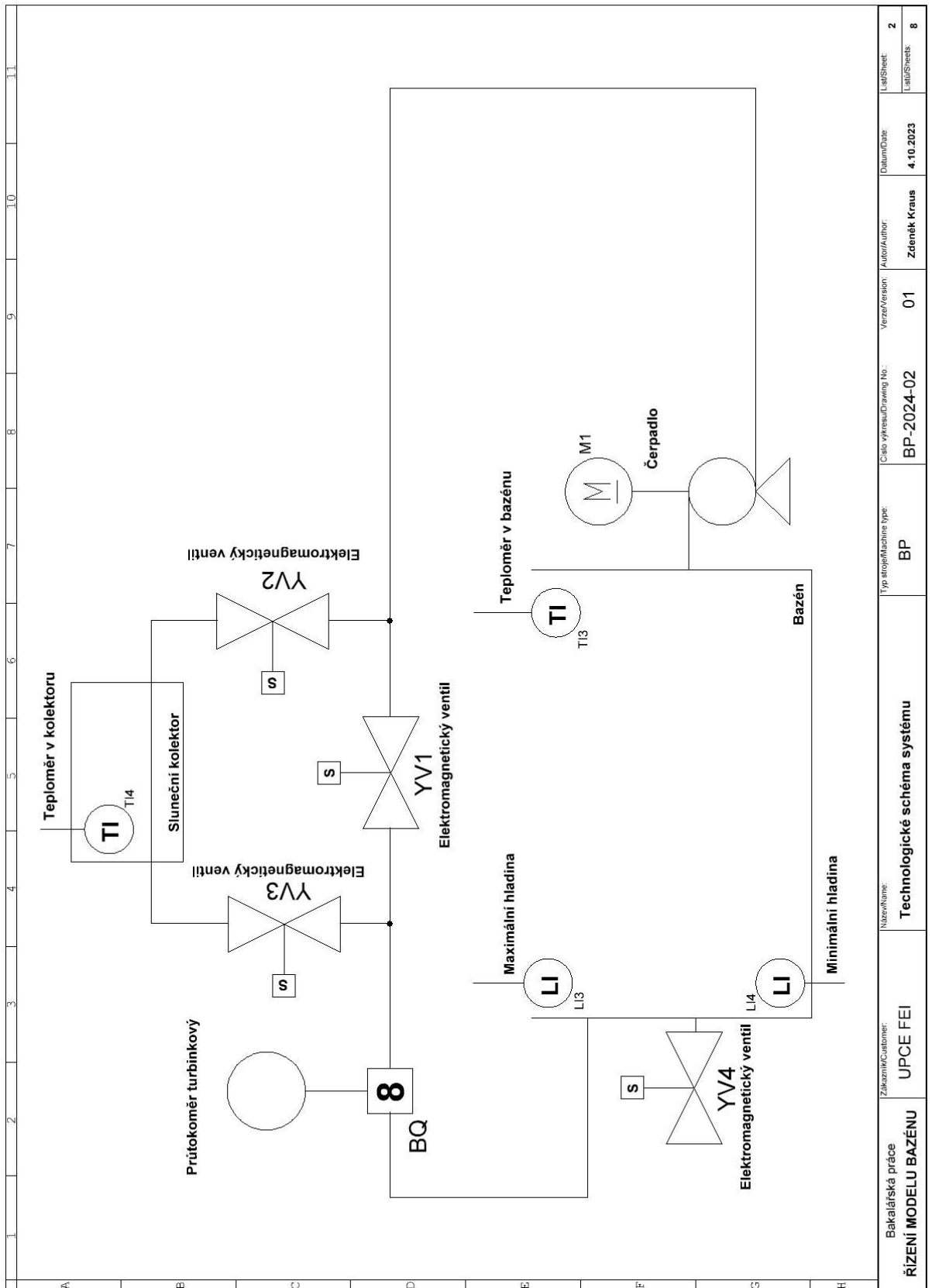
PŘÍLOHA 15: Technický nákres děr pro kolektor 3

PŘÍLOHA 16: Konstrukce držáků komponentů připojení

PŘÍLOHA 1: Schéma řízení

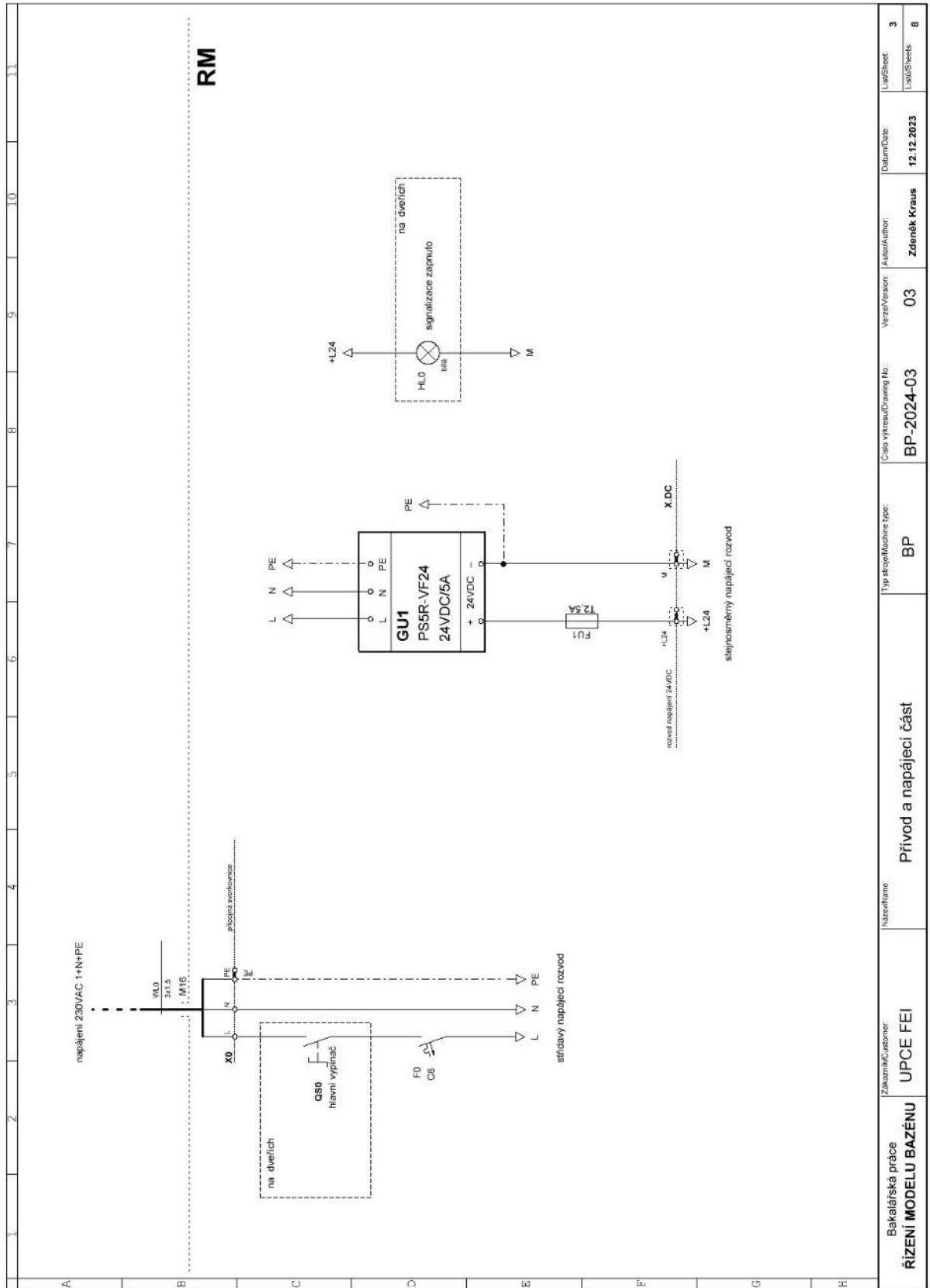


PŘÍLOHA 2: Technologické schéma systému



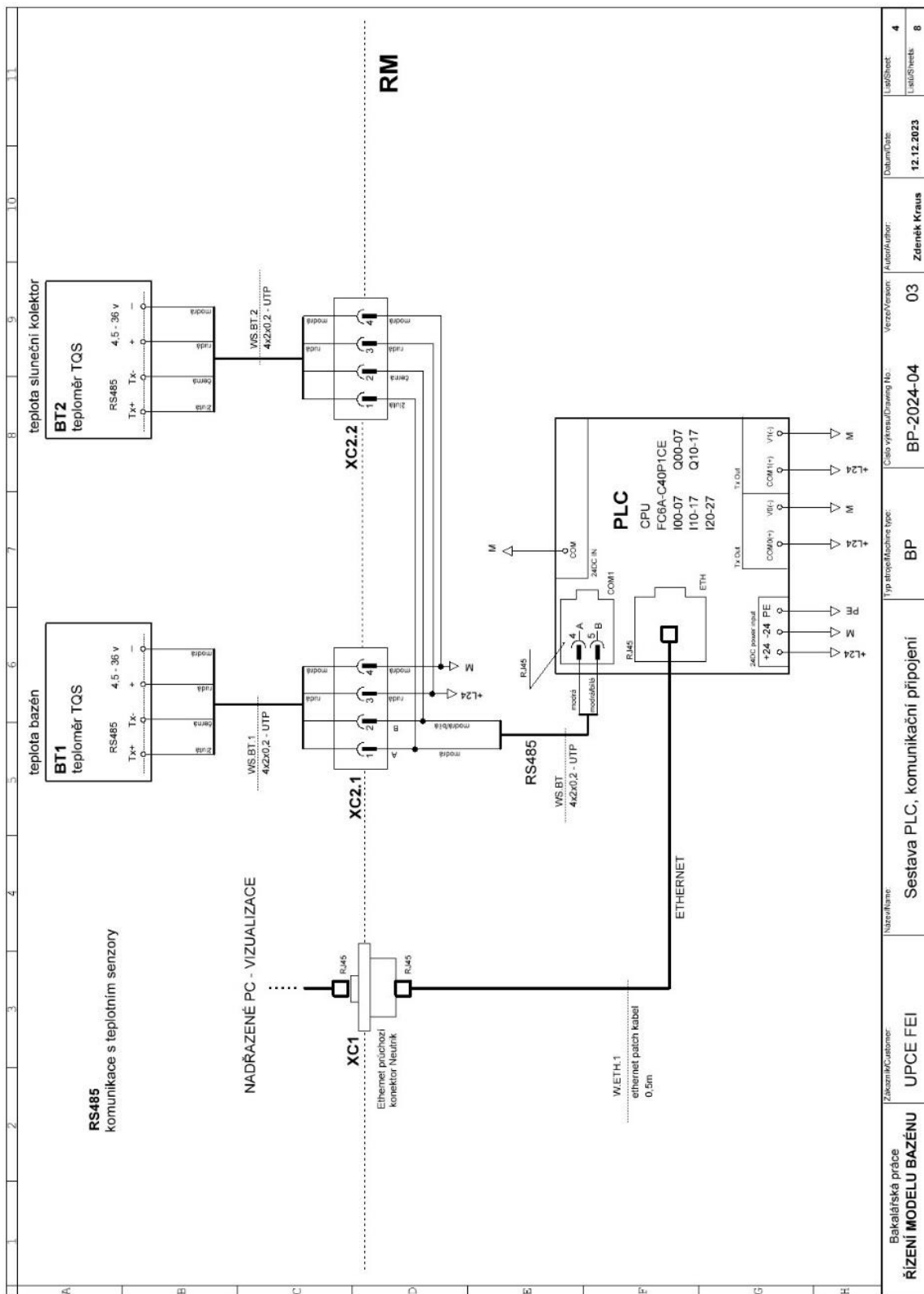
Bakalářská práce	Zákazník/Customer:	Název/Name:	Typ strojní/šablony type:	Číslo výřezu/drawing No.:	Verze/Version:	Autor/Author:	Datum/Date:	Liš/Sheet:
ŘÍZENÍ MODELU BAZÉNU	UPCE FEI	Technologické schéma systému	BP	BP-2024-02	01	Zdeněk Kraus	4.10.2023	2
								8

PŘÍLOHA 3: Přívod a napájecí část

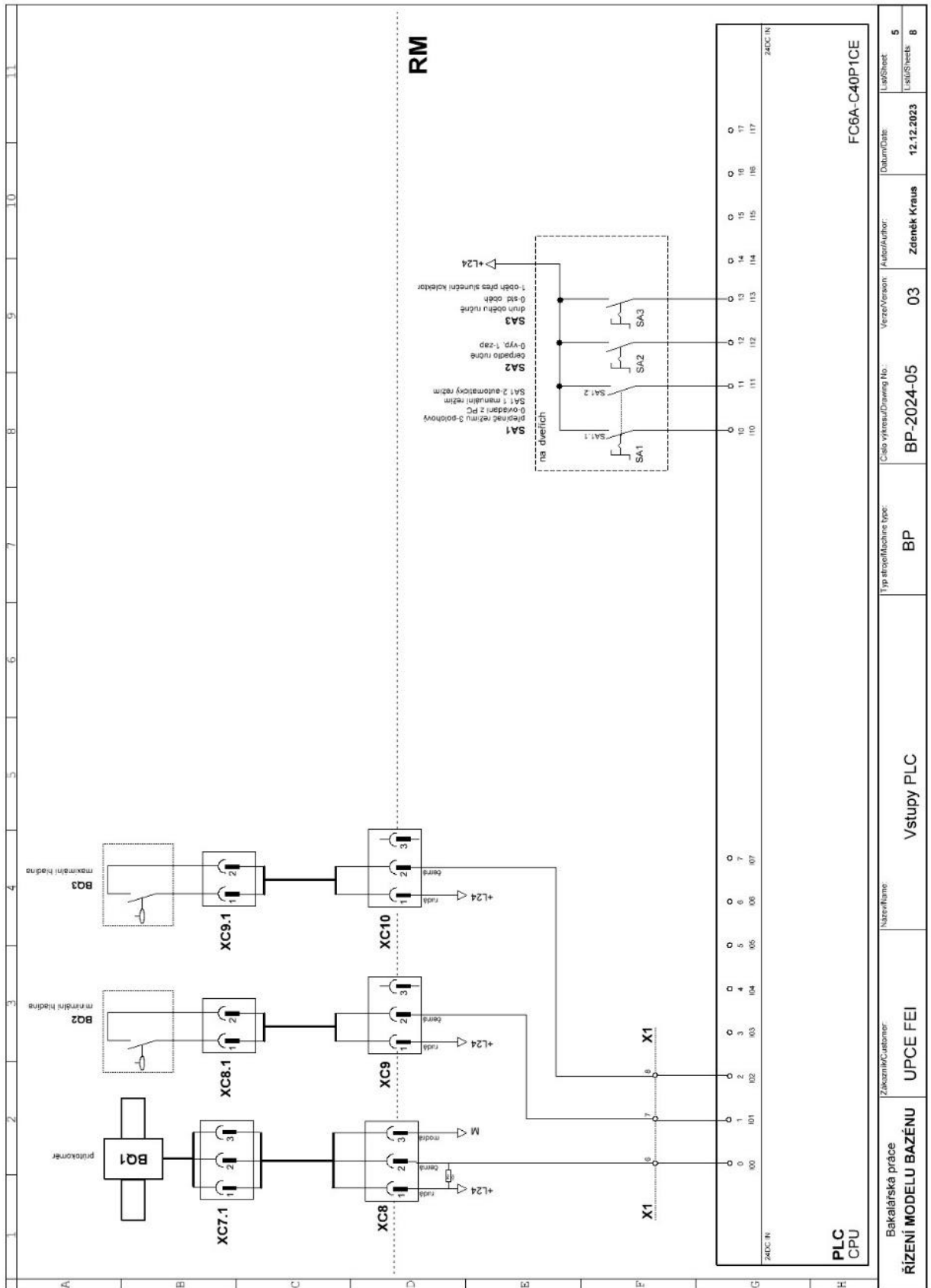


Bakalářská práce ŘÍZENÍ MODELU BAZÉNU	Zákazník/Customer: UPCE FEI	Název/dname: Přívod a napájecí část	Typ stroj/Machine type: BP	Celo vyřazení/Drawing No.: BP-2024-03	Verze/Version: 03	Autor/Author: Zdeněk Kraus	Datum/Dat.: 12.12.2023	LeafSheet: 3
								LeafSheet: 8

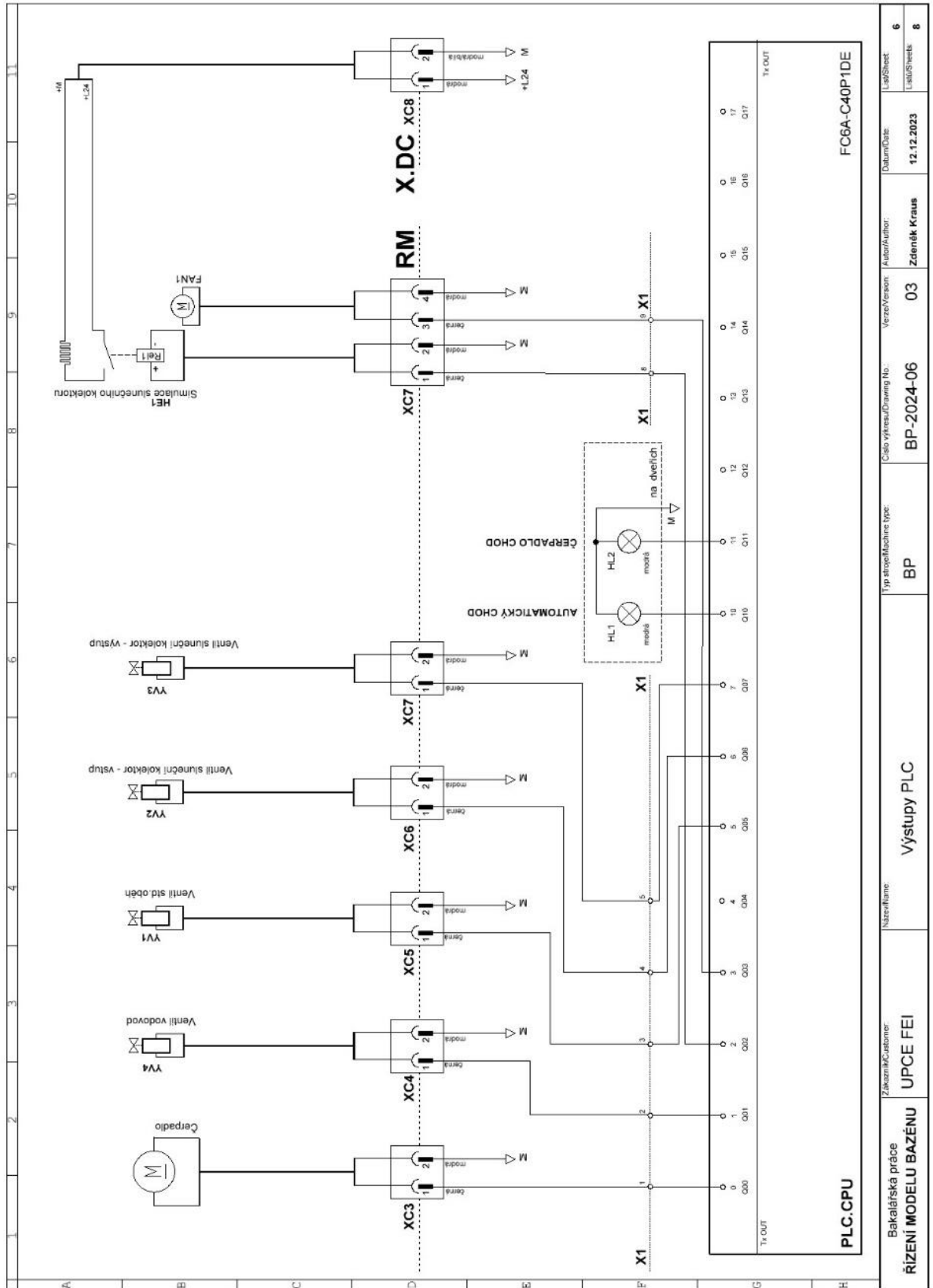
PŘÍLOHA 4: Sestava PLC, komunikační připojení



PŘÍLOHA 5: Vstupy PLC

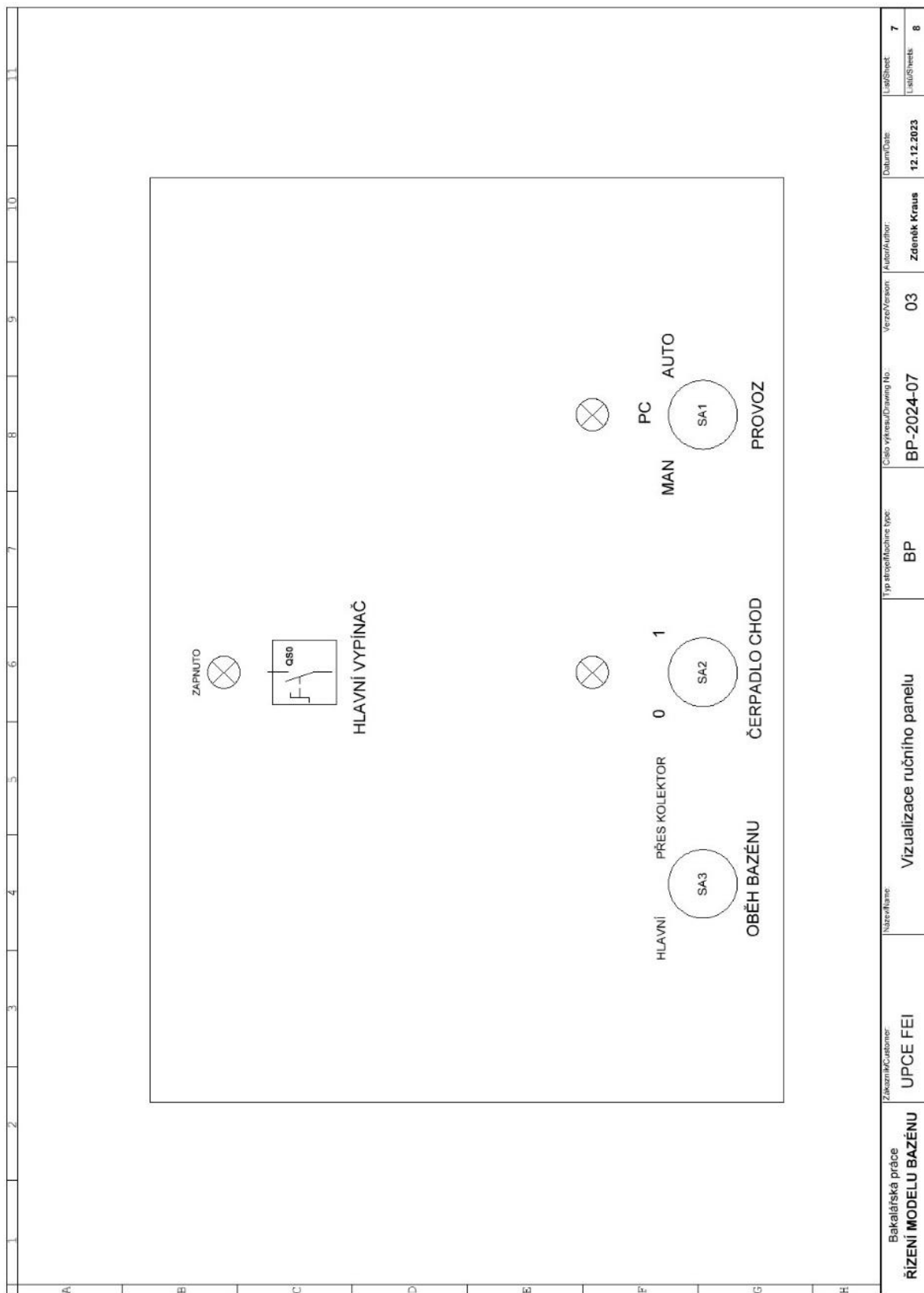


PŘÍLOHA 6: Výstupy PLC

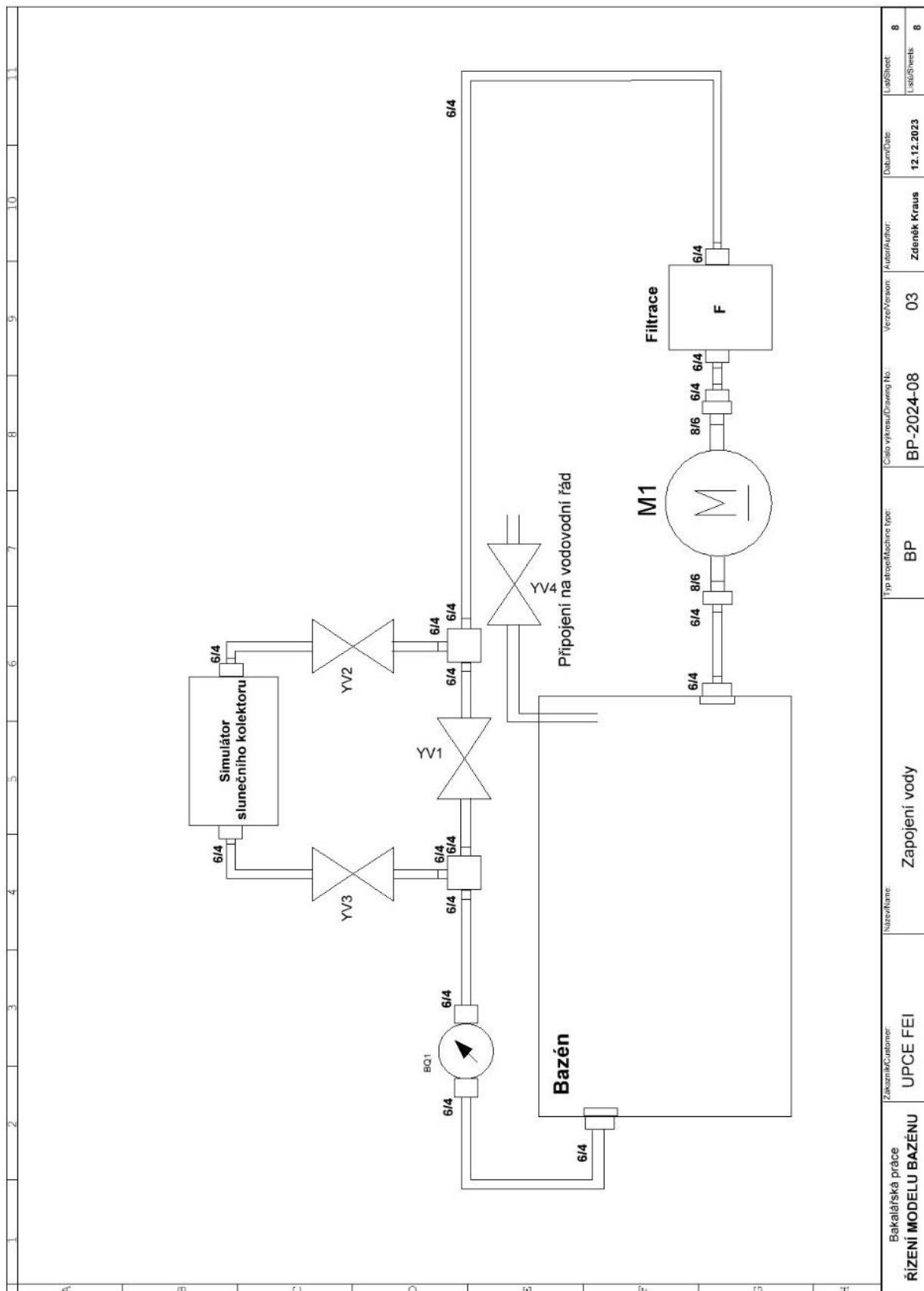


Bakalářská práce	Zákazník/Customer:	Název/Name:	Typ stroje/Machine type:	Číslo výkresu/Drawing No.	Verze/Version:	Autoř/Author:	Datum/Date:	Lištník/Sheet:
ŘÍZENÍ MODELU BAZÉNU	UPCE FEI	Výstupy PLC	BP	BP-2024-06	03	Zdeněk Kraus	12.12.2023	6
								8

PŘÍLOHA 7: Vizualizace ručního panelu

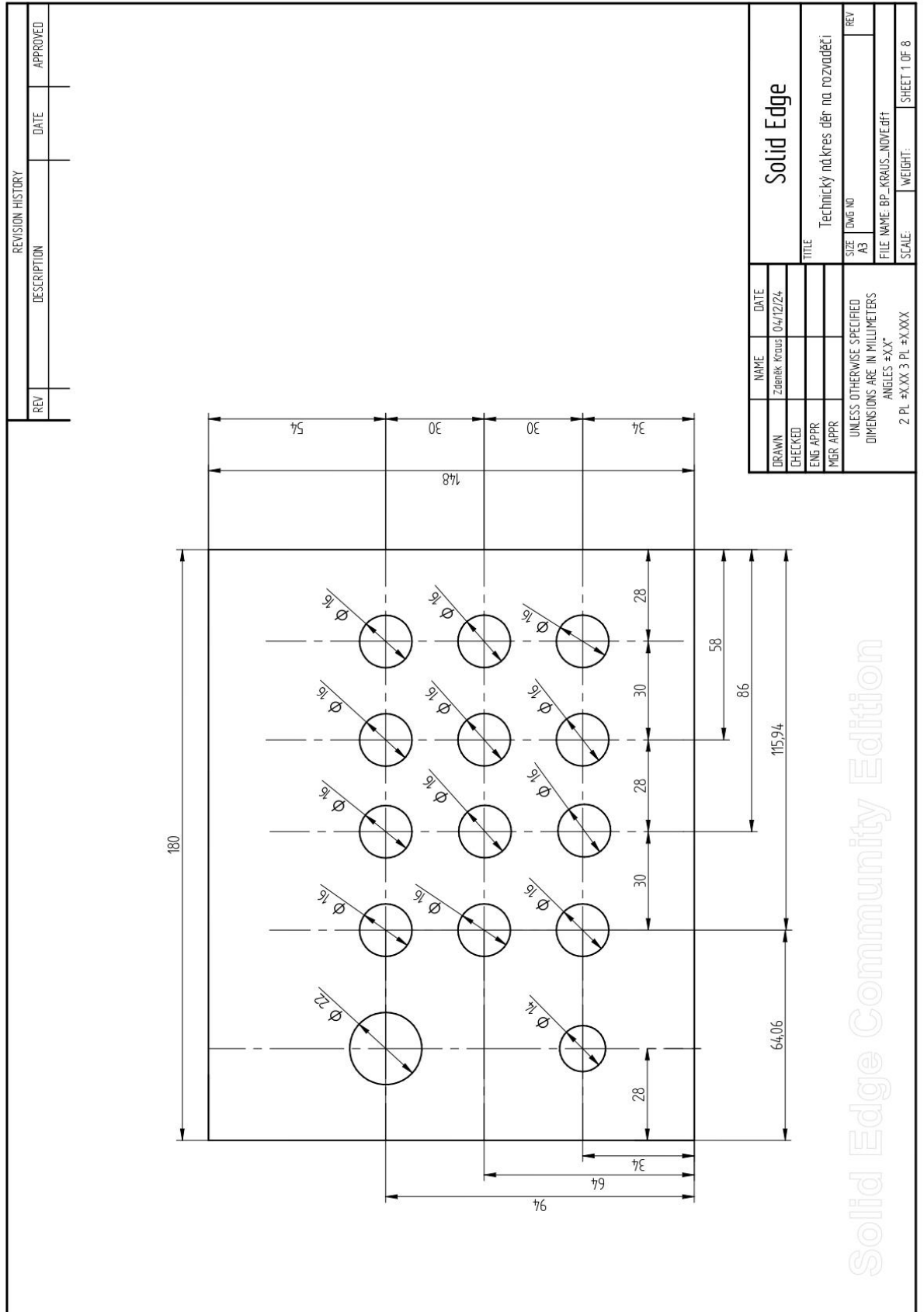


PŘÍLOHA 8: Zapojení vody



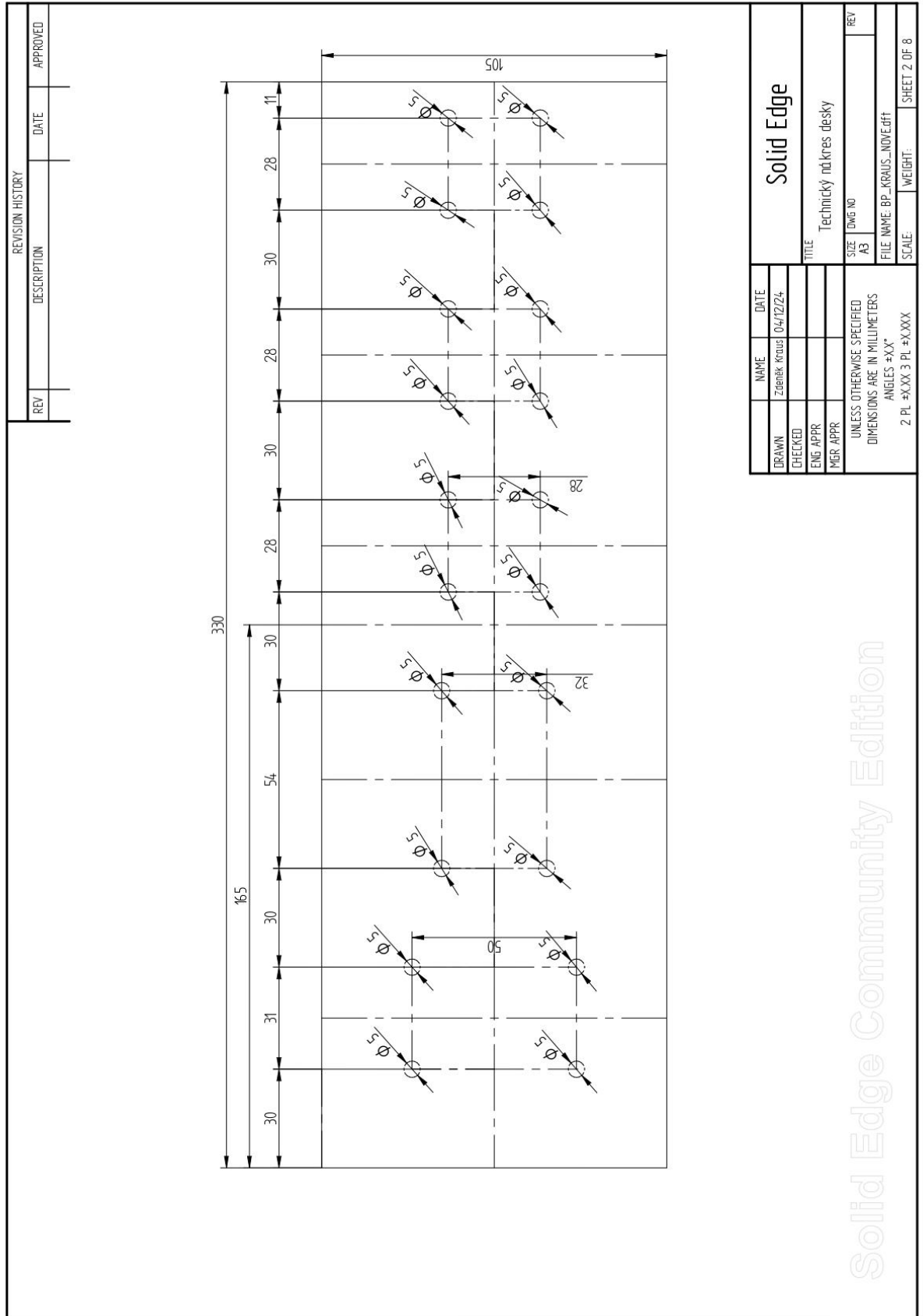
Bakalářská práce	Zakazník/Client:	Název/Name:	Typ objektu/Building type:	Celošifrovací/Drawing No.:	Verze/Version:	Autoř/Author:	Datum/Date:	Leto/Sheet:
ŘÍZENÍ MODELU BAZÉNU	UPCE FEI	Zapojení vody	BP	BP-2024-08	03	Zdéněk Kraus	12.12.2023	8
								8

PŘÍLOHA 9: Technický náčrt děr na rozvaděči



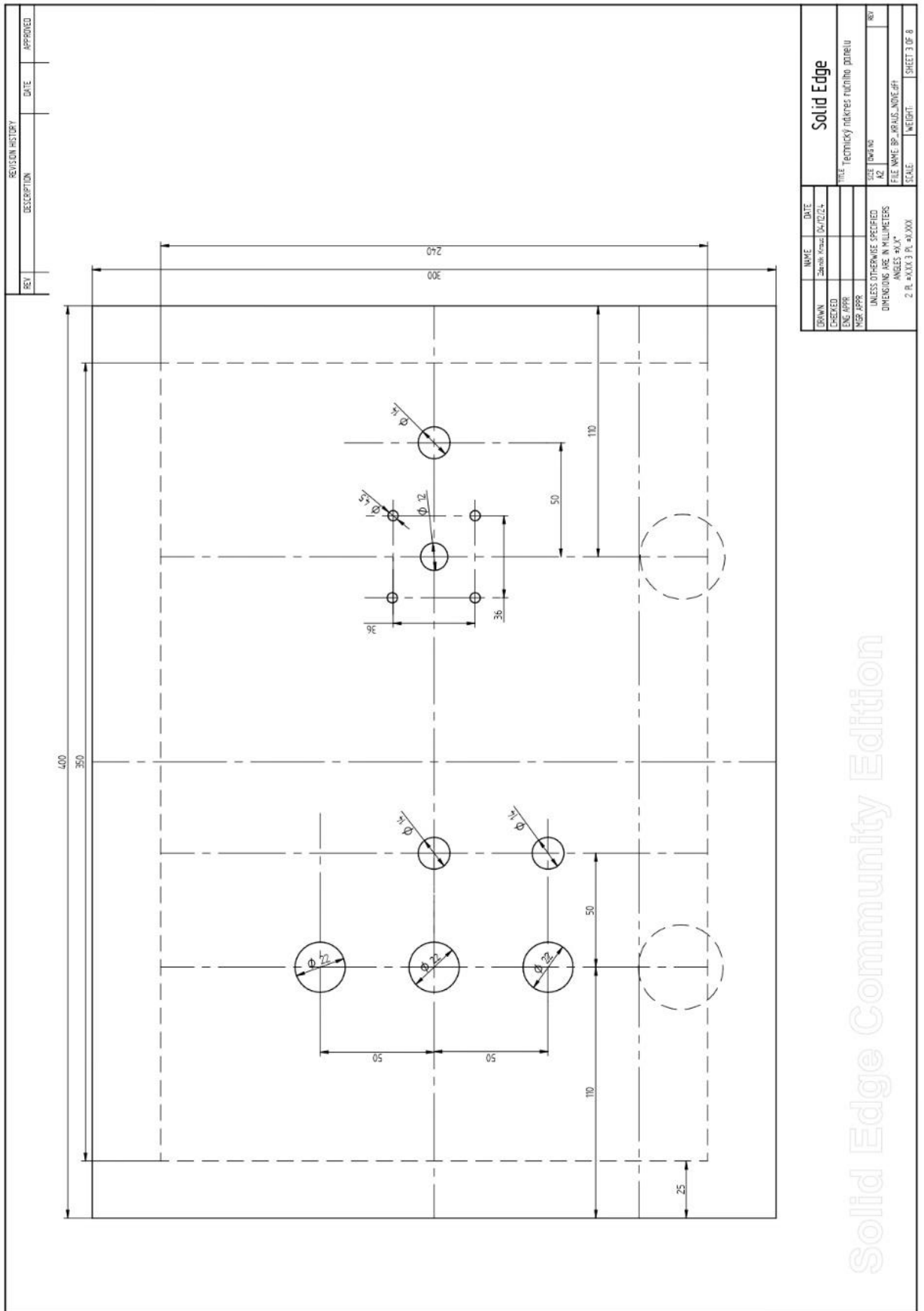
Solid Edge Community Edition

PŘÍLOHA 10: Technický náčrt desky



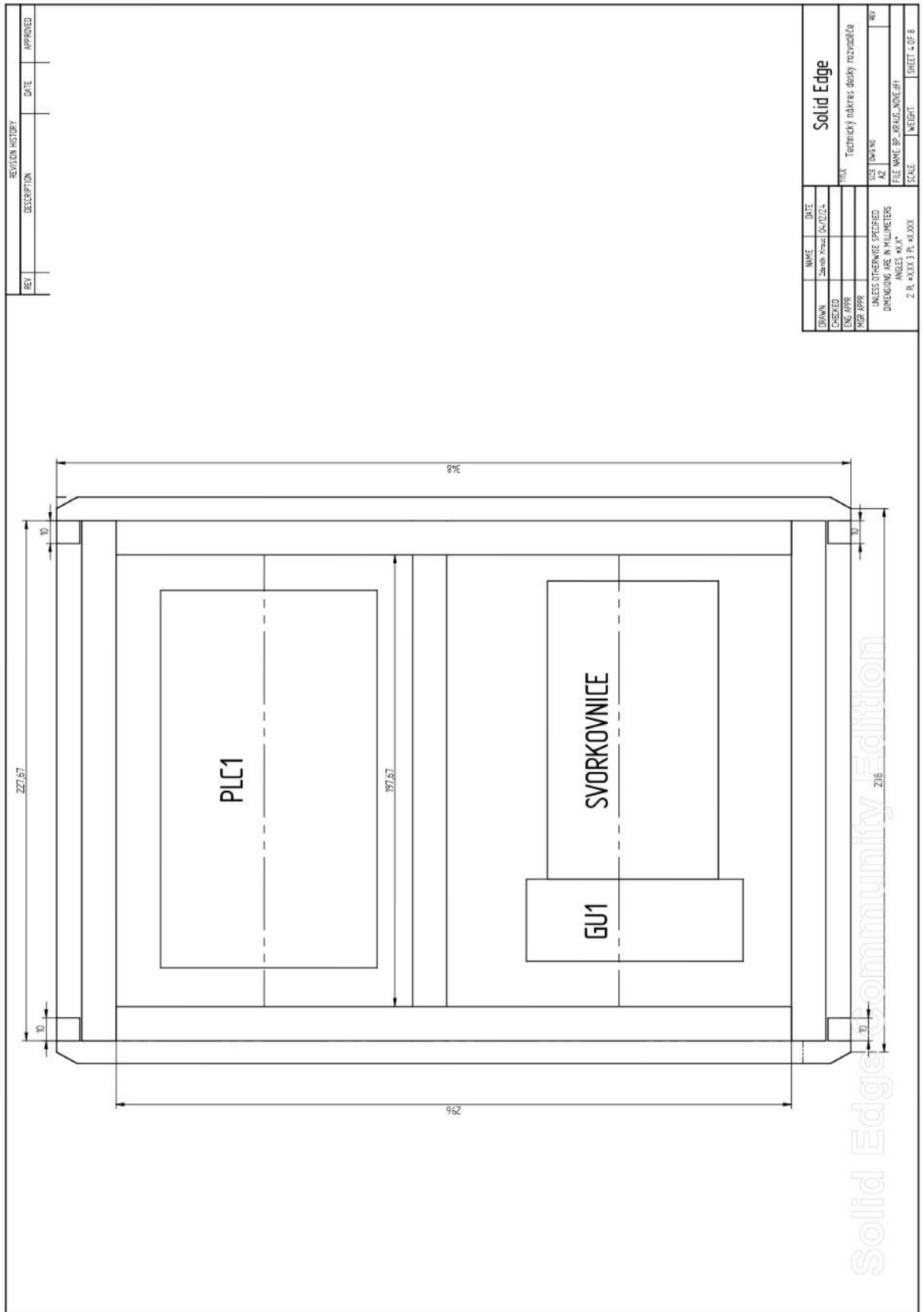
Solid Edge Community Edition

PŘÍLOHA 11: Technický náčres ručního panelu

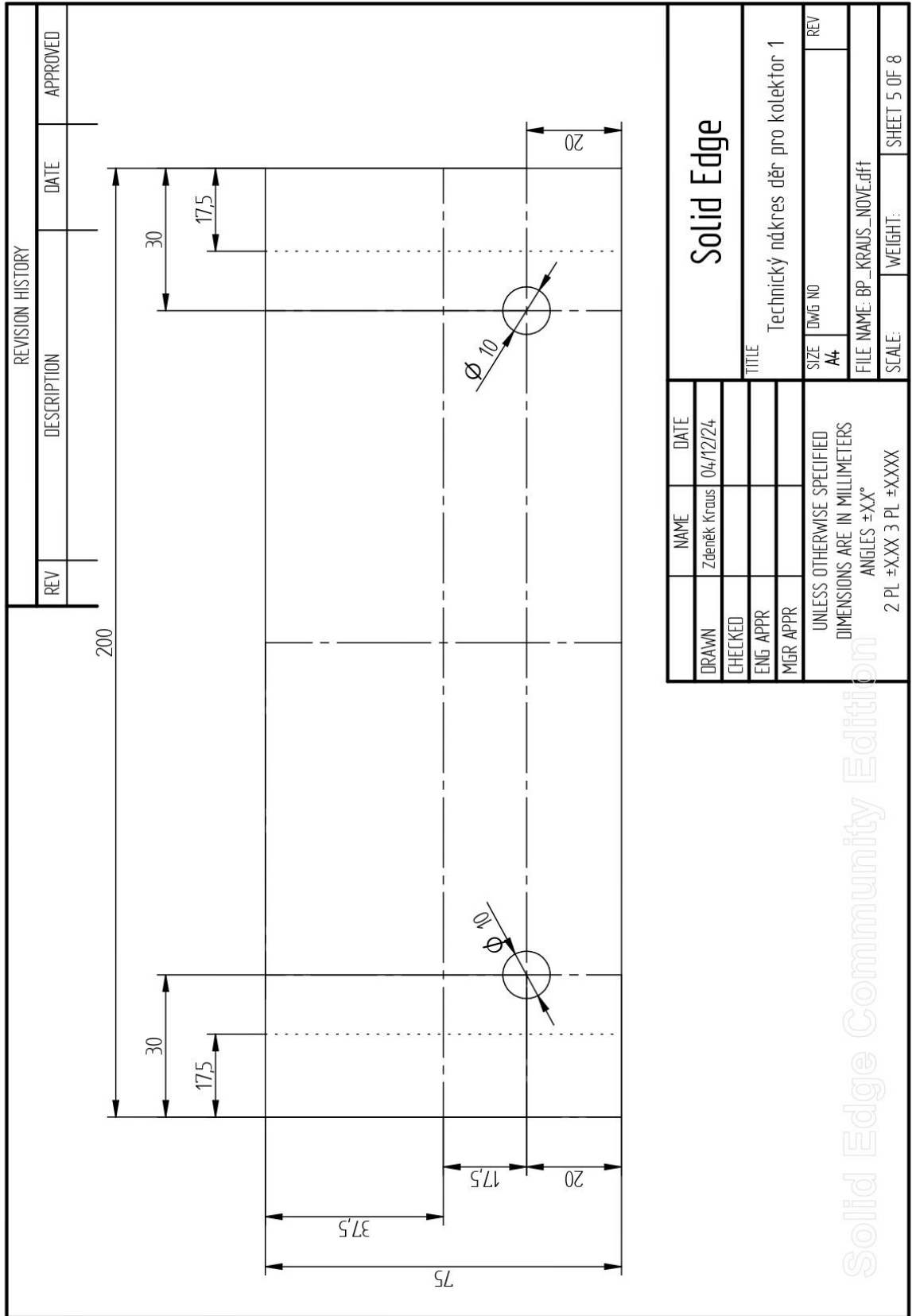


Solid Edge Community Edition

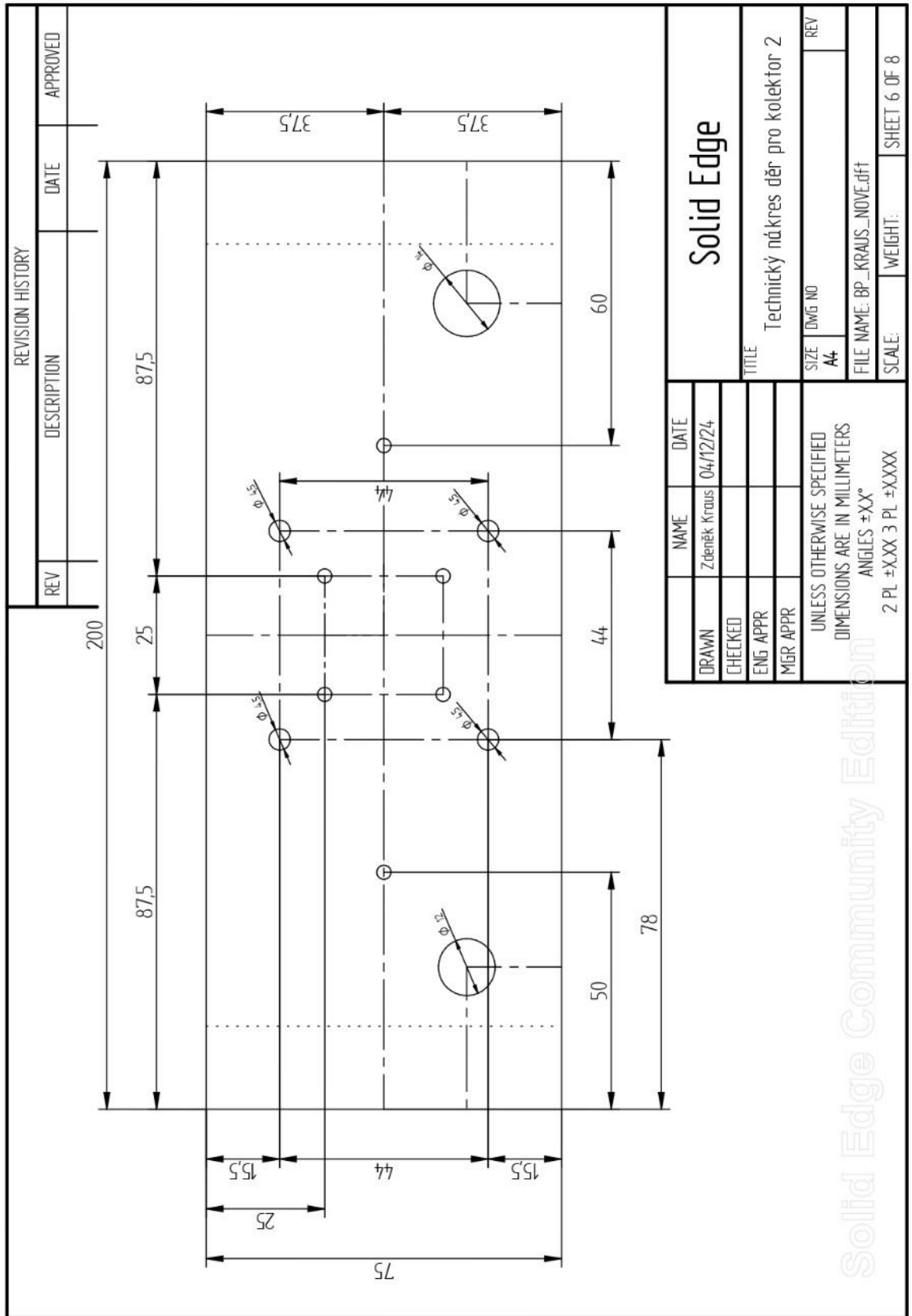
PŘÍLOHA 12: Technický náčres desky rozvaděče



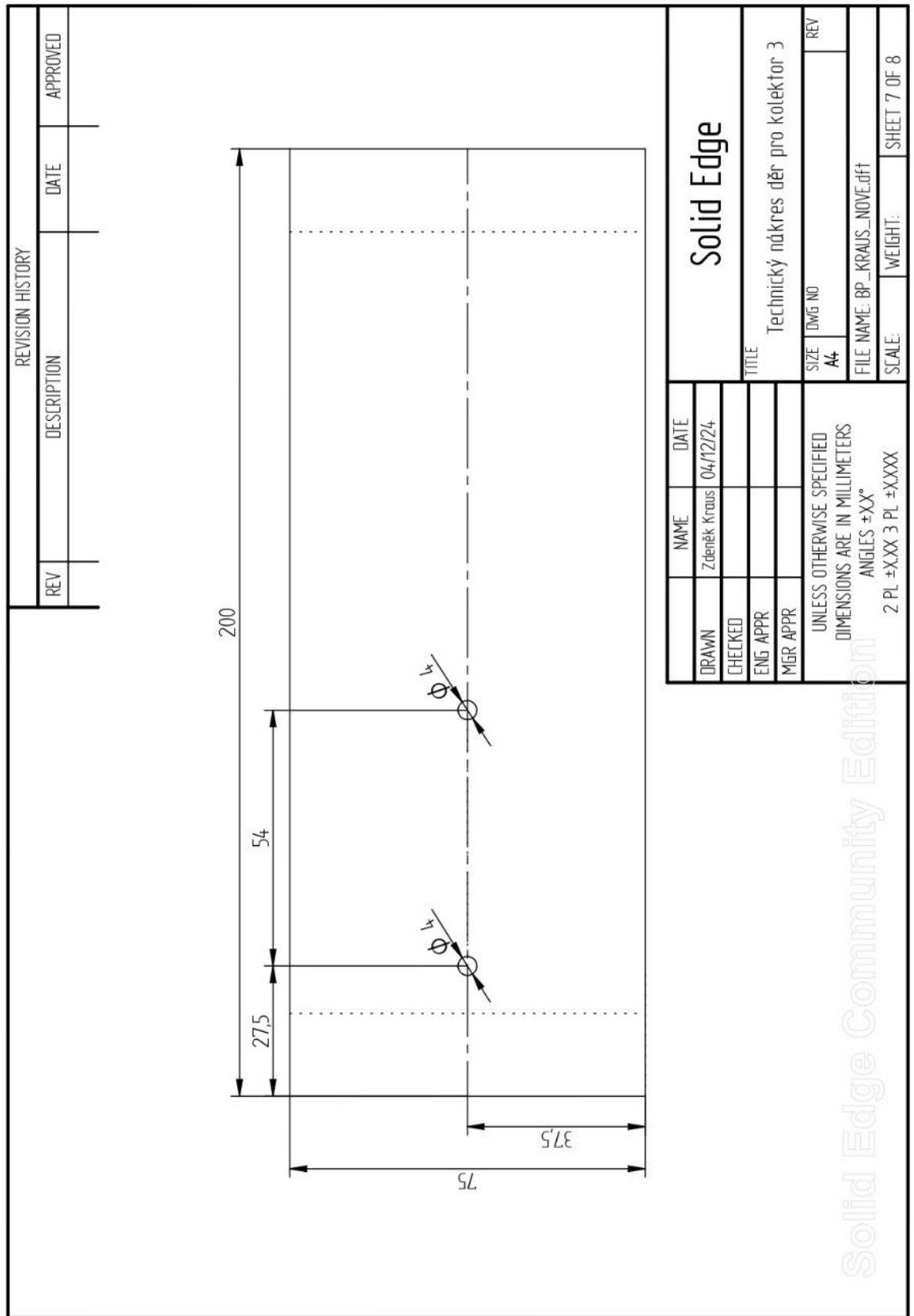
PŘÍLOHA 13: Technický náčres děr pro kolektor 1



PŘÍLOHA 14: Technický náčres děr pro kolektor 2



PŘÍLOHA 15: Technický náčres děr pro kolektor 3



PŘÍLOHA 16: Konstrukce držáků komponentů

REVISION HISTORY		DATE	APPROVED
REV	DESCRIPTION		

Držák teploměru 2x

pohled z předu styl ohybu z boku

Držák hladinomeru

pohled z předu styl ohybu z boku

Pomocná konstrukce tepelného teliska

Držák tepelného teliska

	NAME	DATE	
DRAWN	Zdeněk Kraus	04/12/24	Solid Edge
CHECKED			Konstrukce držáku komponentu
ENG APPR			TITLE
MGR APPR			SIZE DWG NO
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS ANGLES ±XX°			REV
2 PL ±XXX 3 PL ±XXXX			FILE NAME: BP_KRAUS_NOVE.dff
SCALE:	WEIGHT:	SHEET 8 OF 8	