VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

FUNKČNÍ BEZPEČNOST PRO DEMONSTRÁTOR I4.0

FUNCTIONAL SAFETY FOR INDUSTRY 4 DEMONSTRATOR

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE — Bc. Robert Průdek

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — Ing. Václav Kaczmarczyk, Ph.D.

SUPERVISOR

BRNO 2022

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

Diplomová práce

magisterský navazující studijní program **Kybernetika, automatizace a měření**

Ústav automatizace a měřicí techniky

Student: Bc. Robert Průdek ***ID:*** 198026

Ročník: 2 ***Akademický rok:*** 2021/22

NÁZEV TÉMATU:

Funkční bezpečnost pro demonstrátor I4.0

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Seznamte se s problematikou funkční bezpečnosti s ohledem na požadavky demonstrátoru.
2. Analyzujte stávající stav demonstrátoru a navrhněte změny, které povedou ke zlepšení funkční bezpečnosti.
3. Navrhněte využití konkrétních komponent.
4. Proveďte konstrukční a elektronický návrh zapojení jednotlivých komponent.
5. Realizujte programové vybavení bezpečnostních prvků a otestujte je.
6. Celé řešení zadokumentujte.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Funkční bezpečnost, skripta LAUP, Zezulka, FEKT VUT

Termín zadání: 7.2.2022 ***Termín odevzdání:*** 10.8.2022

Vedoucí práce: Ing. Václav Kaczmarczyk, Ph.D.

doc. Ing. Petr Fiedler, Ph.D.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá bezpečností v okolí demonstrátoru Testbed. Byla vypracována analýza rizik, jak pro všechny buňky, tak pro samotný testbed. Následně byly navrženy změny, které mají zařídit dostatečnou bezpečnost v definovaných prostorech testbedu. Bezpečnostní prvky byly navrženy pro celek demonstrátoru nikoliv pro samostatné buňky. Následně byl vytvořen konstrukční návrh zabezpečení a elektronický návrh jednotlivých komponent, následně došlo k jejich namontování. Jako poslední věc byl vytvořen program pro bezpečnostní PLC, který řeší danou bezpečnost.

Klíčová slova

Testbed, bezpečnostní PLC, bezpečnost, analýza rizik

Abstract

This diploma thesis deals with safety around the Testbed demonstrator. A risk analysis has been created, for all cells and for the testbed itself. Changes have been proposed to ensure sufficient security in defined areas. The security features were designed fot the demonstrator assembly and not for individual cells. Then a security design and electronic design of idividual components were created, and then they were assembled. As the last thing, a program was created for safety PLC, which solves safety issues.

Keywords

Testbed, safety PLC, Safety, risk analysis

Bibliografická citace

PRŮDEK, Robert. *Funkční bezpečnost pro demonstrátor I4.0*. Brno, 2022. Dostupné také z: https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/145356. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Václav Kaczmarczyk.

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení studenta:	Robert Průdek
VUT ID studenta:	198026
Typ práce:	Diplomová práce
Akademický rok:	2021/22
Téma závěrečné práce:	Funkční bezpečnost pro demonstrátor I4.0

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

.
V Brně dne: 10. srpna 2022 ----------

podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Václavu Kaczmarczykovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Lukáši Trendlovi za cenné rady z odvětí bezpečnosti robotických pracovišť z firmy LT control s.r.o.

V Brně dne: 10. srpna 2022 ----------

podpis autora

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá bezpečností v okolí demonstrátoru Testbed. Byla vypracována analýza rizik, jak pro všechny buňky, tak pro samotný testbed. Následně byly navrženy změny, které mají zařídit dostatečnou bezpečnost v definovaných prostorech testbedu. Bezpečnostní prvky byly navrženy pro celek demonstrátoru nikoliv pro samostatné buňky. Následně byl vytvořen konstrukční návrh zabezpečení a elektronický návrh jednotlivých komponent, následně došlo k jejich namontování. Jako poslední věc byl vytvořen program pro bezpečnostní PLC, který řeší danou bezpečnost.

Klíčová slova

Testbed, bezpečnostní PLC, bezpečnost, analýza rizik

Abstract

This diploma thesis deals with safety around the Testbed demonstrator. A risk analysis has been created, for all cells and for the testbed itself. Changes have been proposed to ensure sufficient security in defined areas. The security features were designed fot the demonstrator assembly and not for individual cells. Then a security design and electronic design of idividual components were created, and then they were assembled. As the last thing, a program was created for safety PLC, which solves safety issues.

Keywords

Testbed, safety PLC, Safety, risk analysis

Bibliografická citace

PRŮDEK, Robert. *Funkční bezpečnost pro demonstrátor I4.0*. Brno, 2022. Dostupné také z: https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/145356. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Václav Kaczmarczyk.

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení studenta:	Robert Průdek
VUT ID studenta:	198026
Typ práce:	Diplomová práce
Akademický rok:	2021/22
Téma závěrečné práce:	Funkční bezpečnost pro demonstrátor I4.0

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

.
V Brně dne: 10. srpna 2022 ----------

podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Václavu Kaczmarczykovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Lukáši Trendlovi za cenné rady z odvětí bezpečnosti robotických pracovišť z firmy LT control s.r.o.

V Brně dne: 10. srpna 2022 ----------

podpis autora

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ **10**

SEZNAM TABULEK **11**

ÚVOD **12**

1. TECHNICKÉ NORMY **13**

1.1 ROZDĚLENÍ BEZPEČNOSTNÍCH NOREM 13

1.1.1 Normy typu A *13*

1.1.2 Normy typu B *14*

1.1.3 Normy typu C *15*

2. NORMA ČSN EN ISO 12100 ..... **16**

2.1 STRATEGIE POSOUZENÍ RIZIKA A SNÍŽENÍ RIZIKA 16

2.2 URČENÍ MEZNÍCH HODNOT STROJNÍHO ZAŘÍZENÍ 18

2.3 IDENTIFIKACE NEBEZPEČÍ 19

2.4 ODHAD RIZIKA 19

2.5 HLEDISKA, KTERÁ JE POTŘEBA UVAŽOVAT PŘI ODHADU RIZIKA 20

2.6 ZHODNOCENÍ RIZIKA 21

2.7 SNÍŽENÍ RIZIKA 21

3. NORMA ČSN EN ISO 13849-1 ..... **23**

3.1 STANOVENÍ POŽADOVANÉ ÚROVNĚ VLASTNOSTÍ 23

3.2 STŘEDNÍ DOBA DO NEBEZPEČNÉ PORUCHY 24

3.3 DIAGNOSTICKÉ POKRYTÍ 24

3.4 PORUCHA SE SPOLEČNOU PŘÍČINOU 25

3.5 KATEGORIE 26

3.5.1 Kategorie B *26*

3.5.2 Kategorie 1 ..... *26*

3.5.3 Kategorie 2 ..... *26*

3.5.4 Kategorie 3 ..... *27*

3.5.5 Kategorie 4 ..... *28*

4. ANALÝZA RIZIK DEMONSTRÁTORU **29**

4.1 DÁVKOVAČ LEDU 29

4.1.1 Informace pro posouzení rizika *30*

4.1.2 Vymezení používání *30*

4.1.3 Vymezení prostoru *31*

4.1.4 Vymezení doby *32*

4.1.5 Ostatní vymezení *32*

4.1.6 Nedostatky konstrukce *33*

4.1.7 Zhodnocení rizika *34*

4.1.8 Návrh řešení *35*

4.2 SHAKER 38

4.2.1 Informace pro posouzení rizika *38*

4.2.2 Vymezení používání *39*

4.2.3 Vymezení prostoru *41*

4.2.4 Vymezení doby ... *42*
4.2.5 Ostatní vymezení ... *42*
4.2.6 Nedostatky konstrukce ... *43*
4.2.7 Zhodnocení rizika ... *43*
4.2.8 Návrh řešení ... *43*
4.3 SKLAD SKLENIČEK ... 45
4.3.1 Informace pro posouzení rizika ... *46*
4.3.2 Vymezení používání ... *47*
4.3.3 Vymezení prostoru ... *48*
4.3.4 Vymezení doby ... *49*
4.3.5 Ostatní vymezení ... *49*
4.3.6 Nedostatky konstrukce ... *50*
4.3.7 Zhodnocení rizika ... *50*
4.3.8 Návrh řešení ... *51*
4.4 SODOVAČ ... 53
4.4.1 Informace pro posouzení rizika ... *53*
4.4.2 Vymezení používání ... *54*
4.4.3 Vymezení prostoru ... *55*
4.4.4 Vymezení doby ... *56*
4.4.5 Ostatní vymezení ... *56*
4.4.6 Nedostatky konstrukce ... *57*
4.4.7 Zhodnocení rizika ... *58*
4.4.8 Návrh řešení ... *58*
4.5 SKLAD KAPALIN ... 60
4.5.1 Informace pro posouzení rizika ... *61*
4.5.2 Vymezení používání ... *62*
4.5.3 Vymezení prostoru ... *63*
4.5.4 Vymezení doby ... *64*
4.5.5 Ostatní vymezení ... *64*
4.5.6 Nedostatky konstrukce ... *65*
4.5.7 Zhodnocení rizika ... *65*
4.5.8 Návrh řešení ... *66*
4.6 SKLAD ALKOHOLU ... 68
4.6.1 Informace pro posouzení rizika ... *68*
4.6.2 Vymezení používání ... *70*
4.6.3 Vymezení prostoru ... *71*
4.6.4 Vymezení doby ... *72*
4.6.5 Ostatní vymezení ... *72*
4.6.6 Nedostatky konstrukce ... *73*
4.6.7 Zhodnocení rizika ... *74*
4.6.8 Návrh řešení ... *74*
4.7 TESTBED ... 76
4.7.1 Informace pro posouzení rizika ... *77*
4.7.2 Vymezení používání ... *77*
4.7.3 Vymezení prostoru ... *79*
4.7.4 Vymezení doby ... *80*
4.7.5 Ostatní vymezení ... *80*
4.7.6 Nedostatky konstrukce ... *81*

4.7.7 Zhodnocení rizika ... *81*
4.7.8 Návrh řešení ... *82*

5. REALIZACE NA ZÁKLADĚ DANÉ ANALÝZY ... 85

5.1 ROBOTICKÝ MANIPULÁTOR ... 85
5.2 ROBOTICKÉ PRACOVIŠTĚ ... 85
5.3 AUTONOMNÍ BUŇKY ... 87
5.4 DOPRAVNÍKOVÝ PÁS ... 89

6. POTŘEBNÉ KOMPONENTY ... 92

6.1 BEZPEČNOSTNÍ PLC ... 92
6.2 ROZŠIŘOVACÍ MODUL BEZPEČNOSTNÍCH VSTUPŮ ... 93
6.3 ROZŠIŘOVACÍ MODUL BEZPEČNOSTNÍCH VÝSTUPŮ ... 94
6.4 ELEKTRONICKÝ ZÁMEK DVEŘÍ ... 95
6.5 OPTICKÁ ZÁVORA ... 96
6.6 STYKAČ A POMOCNÉ KONTAKTY ... 98
6.7 BEZPEČNOSTNÍ RELÉ PRO ZASTAVENÍ ROBOTA ... 99
6.8 TLAČÍTKO NOUZOVÉHO ZASTAVENÍ ... 100

7. ELEKTRONICKÉ ZAPOJENÍ ... 101

8. PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ PLC ... 102

8.1 PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ BEZPEČNOSTNÍHO PLC ... 102
8.2 PROGRAM PRO ODEMKNUTÍ A ZAMKNUTÍ ZÁMKŮ ... 102
8.3 HMI PANEL PRO BEZPEČNOST ... 104

9. ZÁVĚR ... 106

SEZNAM PŘÍLOH ... 112

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Schéma procesu snižování rizika [6] 17
Obr. 2: Schéma procesu snižování rizika z pohledu konstruktéra a uživatele [6] 18
Obr. 3: Graf pro určení požadované PL_r [11] 24
Obr. 4: Architektura kategorie B a kategorie 1 [11] 26
Obr. 5: Architektura kategorie 2 [11] 27
Obr. 6: Architektura kategorie 3 [11] 28
Obr. 7: Architektura kategorie 4 [11] 28
Obr. 8: Dávkovač ledu: pohled zepředu, z boku a zezadu. Foceno 12. 5. 2022 29
Obr. 9: Shaker: pohled zepředu, z boku a zezadu. Foceno 12. 5. 2022 38
Obr. 10: Sklad skleniček: pohled zepředu, z boku a zezadu. Foceno 12. 5. 2022 46
Obr. 11: Sodovač: pohled zepředu, z boku a zezadu. Foceno 12. 5. 2022 53
Obr. 12: Sklad kapalin: pohled zepředu, z boku a zezadu. Foceno 12.5.2022 61
Obr. 13: Sklad alkoholu: pohled zezadu a z boku. Foceno 12. 5. 2022 68
Obr. 14: Testbed průmyslu 4.0. Foceno 7. 5. 2019 [13] 76
Obr. 15: Kryt robotického stanoviště 87
Obr. 16: Kryt na stop tlačítko 88
Obr. 17: Kryt na HMI panel 89
Obr. 18: Zabezpečení v okolí dopravníku 90
Obr. 19: Bezpečnostní PLC SIEMENS S7-1200 [32] 93
Obr. 20: Rozšiřovací modul bezpečnostních vstupů pro bezpečnostní PLC [35] 94
Obr. 21: Rozšiřovací modul bezpečnostních výstupů pro bezpečnostní PLC [36] 95
Obr. 22: Bezpečnostní zámek PILZ PSEN me1S/1AR [37] 96
Obr. 23: Bezpečnostní světelný závěs od firmy IFM [38] 97
Obr. 24: Tabulka pro volbu vzdálenosti [38] 97
Obr. 25: Tabulka pinů přijímače [38] 98
Obr. 26: Pomocné kontakty Eaton 22DILE [40] 98
Obr. 27: Stykač Eaton DILEM-10-G [39] 98
Obr. 28: Relé FINDER 7S.12.9.024.5110 [41] 99
Obr. 29: Tlačítko nouzového zastavení XALK178F [43] 100
Obr. 30: Diagram pro požadavek na odemknutí dveří 103
Obr. 31: HMI obrazovka Safety 105

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Střední doba do nebezpečné poruchy každého kanálu [11] 24
Tabulka 2: Diagnostické pokrytí [11] 25
Tabulka 3: Proces působení a kvalifikace opatření proti CCF [11] 25

ÚVOD

Cílem diplomové práce bylo seznámit se s problematikou funkční bezpečnosti s ohledem na požadavky demonstrátoru. Následně analyzovat stávající stav demonstrátoru a navrhnout změny vedoucí ke zlepšení funkční bezpečnosti. Původní záměr bylo použít již vypracovanou analýzu rizik, která byla zhotovena pro všechny buňky a celé pracoviště testbed. Ve vypracované analýze byly nalezeny jisté nedostatky, z toho důvodu byla v rámci této práce vypracována nová analýza rizik pro všechny buňky i testbed. Na demonstrátor testbed bylo pohlíženo jako na jeden celek, nikoli jako na samostatné části autonomních buněk. Demonstrátor je složen z několika autonomních výrobních buněk, které jsou schopné pracovat mimo prostor stolu. U těchto buněk je také nutné vyřešit jistá bezpečností rizika, aby nedošlo k úrazu, jak plyne z vytvořené analýzy rizik. Z tohoto důvodu je daná bezpečnost vyřešena pouze v případě, pokud se buňky nachází v prostoru stolu. Dále je cílem navrhnout konkrétní komponenty potřebné ke zlepšení bezpečnosti. Následně vytvořit konstrukční návrh, který by zajistil požadovanou bezpečnost ochrannými prvky. Dále vytvořit elektronický návrh zapojení jednotlivých komponent a dle vytvořeného schématu je zapojit. Jako poslední byl vytvořen program, který řeší danou bezpečnost, jako je odemykání zámků a povolení silového napětí pro všechny buňky.

1. TECHNICKÉ NORMY

Technické normy jsou soubor dohod, v nichž se nachází jistá pravidla, pokyny nebo charakteristiky činností, které při použití zajišťují, že materiál, výrobky a postupy vyhovují danému účelu. Tyto normy nejsou povinné nařízení, kterými by se člověk měl řídit, jsou dobrovolné, avšak jejich dodržení je výhodné pro všechny strany. V rámci bezpečnosti je možné se nejčastěji setkat s normami EN (Eropean Norm – Evropská Norma), ISO (International Organization for Standardization – Mezinárodní organizace pro standardizaci) a IEC (International Electrotechnical Commission – Mezinárodní elektrotechnická komise). [1]

Evropské normy jsou založeny na normách ISO a IEC, většinou se jedná o doslovný překlad těchto norem. Může se však stát, že u některých norem dojde k menším úpravám, aby vše odpovídalo evropskému trhu. [2]

Normy ISO stanovují potřebné kontroly a požadavky v oblastech kvality produktu nebo služeb, environmentálního managementu a bezpečnosti strojního zařízení. Normy IEC se zabývají standardy pro elektrické, elektronické a příbuzné technologie. Tyto bezpečnostní standardy pokrývají obrovskou škálu technologií, od výroby a distribuce energie po kancelářské vybavení, polovodiče, baterie a další. Některé normy jsou vytvořeny ve spolupráci s ISO a vzniknou normy ISO/IEC. [2]

Pokud existuje oblast, ve které neexistují evropské nebo mezinárodní normy je vytvořena původní česká norma. Množství takto vytvořených norem je pouze 5 % z celkové roční produkce norem, takto vytvořená norma je označena ČSN. Všechny evropské nebo mezinárodní normy jsou následně přejaty do norem českých a tím se daná norma stává normou českou. V závislosti na tom, odkud byla daná norma přejata nese název například ČSN EN pokud jde evropskou, ČSN ISO pokud o ISO normu a tak dále. [1]

1.1 Rozdělení bezpečnostních norem

Dané normy se dělí do tří skupin, tyto skupiny jsou A, B a C. Čím hlouběji se jde, tedy od normy A směrem k C, tím má daná norma přednost před tou předchozí. Tedy nestačí splnit požadavky v normě A, pokud se v dané normě typu C nachází, že je potřeba nějaké úpravy. Pak je nutno tuto změnu provést, protože norma C má přednost před normou A. [3]

1.1.1 Normy typu A

Tyto normy stanovují základní pravidla, konstrukční principy, terminologii a obecné faktory, které se vztahují na veškerá strojní zařízení. Jedná se o normy:

- ČSN EN 61508 (Funkční bezpečnost elektrických/elektronických/programovatelných elektronických systémů

souvisejících s bezpečností), tato norma má celkem sedm částí a jedná se o druhé vydání této normy.

- ČSN EN ISO 12100 (bezpečnost strojních zařízení – Všeobecné zásady pro konstrukci – Posouzení rizika a snižování rizika). Z této normy vychází daný proces posouzení všech rizik, dále je zde návod na dokumentaci. [4][5]

1.1.2 Normy typu B

Zde se řeší bezpečnost jednoho bezpečnostního aspektu nebo jedno bezpečnostní zařízení, které je možné aplikovat na velké množství strojních zařízení. Normy typu B se následně dělí na normy typu B1 a B2.

1. **Normy typu B1**
   Zabývají se jednotlivými bezpečnostními aspekty pro speciální bezpečnostní požadavky (např. bezpečnostní vzdálenosti, teploty povrchu, hluku, elektronická bezpečnost strojů, výpočet bezpečné vzdálenosti, požadavky na řídicí systémy atd.) Patří sem normy:
   - ČSN EN ISO 13849-1 (Bezpečnost strojních zařízení – Bezpečnostní části ovládacích systémů – Část 1: Obecné zásady pro konstrukci)
   - ČSN EN ISO 13855 (Bezpečnost strojních zařízení – Umístění ochranných zařízení s ohledem na rychlosti přiblížení částí lidského těla)
   - ČSN EN ISO 13857 (Bezpečnost strojních zařízení – Bezpečné vzdálenosti k zamezení dosahu k nebezpečným místům horními a dolními končetinami)
   - ČSN EN 60204-1 ed. 3 (Bezpečnost strojních zařízení – Elektrická zařízení strojů – Část 1: Obecné požadavky)
2. **Normy typu B2**
   Zde se řeší konkrétní bezpečnostní zařízení (např. dvouruční ovládání, bezkontaktně působící ochranná zařízení, funkce nouzového zastavení atd.). Mezi tyto normy patří například:
   - ČSN EN ISO 13851 (Bezpečnost strojních zařízení – Dvouruční ovládací zařízení – Zásady pro konstrukci a výběr)
   - ČSN EN ISO 13850 (Bezpečnost strojních zařízení – Funkce nouzového zastavení – Zásahy pro konstrukci)
   - ČSN EN ISO 14119 (Bezpečnost strojních zařízení – Blokovací zařízení spojená s ochrannými kryty – Zásady pro konstrukci a volbu)
   - ČSN EN ISO 14120 (Bezpečnost strojních zařízení – Ochranné kryty – Obecné požadavky pro konstrukci a výrobu pevných a pohyblivých ochranných krytů) [4][5]

1.1.3 Normy typu C

Tyto normy určují konkrétní požadavky pro nějaký stroj nebo skupinu strojů. Obvykle se jedná o zařízení velmi náročných podmínek (výbušné prostředí, velmi čistá/hygienická prostředí, prostředí s radiací atd.), nebo o speciální stroje a konstrukce. Tyto normy mají přednost před normami typu A i B. Může se jednat například o tyhle normy:

- ČSN EN ISO 10218-1 (Roboty a robotická zařízení – Požadavky na bezpečnost průmyslových robotů – Část 1: Roboty)
- ČSN EN ISO 10218-2 (Roboty a robotická zařízení – Požadavky na bezpečnost průmyslových robotů – Část 2: Systémy robotů a integrace) [4][5]

2. NORMA ČSN EN ISO 12100

Jedná se o normu Bezpečnost strojního zařízení – Všeobecné zásady pro konstrukci – Posouzení rizika a snižování rizika. V případě, kdy je potřeba vypracovat analýzu rizik je vhodné použít tuto normu. Je nutné zjistit všechna možná rizika, která mohou nastat při používání strojního zařízení, následně tato rizika eliminovat takovými bezpečnostními opatřeními, která zachovají funkčnost a minimalizují možná rizika. [6][7]

2.1 Strategie posouzení rizika a snížení rizika

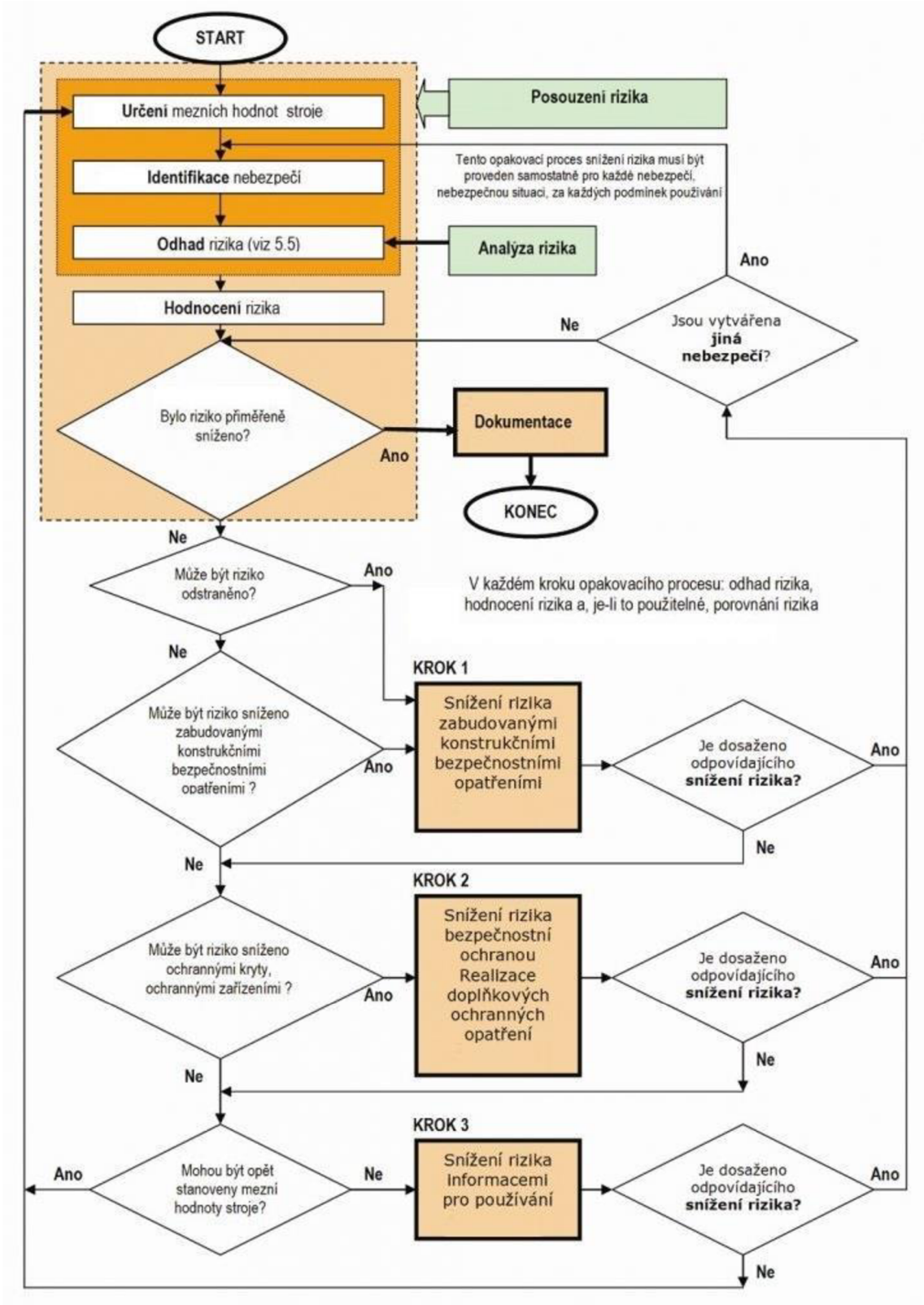
Při posouzení a snížení rizika je vhodné postupovat dle kroků udávaných v následujícím pořadí:

1. Určit mezní hodnoty strojního zařízení, které zahrnují předpokládaný účel používání a jakékoliv předvídatelné způsoby nesprávného používání
2. Identifikovat nebezpečí a příslušné nebezpečné situace
3. Odhadnout riziko pro každé identifikované nebezpečí a nebezpečnou situaci
4. Zhodnotit riziko a rozhodnout o nutnosti snížení rizika
5. Vyloučit nebezpečí nebo snížit riziko spojené s nebezpečím vhodným ochranným opatřením

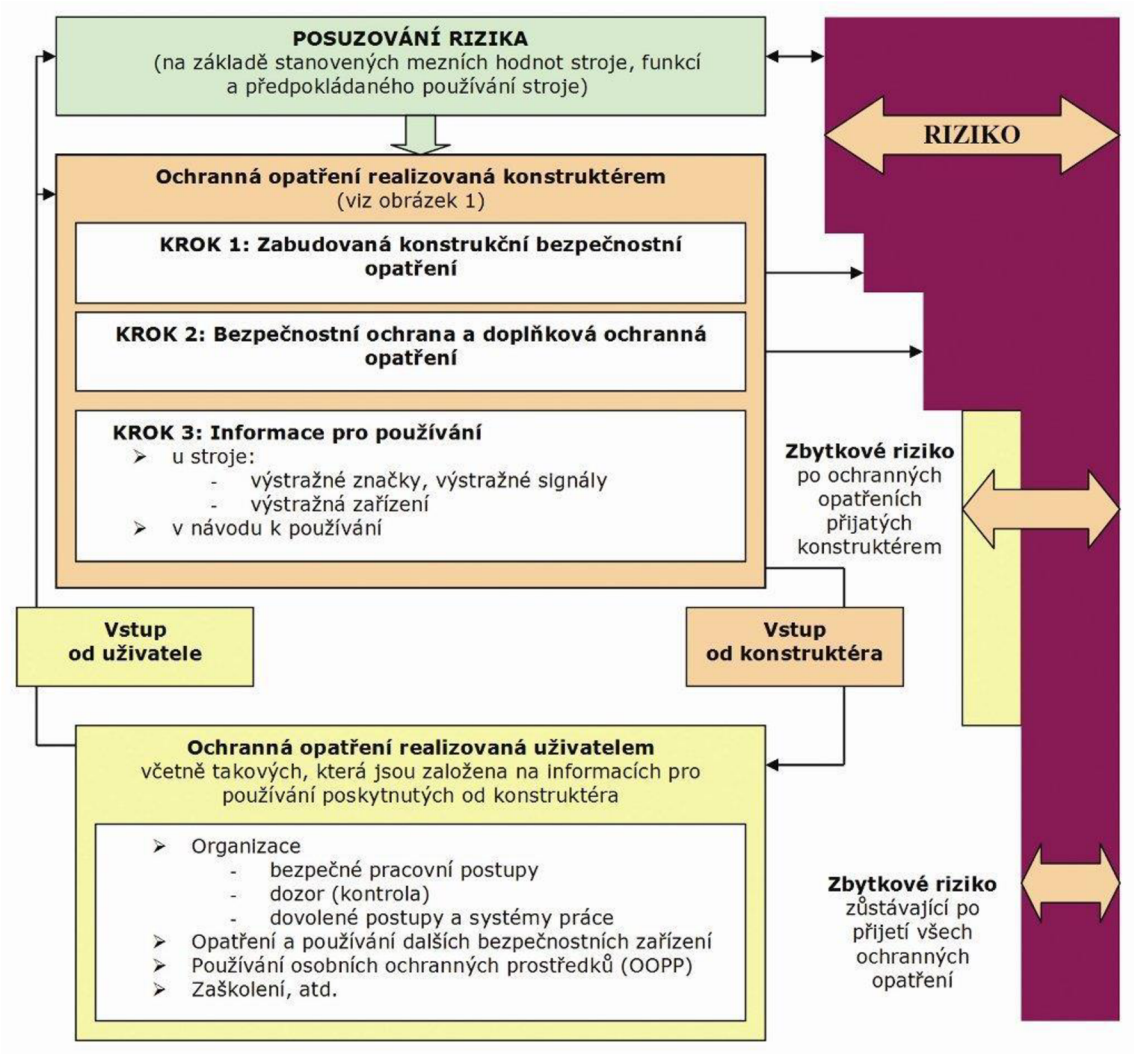
Bod 1 až 4 se vztahuje k posouzení rizika a bod 5 ke snížení rizika. Většinou po posouzení rizik následuje snížení rizika, pokud to je potřeba. Proces zjištění rizik je obvykle nezbytné opakovat, pokud je možné díky tomu zredukovat riziko. Na obrázku číslo jedna je možné vidět diagram znázorňující postup dle výše definované strategie. Ke splnění strategického cíle je nutné vzít v úvahu následující čtyři faktory v přesně uvedeném pořadí:

- Bezpečnost stroje během všech fází životnosti
- Schopnost stroje vykonávat svoji funkci
- Použitelnost stroje
- Náklady na výrobu, provoz stroje, na jeho likvidaci a recyklaci

Ochranným opatřením se rozumí kombinace všech opatření realizované konstruktérem a uživatelem strojního zařízení. Postup snížení rizika je znázorněn na obrázku číslo dva. Pokud existují opatření, která mohou být začleněna již v době konstrukce, mají tyto opatření přednost, protože jsou obvykle účinnější než opatření, která jsou realizována uživatelem. [6][7]



Obr. 1: Schéma procesu snižování rizika [6]



Obr. 2: Schéma procesu snižování rizika z pohledu konstruktéra a uživatele [6]

2.2 Určení mezních hodnot strojního zařízení

Je potřeba určit mezní hodnoty strojního zařízení podle účelu používání s přihlédnutím na jeho celý životní cyklus. Z toho plyne, že je potřeba zjistit vlastnosti, spolehlivost a výkonnost daného stroje nebo řady strojů. Zjistit, jaké osoby se budou pohybovat v místě, kde bude zařízení instalováno, provozováno, udržováno a na konci života zlikvidováno.

Vymezení používání stroje z hlediska uživatelů i jiných osob zahrnuje posouzení správného používání zařízení, ale předvídat i jeho možné nesprávné využívání. Z toho důvodu je potřeba uvážit provozní režimy a zásahy z hlediska různosti uživatelů, určení uživatelů, úroveň zácviku a přístup jiných osob. Na základě pohybu stroje a osob vymezit bezpečné a nebezpečné prostory, požadavky na osobní prostor pro obsluhu, údržbáře atd. Dále vzájemné působení obsluhy a stroje, taktéž rozhraní stroje a dodávka energie. Vzhledem k tomu, že zařízení a jeho součásti podléhají jistému opotřebení, je

důležité, aby byly stanoveny intervaly prohlídek, údržby a seřizování nebo servisu. Další vymezení se týká zpracovávaných materiálů, látek, udržovatelnosti a prostředí. [7][8]

2.3 Identifikace nebezpečí

Následuje systematické identifikování předvídatelných nebezpečí. Je potřeba zhodnotit, která nebezpečí jsou trvalá a která mohou vzniknout při různém použití stroje. Jak již bylo výše zmíněno danou identifikaci je nutno udělat pro celý životní cyklus stroje. To znamená od dopravy, montáže, instalace, zkoušení, zprovoznění, používání, vyřazení z provozu až po demontáž a likvidaci. Pokud došlo k identifikaci nebezpečí, tak v ten moment je možné, aby byla přijata opatření k jejich vyloučení nebo snížení daného rizika.

Při vzájemném působení osoby a stroje se berou v úvahu všechny úkoly spojené se strojem. Tyto úkoly mohou být například seřizování, spuštění, změny v procesu, preventivní údržba a další. Následně se definují všechna možná předvídatelná nebezpečí, nebezpečné situace nebo nebezpečné události.

Stroj má dva možné stavy, první je, že vykonává danou funkci správně a druhá je, že nefunguje správně a došlo k selhání. K tomuto selhání mohlo dojít z mnoha různých známých nebo neznámých příčin.

Identifikace nebezpečí zahrnuje především možné chování osob z mnoha různých příčin, mnohdy kombinací několika z nich. Jedná se například o reflexní chování obsluhy při selhání stroje, nehodě nebo poruše stroje, nedostatečná koncentrace atd. [7][8]

2.4 Odhad rizika

Jakmile byla identifikována rizika, je nutné udělat odhad pro daná rizika. To znamená určit závažnost úrazu a pravděpodobnost výskytu úrazu. Největší váhu má to, jak moc závažná zranění mohou nastat, ale nezanedbatelnou součástí je i pravděpodobnost výskytu nebezpečné poruchy. Druhé kritérium pravděpodobnosti úrazu závisí na kvalitě lidí a technických možnostech vyvarovat se danému úrazu.

V momentě, kdy vezmeme v úvahu to, že je zranění nevyhnutelné, je nutné odhadnout závažnost zranění. Závažnost úrazu může být odhadnuta s přihlédnutím k závažnosti zranění, například jestli se jedná o úraz bez hospitalizace, lehké, střední, těžké zranění nebo smrt. Následně zde hraje roli i množství osob, které jsou ohroženy.

Další parametry, které je nutné brát v úvahu je možná četnost přístupu, doba a nutnost přístupu do nebezpečného prostoru. Příčiny výskytu nebezpečné události mohou být jak technického, tak lidského původu.

Existuje možnost vyvarování se nebo omezení úrazu, ta závisí na více faktorech. Například jestli je daná osoba kvalifikovaná či nikoliv, dále na rychlosti působení a

vývoji nebezpečné situace. Taktéž na uvědomění si rizika, lidských schopností vyvarovat se úrazu nebo ho omezit praktickými zkušenostmi a znalostmi konkrétního strojního zařízení nebo jemu podobného strojního zařízení. [7][8]

2.5 Hlediska, která je potřeba uvažovat při odhadu rizika

Je potřebné uvažovat všechny osoby, které by mohly být vystaveny nebezpečí. Následně vystavení uvažovanému nebezpečí ve všech režimech provozu stroje, jako je například seřizování, záběhu, čištění atd. Dále u každé uvažované nebezpečné situace musí být také bráno v úvahu vícenásobné vystavení a kombinace nebezpečí.

Lidské faktory mohou taktéž ovlivnit riziko, a proto by měly být vzaty v úvahu. Může se jednat například o:

- Vzájemné působení mezi osobou (osobami) a strojním zařízením, včetně opravy poruchy
- Vzájemné působení mezi osobami
- Psychická hlediska (stres)
- Ergonomická hlediska
- Schopnost osob uvědomit si rizika v dané situaci, to závisí na jejich zácviku, zkušenostech a schopnostech
- Hlediska únavy
- Hlediska omezených schopností (způsobená invaliditou, věkem atd.).

Zácvik, zkušenosti a schopnosti mohou výrazně ovlivnit riziko, avšak žádný z těchto faktorů nesmí být použit tak, že díky tomu bylo vyloučeno nebezpečí, a tedy není potřeba implementovat nějaké zabezpečující prvky.

Vzít v úvahu vhodnost ochranných opatření a je nutné:

- Identifikovat okolnosti, které mohou končit úrazem
- Pro porovnání alternativních ochranných opatření, kdykoliv je to možné, použít kvantitativní metody
- Uvést informace, které mohou přispět k volbě vhodných ochranných opatření

Pokud existuje taková součást a systém, u nichž bylo zjištěno, že v případě poruchy bezprostředně zvyšují riziko, je nutné jim věnovat zvláštní pozornost při odhadu rizika. Když ochranná opatření zahrnují organizaci práce, správné chování, soustředěnost, používání osobních ochranných prostředků, dovednostech nebo zácvik, musí být při odhadu rizika vzato v úvahu to, že tato opatření mají relativně nízkou spolehlivost v porovnání s těmi technickými.

Je důležité, aby ochranná opatření umožňovala snadné používání stroje a nezabraňovala v jeho používání. Pokud by k tomu docházelo, je možné, že se uživatel bude snažit obejít daná bezpečnostní opatření, aby mohla být maximalizována

výkonnost stroje. Podměty k vyřazení nebo obejití ochranných opatření jsou například když:

- Zpomaluje výrobu nebo překáží při jakýchkoliv činnostech nebo prioritách uživatele
- Je obtížné stroj používat
- Je spojeno s činností i jiných osob, nejen obsluhy
- Je uživateli neznámé nebo je nepřijatelné vzhledem ke své funkci

Možnost vyřazení ochranného opatření závisí jak na jeho druhu, například nastavitelné ochranné kryty a programovatelné bezpečnostní vypínací prvky, tak na jeho konstrukčních detailech. Pokud je bezpečnostní software špatně navrhnut a monitorován, představuje další možnost vyřazení nebo obejití. Odhad rizika musí zjistit případy, ve kterých jsou bezpečnostní funkce odděleny od ostatních funkcí stroje, musí určit rozsah bezpečnostních funkcí, ke kterým je možný přístup. Pokud je požadován vzdálený přístup za účelem diagnostiky nebo korekce programu.

Při odhadu je nutné zvážit, jestli je možné udržet ochranná opatření v podmínkách, která jsou nezbytná pro zajištění požadované úrovně ochrany. [7][9]

2.6 Zhodnocení rizika

Po odhadu rizika je nutné udělat vyhodnocení, díky čemuž se pak zjistí, zda bylo dosaženo požadované úrovně snížení rizika. Pokud si to situace vyžaduje je potřeba zvolit ochranná opatření. Jak je možné vidět na obrázku číslo jedna, musí být přiměřené snížení rizika určeno využitím každého ze tří kroků ke snížení rizika. Součástí tohoto tříkrokového postupu je vždy nutné, aby došlo ke kontrole konstruktérem, který zjistí, zda při použití nových ochranných opatření nevznikají další nebezpečí nebo se nějaká další rizika nezvětšují. Pokud se nové nebezpečí objeví, je nutno je doplnit do seznamu identifikovaných nebezpečí a budou požadována ochranná opatření pro omezení daného nebezpečí. [7][9]

2.7 Snížení rizika

Snížení rizika je možné například vyloučením nebezpečí, nebo snížením jednoho či obou prvků, které určují riziko. Jedná se o závažnost úrazu a pravděpodobnost úrazu. Pro dosažení snížení rizika je nutno použít řadu bezpečnostních a ochranných opatření, jedná se o metodu tří kroků v následujícím pořadí:

1. Zabudovaná konstrukční bezpečnostní opatření
    - Tato opatření jsou řešena již při návrhu strojního zařízení, díky tomu je často možné vyloučit některá rizika. Tato rizika jsou snížena nebo dokonce eliminována.
2. Doplňková ochranná opatření

- Jsou využívána tam, kde není možné vyloučit nebezpečí nebo dostatečně snížit riziko zabudovanou konstrukcí. Současně musí být přihlédnuto ke všem možným způsobům použití, jak těm výrobcem stanoveným, tak předvídatelným nesprávným způsobům použití.

3. Informace pro používání
    - Pokud již není možné žádným způsobem eliminovat možné nebezpečí. Je nutné předat informace o zbytkovém riziku. Musí dojít k sepsání všech zbytkových rizik při používání strojního zařízení. Informace mají být přehledné a srozumitelné pro ty, kteří je budou potřebovat. Tyto informace nesmí být použity jako náhrada zabudovaných ochranných prostředků. Výsledkem musí být informace minimálně v rozsahu:
        - Pracovní postupy pro používání strojního zařízení
        - Bezpečnostní pokyny a postupy pro používání
        - Návod, výstrahy, varování a dostatečné informace o zbytkových rizicích
        - Popis doporučených osobních ochranných prostředků [7][9]

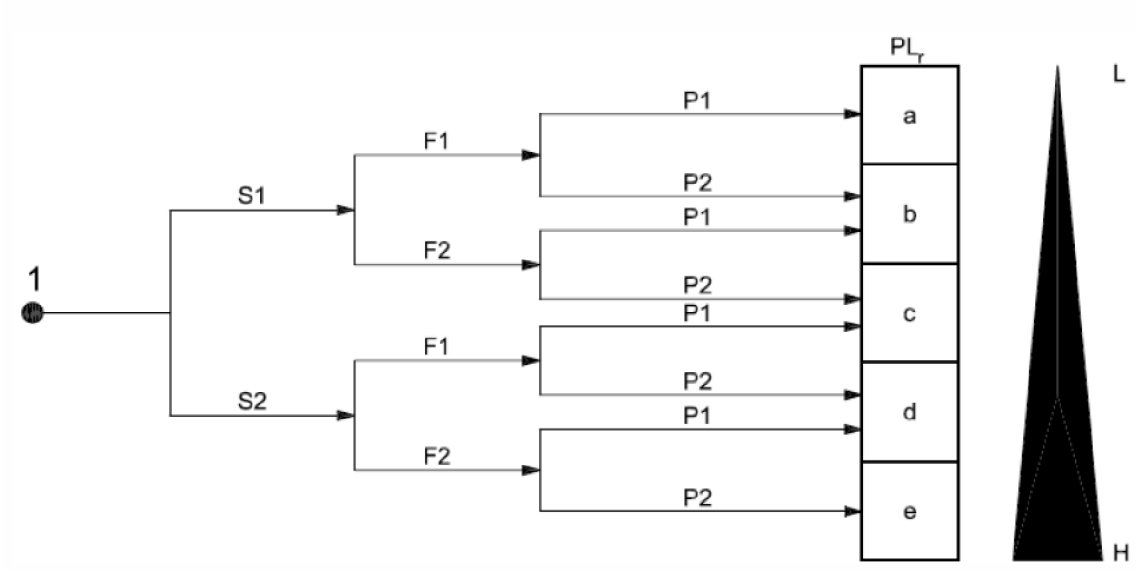
3. NORMA ČSN EN ISO 13849-1

Jedná se o normu Bezpečnost strojních zařízení – Bezpečnostní části ovládacích systémů – Část 1: Obecné zásady pro konstrukci, která patří do kategorie B2. Nejdříve je nutné použít na snížení rizika normu 12100, následně pokud bylo vše z dané normy aplikováno, je možné použít další normy. Jedná se o jednu ze dvou základních norem pro řešení bezpečnosti strojů ve spojení s řízením jejich činnosti. Při volbě je možné zvolit buď normu ČSN EN ISO 13849-1, nebo normu ČSN EN IEC 62061. Je nutné zvolit si pouze jednu z nich, neexistuje možnost použít obě najednou. Problém u normy 62061 je ten, že tato norma není použitelná na neelektrická zařízení, například hydraulické, pneumatické a mechanické systémy. Tento problém odpadá u druhé edice zmíněné normy (ČSN EN IEC 62061 ed. 2, která nese název Bezpečnost strojních zařízení – Funkční bezpečnost řídicích systémů souvisejících s bezpečností), kdy je možné využít ji i na neelektrické zařízení. Pokud je zvolena norma 62061 tak se místo úrovně PL (performance level – úroveň vlastností) používá k označení bezpečnosti úroveň SIL (safety integrity level – úroveň integrity bezpečnosti). V obou normách je vždy tabulka, díky které je možné si představit jaký PL přibližně odpovídá adekvátnímu SIL. Avšak je potřeba tuto tabulku brát pouze jako informativní, protože mezi danými sloupečky není přesná shoda. [10][11]

3.1 Stanovení požadované úrovně vlastností

Nejdříve je potřeba za pomoci parametrů S, F a P určit PL_r (required performance level – požadovaná úroveň zabezpečení). Podle daných parametrů je požadována jedna z pěti úrovní od *a* až po *e*, jak je možné vidět na obrázku číslo tři. Definice parametrů S, F a P je následující:

1. **S** je závažnost zranění a dělí se na S1 a S2:
    - S1 se použije, pokud se jedná o zranění, kdy není potřeba návštěva lékaře. Patří sem pohmožděniny, malé tržné rány, modřiny atd.
    - S2 je zvoleno v momentě, kdy neplatí S1
2. **F** se definuje četností nebo dobou ohrožení daným rizikem a dělí se na F1 a F2:
    - F1 se volí, jestliže je doba vystavení krátká nebo řídká až málo častá
    - F2 je volbou, když je osoba vystavena nebezpečí často nebo nepřetržitě
3. **P** zastává možnost vyvarování se riziku, například provoz s dozorem, školením obsluhy atd. Dále se dělí na P1 a P1:
    - P1 má být zvolen, je-li reálná možnost vyloučení rizika
    - P2 se použije, pokud není možné se vyvarovat riziku [11][12]



Obr. 3: Graf pro určení požadované PL_r [11]

3.2 Střední doba do nebezpečné poruchy

Hodnota $MTTF_D$ (mean time to dangerous failure – střední doba do nebezpečné poruchy) je udávána pro každý kanál a má celkem tři úrovně, toto rozdělení je možné vidět v tabulce číslo jedna. Pro výpočet této hodnoty je potřeba zjistit od výrobce informace důležité pro výpočet. Následně díky vypočtené hodnotě je zjištěno, do které úrovně patří daná komponenta. Bližší informace je možné najít v příloze C a D normy ČSN EN ISO 13849-1. [11][12]

$MTTF_D$	
Označení doby každého kanálu	Rozsah doby každého kanálu
Krátká	$3 \text{ roky} \leq MTTF_D < 10 \text{ roků}$
Střední	$10 \text{ roků} \leq MTTF_D < 30 \text{ roků}$
Dlouhá	$30 \text{ roků} \leq MTTF_D \leq 100 \text{ roků}$

Tabulka 1: Střední doba do nebezpečné poruchy každého kanálu [11]

3.3 Diagnostické pokrytí

Velikost DC (diagnostic coverage – diagnostické pokrytí) říká z kolika procent je možné zjistit, jestli dané využívané zařízení je funkční či nikoliv. Diagnostické pokrytí má čtyři úrovně a je možné ho vidět v tabulce číslo dva. Příklady pro vstupní, logické i výstupní prvky je možné najít v příloze E normy ČSN EN ISO 13849-1. [11][12]

DC	
Označení	Rozsah
Žádné	DC < 60 %
Nízké	$60\ \% \leq DC < 90\ \%$
Střední	$90\ \% \leq DC < 99\ \%$
Vysoké	$99\ \% \leq DC$

Tabulka 2: Diagnostické pokrytí [11]

3.4 Porucha se společnou příčinou

CCF (Common cause failure – porucha se společnou příčinou) označuje poruchu více prvků, které jsou důsledkem jedné události (například přepětím). Pokud je dosaženo šedesáti pěti bodů je možné požadovat daná opatření za dostatečná. V momentě, kdy je dosáhnuto méně než šedesát pět bodů, je to stejný ekvivalent jako mít nula bodů. Poruchám se společnou příčinou se věnuje příloha F v normě ČSN EN ISO 13849-1. Seznam daných opatření je možné vidět v tabulce číslo tři. [11][12]

Číslo	**Opatření proti CCF**	**Počet bodů**
1	**Oddělení/segragace**	
	Fyzické oddělení mezi jednotlivými dráhami signálů	**15**
2	**Diverzita**	
	Byly použity různé technologie/konstrukce nebo fyzikální principy	**20**
3	**Konstrukce/použití/zkušenosti**	
3.1	Ochrana proti nadproudu, přepětí, přetlaku atd.	**15**
3.2	Byly použity osvědčené součásti	**5**
4	**Posouzení/analýza**	
	Pro vyloučení poruch se společnou příčinou v konstrukci jsou uvažovány výsledky režimu poruchy a analýza účinku.	**5**
5	**Způsobilost/zácvik**	
	Byl proveden zácvik konstruktérů k pochpoení příčin a následků poruch se společnou přícinou	**5**
6	**Prostředí**	
6.1	Zamezení kontaminace a elektromagnetická kompatibilita proci CCF podle příslušných norem	**25**
6.2	Ostatní vlivy Byly uvažovány požadavky na odolnost proti všem relevantním vlivům prostředí, například teplota rázy, vibrate atd.	**10**

Tabulka 3: Proces působení a kvalifikace opatření proti CCF [11]

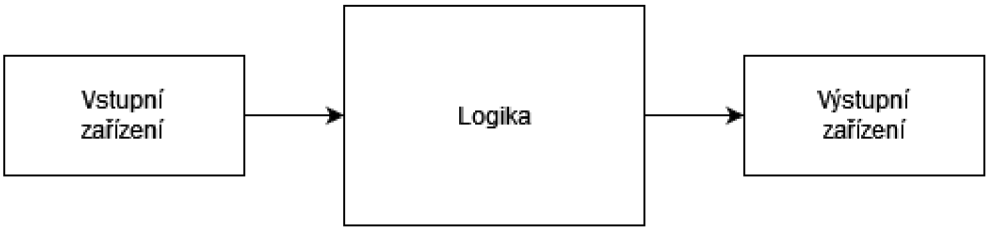
3.5 Kategorie

Jedná se o základní parametr, který se používá pro dosažení požadovaných vlastností PL. Stanovují požadované chování SRP/CS (safety-related part of a control system – bezpečnostní část ovládacího systému) s ohledem na jejich odolnost proti závadám. Existuje celkem pět kategorií, jedná se od kategorie B, 1, 2, 3 a 4, z nichž na kategorii B jsou kladeny nejmenší nároky a na kategorii 4 největší. [11][12]

3.5.1 Kategorie B

Konstrukce, volba a montáž prvků se řídí dle definovaných norem. Odolává předpokládanému provoznímu namáhání, jsou použity standardní materiály, které jsou schopny odolávat vnějším vlivům. Splňuje přísné podmínky EMC. Na obrázku číslo čtyři je možné vidět architekturu dané kategorie. Kategorie může dosahovat následujících parametrů:

- $MTTF_D$ – krátká až střední
- Maximální PL = b
- DC – žádné
- CCF – neuvažuje se [11][12]



Obr. 4: Architektura kategorie B a kategorie 1 [11]

3.5.2 Kategorie 1

Pro ni je nutné, aby bylo splněno vše, co splňuje kategorie B. Dále je nutné používat osvědčené součástky. Tyto komponenty musí být od standardních výrobců, kde se obvykle jedná o osvědčenou a funkční komponentu, která prošla mnoha testy a je hojně využívána. Pokud by byla zvolena součást, která by byla vytvořena pro tohle dané zařízení, tak by nejvyšší možné PL bylo *b*. Architektura je stejná jako pro kategorii B. Kategorie může dosahovat následujících parametrů:

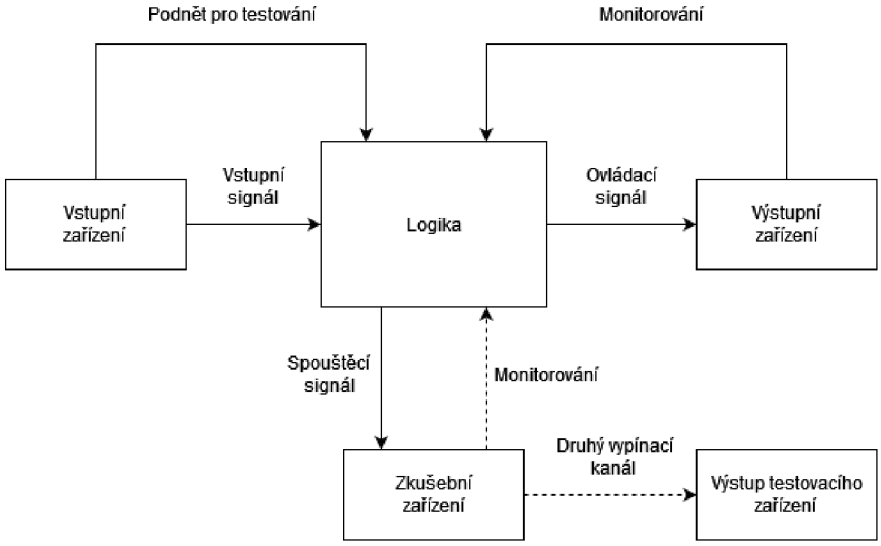
- $MTTF_D$ – dlouhá
- Maximální PL = c
- DC – žádné
- CCF – neuvažuje se [11][12]

3.5.3 Kategorie 2

Opět je zde nutnost splnit všechny požadavky kategorie B. Daná bezpečnostní funkce se musí kontrolovat ve vhodných intervalech definované normou. Pokud dojde k poruše,

tak ta může vést ke ztrátě bezpečnostní funkce, ale musí být detekována. Kategorie může dosahovat následujících parametrů:

- $MTTF_D$ – krátká, střední nebo dlouhá
- Maximální PL = d
- DC – nízké
- CCF – musí být splněno [11][12]

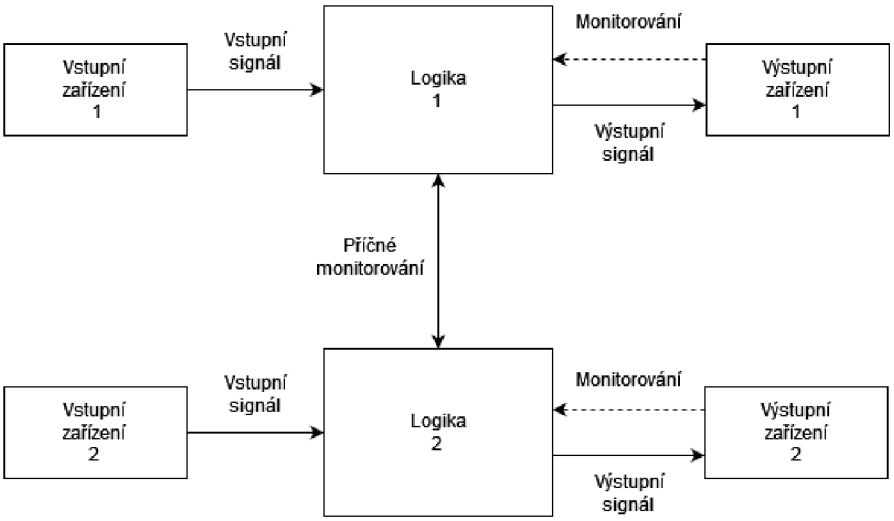


Obr. 5: Architektura kategorie 2 [11]

3.5.4 Kategorie 3

Musí být splněny požadavky kladené na kategorii B. U této kategorie nemůže jednotlivá porucha vést ke ztrátě bezpečnostní funkce, musí být detekována nejpozději při, ale nejlépe před požadavkem na tuto funkci. Nahromadění závad může vést ke ztrátě bezpečnostní funkce. Kategorie může dosahovat následujících parametrů:

- $MTTF_D$ – krátká, střední nebo dlouhá
- Maximální PL = e
- DC – nízké nebo střední
- CCF – musí být splněno [11][12]

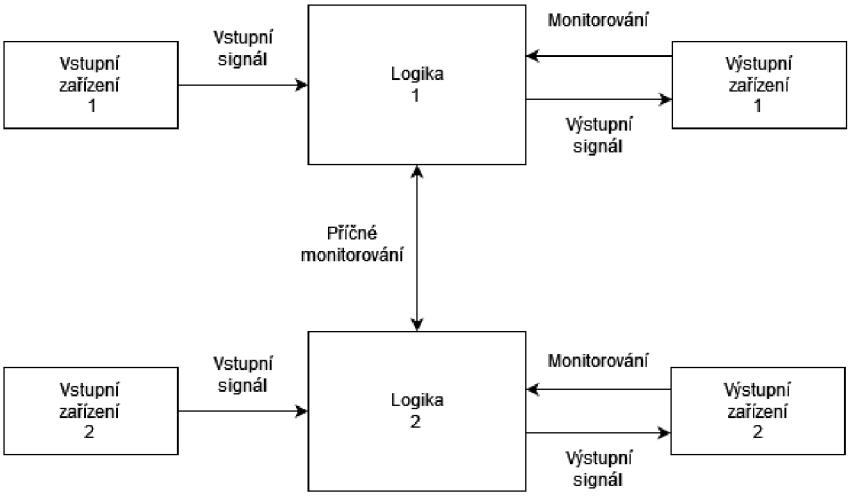


Obr. 6: Architektura kategorie 3 [11]

3.5.5 Kategorie 4

Taktéž splnění požadavků z kategorie B. Jednotlivá porucha nesmí vést ke ztrátě bezpečnostní funkce. Dále musí být jednotlivá závada detekována nejpozději při nebo před požadavkem na tuto funkci. Nesmí dojít ke ztrátě bezpečnostní funkce nahromaděním závad. Kategorie může dosahovat následujících parametrů:

- $MTTF_D$ – dlouhá
- Maximální PL = e
- DC – vysoké
- CCF – musí být splněno [11][12]



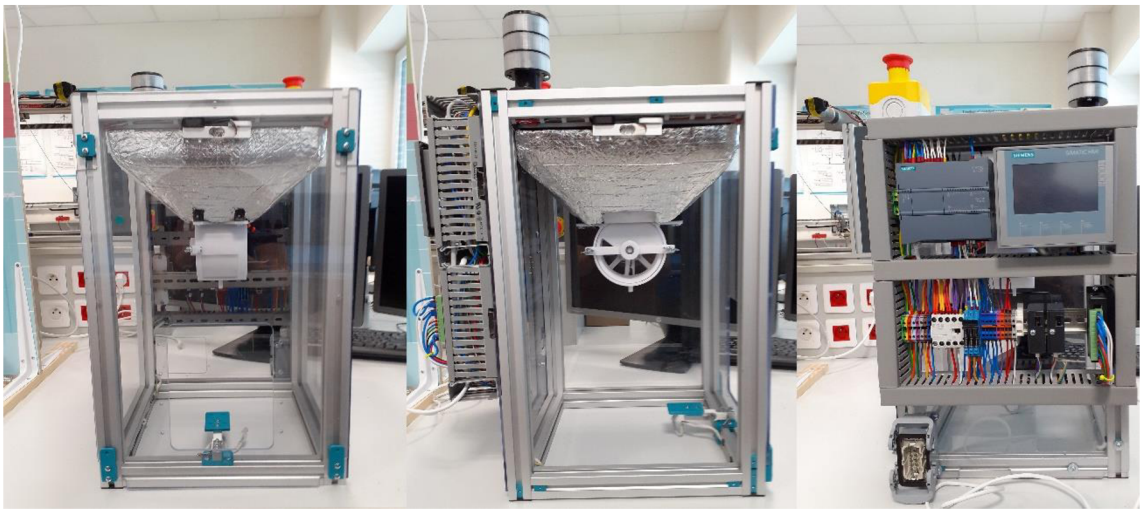
Obr. 7: Architektura kategorie 4 [11]

4. ANALÝZA RIZIK DEMONSTRÁTORU

V této kapitole je napsána analýza rizik daných částí pracoviště. Z této analýzy plyne, kde jsou slabá nebo nebezpečná místa pracoviště a bude nutné je odstranit. K danému pracovišti byla vypracována analýza rizik, která nese název *Analýza rizik a návrh zabezpečení pro testbed Průmyslu 4.0*, kterou vypracoval Bc. Matěj Kroulík. [13] Vzhledem k tomu, že v dané práci se nachází jisté nesrovnalosti nebo až nevhodné nebo nebezpečné návrhy, byla zvolena možnost danou analýzu rizik vypracovat znovu. Tato varianta je vhodná i z důvodu, že došlo již k jistým změnám (například vypracovaní nové autonomní buňky nebo předělání konceptu dávkování ledu). Analýza daného drtiče ledu je v tento moment zbytečná a je nutné udělat novou analýzu pro dávkovač ledu, to samé platí o nově vypracované buňce *sklad kapalin*, ke které neexistuje analýza rizik. Vzhledem k existenci dané analýzy od zmíněného kolegy je pravděpodobné, že jisté části nově vypracované analýzy se v některých částech budou shodovat. Daná analýza vychází z normy 12100, citace této normy platí pro celou kapitolu číslo 4. [7]

4.1 Dávkovač ledu

Strojní zařízení *dávkovač ledu* se momentálně nachází ve vývoji, z toho důvodu, pokud dojde k některým změnám na tomto zařízení, je nutné tuto analýzu brát pouze jako informaci, co bylo potřebné udělat. Tato analýza byla vypracována v rámci daného stavu v době analýzy a provedené změny mohou mít za následek, že daná analýza může být po provedení změn neplatná. Proto je potřeba vypracovat novou analýzu a zjistit, jestli daná opatření jsou dostatečná a nevzniklo nějaké nové nebezpečí. Toto zařízení je vyvíjeno pro veletrhy, prezentace nebo podobné akce a pro školní výuku na VUT v Brně. Některé informace v této kapitole byly zjištěny z práce vypracované k této buňce. [23]



Obr. 8: Dávkovač ledu: pohled zepředu, z boku a zezadu. Foceno 12. 5. 2022

4.1.1 Informace pro posouzení rizika

a) Informace týkající se popisu strojního zařízení

- Uživatel může být nekvalifikovaná veřejnost od dospělých po děti.
- Specifikace strojního zařízení
    i. Konstrukce zařízení se skládá ze základového rámu o rozměrech šířka 340 mm, výška 600 mm a hloubka 440 mm. Následně je zde výplň z plexiskla připevněná na bočních stranách přední i zadní straně buňky. Led se skladuje v násypce na led, která má víko a jsou zde dva mikrospínače pro zjištění toho, že nebylo zvednuto víko. Tyto spínače se nachází proti sobě, každý na jedné straně. Váha násypky je měřena skupinou tenzometrů, díky dané váze je vypočteno množství kostek, které se nachází v násypce. Pro dávkování je využit krokový motor, ten otáčí bubnem, do kterého propadne daný led a ten je při otáčení následně vysypán do sklenice. Za pomoci jednoho indukčního čidla a magnetu je zjištěn nulový bod, od tohoto bodu software nastavuje relativní otočení. Sklenice je položena na daný podstavec, kde se nachází tenzometr a RFID čtečka. Tento podstavec se nenachází na fotce a to z důvodu provádění změn na tomto podstavci. Tenzometr je použit k tomu, aby došlo ke zjištění, jestli byla kostka nadávkována. Na zadní straně jsou umístěny řadové svorky, stykač, relátka, zařízení SKU–seCon, driver krokového motoru, PLC a HMI panel. Tyto komponenty jsou namontovány na dvou DIN lištách, které jsou připevněny k hliníkovým profilům. Na vrchní části je umístěno tlačítko nouzového zastavení a majáček, který má možnost signalizovat třemi barvami. Napájení je připojeno za pomoci desetipinového HARTING konektoru, který je možné nalézt ve spodní části na zadní straně buňky.
    ii. Na daný konektor HARTING je nutné zapojit napětí 24 V a 12 V, obě tato napětí je nutné zapojit dvakrát, jedno pro signálové napětí a druhé pro silové napětí. Poslední potřebné napětí je 5 V.

b) Informace týkající se předpisů, norem a jiných použitelných dokumentů

Byly použity tyto normy:

- ČSN 33 200 - Elektrické instalace nízkého napětí
- ČSN EN 60204-1 ed. 3 – Bezpečnost strojních zařízení
- ČSN EN ISO 13855 – Bezpečnost strojních zařízení
- ČSN EN ISO 13857 – Bezpečnost strojních zařízení

4.1.2 Vymezení používání

a) Provozní režimy

- Ruční (manuální) – Je zde několik obrazovek na HMI panelu, první z nich je úvodní, kde jsou informace vztažené k dané buňce. Dále je zde obrazovka *Equipment module*, zde je možné zvolit, kolik kostek se požaduje pro nadávkování a poté pro stisknutí tlačítka *Start feed* dojde k dávkování zvoleného počtu kostek. Je zde možnost ovládat jenom dané fáze, tedy tlačítkem *Pick up* dojde k vyzvednutí jedné kostky, tlačítkem *Dump* vyhození kostky do sklenice a tlačítkem *Close* se zavře násypka. Následuje obrazovka *Control module*, zde je možné tlačítkem *Home* zaaretovat motor do výchozí pozice. Když je to třeba, je možné změnit rychlost tlačítky *Velo.* + a *Velo.* -, popřípadě měnit směr otáčení tlačítky *Forward* a *Backward*. Každou tuto změnu je nutné potvrdit tlačítkem *Change*. Poslední obrazovkou je obrazovka *Service*, tato obrazovka umožňuje kalibraci tenzometrů v násypce i tenzometrů pod podložkou sklenice. Pro nastavení počtu kostek v násypce je nutné nastavit hodnotu hmotnosti jedné kostky a poté to potvrdit tlačítkem *Set*. Na všech obrazovkách kromě úvodní obrazovky jsou tlačítka pro volbu manuálního a automatického režimu tlačítky *Auto* a *Man*. Posledním tlačítkem na těchto obrazovkách je reset chyby tlačítkem *Reset Err*.
- Automatický – v automatickém režimu dojde při položení sklenice k přečtení RFID čtečkou RFID čipu, aby se zjistilo, o jakou sklenici se jedná a podle zadaného požadavku se vloží potřebný počet kostek ledu.

b) Používání strojního zařízení

- Strojní zařízení je používáno pro dávkování ledu do přiložené sklenice, provoz tohoto zařízení je vhodný pro všechny podniky, které potřebují dávkovat specifické množství ledu do sklenice.

c) Úrovně zácviku

- Operátor – automatický a manuální provozní režim, přístup do prostoru doplnění ledu, osoba seznámená s pracovními postupy provádí základní údržbu ve stanovených intervalech.
- Údržbář – bez omezení přístupu nebo omezení provozního režimu, osoba proškolená s pracovními postupy pro všechny provozní stavy strojního zařízení může přistupovat do prostoru, kde se nachází kabeláž.
- Široká veřejnost – omezený přístup, možnost pouze vložit sklenici a následně ji vytáhnout.

d) Vystavení jiných osob nebezpečí, která jsou spojena se strojním zařízením

- Mohou se zde vyskytovat i osoby, které mají velice malé povědomí o nebezpečích stroje nebo provozních bezpečnostních postupech. Může se jednat o širokou veřejnost včetně dětí.

4.1.3 Vymezení prostoru

a) Rozsah pohybu

- Dávkovací válec je otočný o 360°, jeho průměr je 105 mm.

b) Požadavky na prostor pro vzájemné působení osob a stroje

- Přístup do prostoru pro vkládání a vyjímání sklenice – prostor o minimální hloubce 600 mm a šířce 350 mm z přední strany strojního zařízení.
- Přístup do prostoru pro ovládání HMI panelu – prostor o minimální hloubce 600 mm a šířce 350 mm ze zadní strany strojního zařízení.
- Daná buňka musí být položena tak, aby byla ve vhodné výšce, například do výšky pasu. Zařízení je možné postavit ke zdi z bočních stran, ale je potřeba, aby přední i zadní strany měly volný požadovaný prostor.

c) Vzájemné působení lidí (obsluha – stroj)

- Ovládací HMI panel strojního zařízení, který se nachází na zadní straně.
- Tlačítko nouzového zastavení nacházející se na vrchní straně zařízení.

d) Rozhraní stroj – dodávka energie

- Elektrická energie – 24 V, 12 V, 5 V DC dodané skrze deseti pinový konektor připojený k buňce. Pokud se zařízení nachází na demonstrátoru, je napájení zařízeno za pomoci síťového zdroje Mean Well NDR-240-24, který dodává 24 V DC a maximálního výstupního proudu 10 A. Ostatní napětí je vytvořeno počítačovými zdroji.

4.1.4 Vymezení doby

a) Vymezení doby životnosti strojního zařízení

- Počet pracovních dní v roce – 5.
- Počet pracovních hodin za den – 8.
- Čas mezi dvěma přístupy do nebezpečného prostoru strojního zařízení – 1 x za 1 minutu.
- Předpokládaná zkouška tlačítka nouzového zastavení 1 x za směnu.

b) Doporučené intervaly údržby

- Všechny zmíněné intervaly je nutné uvést v návodu k obsluze a údržbě strojního zařízení.
- Četnost čištění násypky je stanovena na interval minimálně 1x za směnu.
- Četnost čištění dávkovacího válce je stanovena na interval minimálně 1x za směnu.

4.1.5 Ostatní vymezení

a) Vlastnosti zpracovávaného materiálu

- Materiál může měnit své skupenství z pevného na kapalný, k těmto účelům je zde odtok vody přes hadičku například do nějaké nádoby.

b) Udržovatelnost – požadavek na čistotu

- Určeno pro vnitřní použití v normálních prostorách

c) Definice prostředí

- AA – Teplota okolí (°C)
    i. AA5 – +5 až +40
- AB – Atmosférické podmínky v okolí
    i. AB5 – prostory chráněné před atmosférickými vlivy s regulací teploty
- AC – Nadmořská výška (m)
    i. AC1 – $\leq$ 2000
- AD – Výskyt vody
    i. AD1 – Pravděpodobnost výskytu vody je zanedbatelná
- AE – Výskyt cizích pevných těles
    i. AE1 – Zanedbatelný výskyt malých předmětů a prachu
- AF – Výskyt korozivních nebo znečišťujících látek
    i. AF1 – Množství a povaha korozivních látek nejsou významné
- AG – Rázy
    i. AG1 – Například domácí a obdobné zařízení
- AH – Vibrace
    i. AH1 – Domácí a obdobné zařízení, u něhož obecně nedochází k nepříznivým vibracím
- BA – Schopnost osob
    i. BA1 – Nepoučené osoby (laici). Normální
- CA – Konstrukční materiály
    i. CA1 – nehořlavé

Na základě výše uvedených provozních podmínek je možné prostředí, ve kterém bude zařízení provozováno, klasifikovat jako normální.

4.1.6 Nedostatky konstrukce

Zjištěné nedostatky na zařízení *dávkovač ledu*, které mohou způsobit nebezpečnou situaci nebo nesplňují normy:

- Tenzometr, který hlídá přítomnost sklenice a její doplnění požadovaným množství ledových kostek, nemá žádnou oficiální dokumentaci od výrobce. Kvůli absenci dokumentů není možné dohledat, zda byl tenzometr validován a jaké jsou jeho garantované parametry.
- Použité mikrospínače není možné v žádném případě využít jako bezpečnostní prvek pro ochranu otevření a následného zastavení motoru. Toto řešení se nepovažuje za bezpečné, a proto je na dané nebezpečí pohlíženo tak, jako by zde nebyl žádný prvek, který řeší bezpečnost vzhledem k otevření víka.
- Prostor pro vkládání sklenice není zabezpečený a je možné se dostat do nebezpečného prostoru při dávkování.
- Použité elektrické komponenty nacházející se v okolí možného kontaktu s kapalinou nemají žádnou odolnost proti vniknutí kapalin.

- Barvy vodičů neodpovídají normě ČSN EN 60204-1 ed.3.
- Na zadní straně je akrylové sklo, které odděluje elektrické komponenty od možných kapalin, avšak jsou zde otvory, které nemají bezpečnostní průchodky, které by zamezily vniknutí kapalin.
- Použité akrylové sklo není vyhovující.
- Při dávkování může dojít k možnému vystříknutí kapaliny na motor.
- Tlačítko nouzového zastavení je vyhovující, ale neplní požadovanou bezpečnost.

4.1.7 Zhodnocení rizika

Jednou z metod posouzení rizika je metoda HRN (Hazard rating number – číselná klasifikace nebezpečí), po použití této metody je vypočteno číslo, které sdělí, jak velké je riziko úrazu a jestli je potřeba ho eliminovat, nebo se jedná například o zanedbatelné riziko.

Výpočet HRN je závislý na parametrech DPH (Degree of possible harm – Závažnost zranění na základě nebezpečné události), LO (Likelihood of occurrence – Pravděpodobnost výskytu), NP (Number of persons at risk – počet osob vystavených nebezpečí) a FE (Frequency of exposure – Četnost výskytu nebezpečné události):

- **DPH – Závažnost zranění**
  - Úmrtí 15
  - Ztráta dvou končetin / očí nebo vážná nemoc (trvalá) 10
  - Ztráta jedné končetiny / oka nebo vážná nemoc (dočasná) 6
  - Zlomenina – hlavní kost nebo méně závažná nemoc (trvalá) 4
  - Zlomenina – menší kost nebo méně závažná nemoc (dočasná) 2
  - Tržná rána / mírný vliv na zdraví člověka 0,5
  - Škrábance / modřiny 0,1
- **LO – Pravděpodobnost výskytu**
  - Téměř nemožné, možné pouze za extrémních podmínek 0,033
  - Vysoce nepravděpodobné, ale myslitelné 1
  - Nepravděpodobné, ale může nastat 1,5
  - Možné, ale neobvyklé 2
  - Šance padesát na padesát, může nastat 5
  - Předpokládané, nepřekvapující 8
  - Pravděpodobné, pouze otázka času 10
  - Jisté, bez pochybností 15
- **NP – Počet osob vystavených nebezpečí**
  - 1-2 lidé 1
  - 3-7 lidí 2
  - 8-15 lidí 4
  - 16-50 lidí 8
  - Více než 50 lidí 12

- **FE – Četnost výskytu nebezpečné události**
  - Ročně 0,5
  - Měsíčně 1
  - Týdně 1,5
  - Denně 2,5
  - Co hodinu 4
  - Stále 5
- **HRN – Číselná klasifikace nebezpečí**
  - Zanedbatelné riziko 0-1
  - Velmi nízké riziko 1-5
  - Nízké riziko 5-10
  - Významné riziko 10-50
  - Vysoké riziko 50-100
  - Velmi vysoké riziko 100-500
  - Extrémní riziko 500-1000
  - Neakceptovatelné riziko Více než 1000

Výpočet hodnoty HRN je provede podle vzorce 6.1

$$HRN = DPH * LO * NP * FE \tag{4.1}$$

Vzhledem k již zmíněnému problému, že dané mikrospínače se nemohou považovat za bezpečné řešení, je největší bezpečnostní riziko dávkovací válec ledu.

Další úplně stejné nebezpečí je přístupné ze přední strany, odkud se vkládá sklenice, je možné se dostat až k dávkovacímu válci. Může zde dojít ke stlačení, pořezání a oddělení částí těla, případně k navinutí, vtažení nebo zachycení vlasů, přívěsků, řetízků, oblečení a dalších volně visících předmětů.

Hodnoty pro stanovení HRN:

- DPH – 6
- LO – 10
- NP – 12
- FE – 5

$$HRN = 6 * 10 * 12 * 5 = 3600 \tag{4.2}$$

Hodnota 3600 spadá do neakceptovatelného rizika, toto riziko je nevyhovující.

4.1.8 Návrh řešení

U těch komponent, u kterých nebylo možné zjistit výrobce nebo komponent, u nichž není jistota, zda mají potřebnou validaci, je nutné kontaktovat prodejce, aby doložil potřebné dokumenty k daným komponentám. Je nutné doložit dokumenty prokazující,

jaké normy splňují, jakou mají validaci, ES prohlášení o shodě a návod k obsluze. Pokud prodejce není schopen dodat dané materiály, je nutné tuto komponentu nahradit. Pokud v návrhu zabezpečení nebude dáno jinak, tak nahrazení musí být provedeno pokaždé za osvědčenou komponentu, popřípadě za komponentu od relevantního výrobce s odpovídající validací, potřebnými parametry a dokumentací. Osvědčená komponenta je taková, kterou má výrobce strojního zařízení již vyzkoušenou na jiných zařízeních. Existuje i možnost validace dané komponenty podle potřebných norem, ale tuto možnost nedoporučuji, protože je ve všech směrech vhodnější koupit komponentu s potřebnými parametry a dokumenty, než nechávat vypracovat validaci pro každou komponentu.

Vytvořit blokování víka dávkovače ledu s použitím bezpečnostních zámků, které zaručí nemožnost otevření dávkovacího víka při běhu. Pro možnost odemčení zámků a následného otevření víka je nutné zařídit, aby se motor již neotáčel, to znamená snímat otáčky motoru a až v moment, kdy je motor plně zastaven otevřít zámky. Dále je nutné zařídit, aby nemohlo dojít ke spuštění motoru při otevřeném víku, například odpojením od napájení. Tyto bezpečnostní prvky následně zapojit do samostatného bezpečnostního obvodu, buď s pomocí bezpečnostních relé, nebo bezpečnostního PLC. Požadovaná bezpečnost blokování otevření víka je PL_r=d.

Vytvořit pohyblivý kryt z přední strany buňky, který bude chránit prostor pro vložení sklenice, tento kryt je nutné blokovat za pomoci elektrického zámku, aby nemohlo dojít otevření krytu při dávkování požadovaného počtu kostek. Pro možnost odemčení zámků a následného otevření krytu je nutné zařídit, aby nemohlo dojít ke spuštění motoru (například odpojením od napájení). Tento bezpečnostní prvek následně zapojit do samostatného bezpečnostního obvodu, buď s pomocí bezpečnostních relé, nebo bezpečnostního PLC. Požadovaná bezpečnost blokování otevření krytu je PL_r=d. Je nutné uvést v návodu, že pokud pracuje buňka samostatně, musí mít namontovaný a funkční pohyblivý kryt s elektrickým zámkem. Dále pokud má daná buňka pracovat na stole Testbedu musí dojít k odstranění pohyblivého krytu osobou k tomu pověřenou.

Elektrické komponenty nacházející se uvnitř buňky je nutné vyměnit za komponenty s odolností vniknutí kapalin alespoň IP44 nebo vyšší, popřípadě je umístit do krytů, které splňují potřebné požadavky. Jedná se například o krabičku, v níž je uložena RFID čtečka.

Vyměnit barvy vodičů tak, aby odpovídaly dle normy ČSN EN 60204-1 ed.3. To znamená vyměnit všechny kabely se silovým napětím za kabely černé barvy, tyto kabely náležitě označit L1 až L3 a L0 pro nulový vodič. Dále vyměnit všechny signálové kabely za kabely s modrou barvou pro kladné napětí a pro záporné modrobílou, všechny kabely náležitě popsat.

Všechny komponenty na zadní straně vložit do pevného rozvaděče opatřený průchodkami proti vniknutí kapalin se stupněm krytí minimálně IP44. Tato varianta je vhodnější krytí na prach a snadnější pro údržbu v porovnání s momentálním stavem.

Dalším důvodem může být to, že při čištění by mohlo dojít k neúmyslnému nastříkání čistícího přípravku na elektrické komponenty.

Akrylové sklo není vhodnou variantou zastřešení buňky, pro lepší bezpečnost je vhodné použít plnou polykarbonátovou desku, popřípadě lepené nebo kalené sklo. Buňku je nutné zakrytovat i z vrchní strany.

Aby nedošlo k možnému stříknutí kapaliny na motor, je nutné udělat násypku na vedení dávkovaného ledu, dále udělat přehrazení daným sklem, aby při vystříknutí byla kapalina zastavena tímto sklem a nedošlo k poškození motoru.

Tlačítko nouzového zastavení, které bylo použito, vyhovuje požadované bezpečnosti, avšak je nutné ho připojit do samostatného bezpečnostního obvodu, buď s pomocí bezpečnostních relé, nebo bezpečnostního PLC. Požadovaná bezpečnost tlačítka nouzového zastavení je PL_r=d, což momentální stav zapojení nesplňuje.

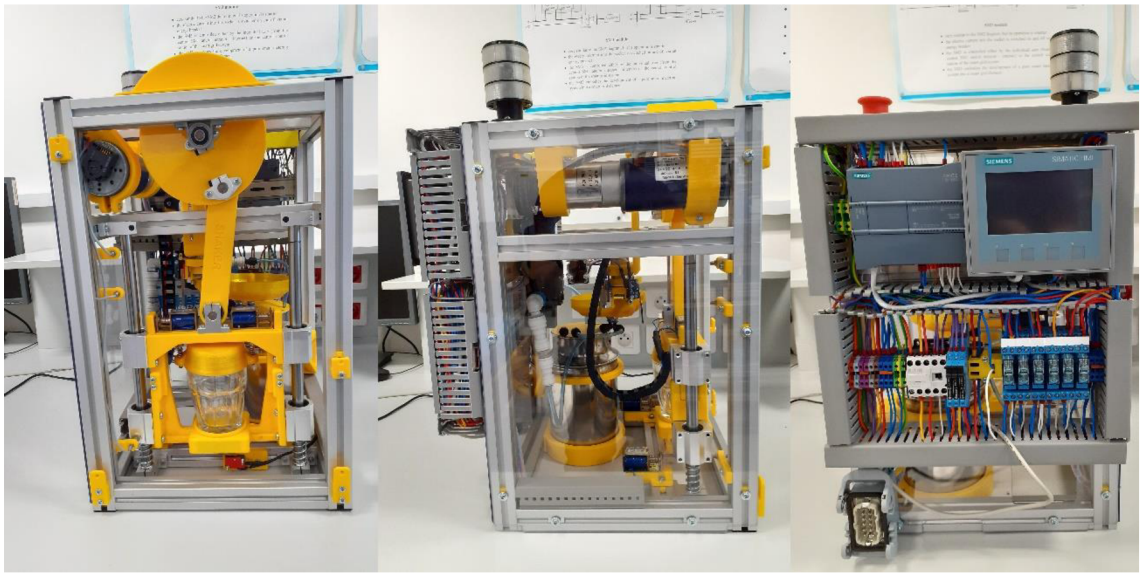
Nakonec je nutné vypracovat průvodní dokumentaci a návod k obsluze ke strojnímu zařízení. V návodu k obsluze bude nutné uvést:

- Rozměry sklenice, které je možné použít
- Zmínit význam jednotlivých barev majáčku
- Definovat přemisťování dávkovače ledu pouze se zajištěnými komponentami, bez ledu a skleniček.
- Upozornit, že obsluha dávkovače ledu musí být seznámena s návodem k obsluze dávkovače ledu a bezpečnostními požadavky na dávkovač ledu.
- Důrazně upozornit obsluhu dávkovače ledu na přísný zákaz konzumace alkoholických nápojů a dodržování bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.
- Uvést doporučené intervaly údržby a důležitá upozornění.
- Popsat jednotlivé provozní režimy.
- Definovat význam jednotlivých barev vodičů.
- Uvést, že před zahájením jakýchkoliv prací údržby je nutné odpojit přívod elektrické energie do dávkovače ledu. Tuto práci mohou provádět pouze pracovníci s oprávněním pro samostatnou činnost § 6 vyhláška č. 50/1978 Sb. Pracemi údržby se rozumí například výměna snímačů nebo výměna poškozených mechanických částí. V případě závažnější poruchy jako je bezpečnostní relé je nutné zajistit odbornou opravu.
- I po aplikaci všech možných zabezpečení zde zůstane zbytkové riziko možného rozbití sklenice, proto je nutné, aby obsluha používala bezpečnostní rukavice, aby nedošlo ke zranění o vzniklé střepy. Také na tomto zařízení musí být štítek, že se zde vyskytuje tohle nebezpečí.

Přístup ke strojnímu zařízení budou mít i osoby, které mají velmi malé povědomí o nebezpečí stroje nebo o provozních bezpečnostních postupech, sem patří návštěvníci a veřejnost včetně dětí. Proto je vždy nutné tyto osoby seznámit a poučit o nebezpečích stroje a provozních bezpečnostních postupech dávkovače ledu. Tato skutečnost musí být uvedena v návodu k obsluze.

4.2 Shaker

Strojní zařízení *shaker* se momentálně nachází ve vývoji, z toho důvodu, pokud dojde k některým změnám na tomto zařízení, je nutné tuto analýzu brát pouze jako informaci, co bylo potřebné udělat. Tato analýza byla vypracována v rámci daného stavu v době analýzy a provedené změny mohou mít za následek, že daná analýza může být po provedení změn neplatná. Proto je potřeba vypracovat novou analýzu a zjistit, jestli daná opatření jsou dostatečná a nevzniklo nějaké nové nebezpečí. Toto zařízení je vyvíjeno pro veletrhy, prezentace nebo podobné akce a pro školní výuku na VUT v Brně. Některé informace v této kapitole byly zjištěny z práce vypracované k této buňce. [24]



Obr. 9: Shaker: pohled zepředu, z boku a zezadu. Foceno 12. 5. 2022

4.2.1 Informace pro posouzení rizika

a) Informace týkající se popisu strojního zařízení

- Uživatel může být nekvalifikovaná veřejnost od dospělých po děti.
- Specifikace strojního zařízení
    i. Konstrukce zařízení se skládá ze základového rámu o rozměrech šířka 340 mm, výška 600 mm a hloubka 440 mm. Následně je zde výplň z plexiskla připevněná na bočních stranách přední i zadní straně buňky. Stojan pro sklenici drží ve výchozí poloze díky dvěma elektromagnetickým zarážkám, ty jsou zasunuty, pokud má dojít k protřepání nápoje. Pod stojanem se nachází koncový spínač pro zjištění, že stojan pro sklenici není ve správné poloze, tedy pevně stojící na daných elektromagnetických zarážkách. Víko pro sklenici je po přiklopení spojeno se spodním dílem elektromagnetickými zámky, díky tomu nemůže dojít k oddělení

při protřepávání. Protřepávání je možné díky klikové hřídeli připojené na jedné straně k vrchní straně víka a na druhé ke klikovému mechanismu. Tento mechanismus je poháněn řemenicí, ke které je připojen řemen a ten je poháněn řemenicí spojenou s motorem. Obě součásti, jak podstavec pro sklenici, tak vrchní část *shakeru* jsou spojeny s lineárními ložisky ke dvěma kolejnicím. Tři indukční senzory určují, kde se nachází jednotlivé části a zda jsou spojeny nebo rozpojeny. Dále je tu funkční celek omytí, který je poháněn stejnosměrným motorem, jeho dvě koncové pozice jsou snímány koncovými spínači, jedná se o pozici pod víčkem *shakeru* a na místě, kde nezavazí při promíchávání nápoje. Pokud se nic neděje, tak je umývací talířek pod víčkem *shakeru*, aby nedošlo ke znečištění části nacházející se pod víčkem. Umývací talířek má trysku, do které je přes membránovou pumpu hnána z nerezové nádrže voda pro omytí, tato voda následně odteče zpět do stejné nádrže. Na zadní straně jsou umístěny řadové svorky, stykač, relátka, PLC a HMI panel. Tyto komponenty jsou namontovány na dvou DIN lištách, které jsou připevněny k hliníkovým profilům. Na vrchní části je umístěno tlačítko nouzového zastavení a majáček, který má možnost signalizovat třemi barvami. Napájení je připojeno za pomoci desetipinového HARTING konektoru, který je možné nalézt ve spodní části na zadní straně buňky.

ii. Na daný konektor HARTING je nutné zapojit napětí 24 V a 12 V, obě tato napětí je nutné zapojit dvakrát, jedno pro signálové napětí a druhé pro silové napětí. Poslední potřebné napětí je 5 V.

b) Informace týkající se předpisů, norem a jiných použitelných dokumentů

Byly použity tyto normy:

- ČSN 33 200 - Elektrické instalace nízkého napětí
- ČSN EN 60204-1 ed. 3 – Bezpečnost strojních zařízení
- ČSN EN ISO 13855 – Bezpečnost strojních zařízení
- ČSN EN ISO 13857 – Bezpečnost strojních zařízení

4.2.2 Vymezení používání

a) Provozní režimy

- Ruční (manuální) – Je zde několik obrazovek na HMI panelu, první z nich je úvodní, kde je možné vidět informace o dané buňce, v jakém je stavu, jestli se vyskytla nějaká chyba, doba produkce a čas kdy buňka nic nedělá. Na druhé obrazovce *Equipment module* je možné přepínat mezi manuálním a automatickým režimem tlačítky *Auto* a *Man* a resetovat chybu tlačítkem *Reset*

Error. Pokud se zvolí doba protřepání a stiskne tlačítko *Shake* dojde k protřepání daného nápoje po stanovený čas. Tlačítkem *Reset Done* se vyresetuje bit Done, který říká, že byla daná operace dokončena. Obrazovka *Diagnostics* má na své ploše tři tlačítka, první je *Alarm Screen*, kterým se řeší přesun na obrazovku s chybovými hláškami. Dále je zde tlačítko *Control Screen* to je využito pro přesun na obrazovku *Control module* a poslední tlačítko *Setting Screen* slouží pro přesun na obrazovku *Setting Screen*. Na obrazovce *Control module* je možné manuálně ovládat jednotlivé control moduly, je možné ovládat všechny ventily a vidět jejich stav, jestli jsou zavřené nebo otevřené. Také je možné vidět hladiny v nádržce na vodu a hladinu ve směšovacím kontejneru. V obrazovce *Setting Screen* je možné manuálně zapnout výrobu dané buňky a přepnout ji do stavu start nebo stop tlačítky *START* a *STOP*. Přepínat mezi automatickým a manuálním režimem pro plnění vody, natlakování, plnění drinku, vodní pumpy, dekompresního ventilu, tlakovacího ventilu, ventilu na plnění vody a ventilu na plnění sklenice. Dále zde lze nastavit, jestli se tam nachází nebo nenachází sklenice, jestli je povolen nebo není tlak, nastavení hodnoty pro první plnění a požadované množství plnění směšovacího kontejneru. Na poslední obrazovce je možné vidět tabulku se záznamy chybových hlášení. Následuje další úvodní obrazovka, na které je možné nastavit automatický a manuální režim tlačítky *Automatic* a *Manual*. Je možné po nastavení daného času protřepávání a po stisknutí *Start shaking* spustit jeden cyklus protřepání. Dále je zde obrazovka *Shaking block controls*, zde je možné ovládat elektromagnetické zámky, tlačítko *Stand* ovládá zámky pro podstavec sklenice a tlačítko *Lock* zamykací mechanismus víčka. Po nastavení rychlosti a stisknutí tlačítka *Enable* je možné spustit otáčení motoru pro vrchní díl. Je možné změnit směr otáčení, tlačítko *CW* nastaví směr otáčení po směru hodinových ručiček a tlačítko *CCW* proti směru hodinových ručiček. Následuje obrazovka *Washing block controls*, tady je možné zvolit polohu omývacího talířku na pozici *Shaking* nebo *Washing* a po stisknutí tlačítka *Enable* se aktivuje stejnosměrný motor pro přesun. Tlačítkem *Pump* lze spustit čerpadlo, tedy spustit omývání víčka *shakeru*. Poslední obrazovka ukazuje všechny možné chybové hlášky.

- Automatický – v automatickém režimu dojde při položení sklenice přečtení RFID čtečkou RFID čipu, aby se zjistilo, o jakou sklenici se jedná a podle toho, jestli se jedná o sklenici se stejným nápojem, jako byl protřepáván před ním, dojde ihned k protřepání nápoje dle stanovené receptury. Pokud se jedná o jiný nápoj, dojde k umytí vrchní části a následně potom k protřepání nápoje.

b) Používání strojního zařízení

- Strojní zařízení je používáno k protřepání přiložené sklenice, provoz tohoto zařízení je vhodný pro všechny podniky, které potřebují promíchat tekutiny uvnitř sklenice.

c) Úrovně zácviku

- Operátor – automatický a manuální provozní režim, přístup do prostoru dané buňky, osoba seznámená s pracovními postupy, provádí základní údržbu ve stanovených intervalech.
- Údržbář – bez omezení přístupu nebo omezení provozního režimu, osoba proškolená s pracovními postupy pro všechny provozní stavy strojního zařízení, může přistupovat do prostoru, kde se nachází kabeláž.
- Široká veřejnost – omezený přístup, možnost pouze vložit sklenici a následně ji vytáhnout.

d) Vystavení jiných osob nebezpečí, která jsou spojena se strojním zařízením

- Mohou se zde vyskytovat i osoby, které mají velice malé povědomí o nebezpečích stroje nebo provozních bezpečnostních postupech. Může se jednat o širokou veřejnost včetně dětí.

4.2.3 Vymezení prostoru

a) Rozsah pohybu

- Pohyb protřepávacího mechanismu je 140 mm.
- Pohyb čistícího talířku je 90°.

b) Požadavky na prostor pro vzájemné působení osob a stroje

- Přístup do prostoru pro vkládání a vyjímaní sklenice – prostor o minimální hloubce 600 mm a šířce 350 mm z přední strany strojního zařízení.
- Přístup do prostoru pro ovládání HMI panelu – prostor o minimální hloubce 600 mm a šířce 350 mm ze zadní strany strojního zařízení.
- Daná buňka musí být položena tak, aby byla ve vhodné výšce, například do výšky pasu. Zařízení je možné postavit ke zdi z bočních stran, ale je potřeba, aby přední i zadní strany měly volný požadovaný prostor.

c) Vzájemné působení lidí (obsluha – stroj)

- Ovládací HMI panel strojního zařízení, který se nachází na zadní straně.
- Tlačítko nouzového zastavení nacházející se na vrchní straně zařízení.

d) Rozhraní stroj – dodávka energie

- Elektrická energie – 24 V, 12 V a 5 V DC dodané skrze desetipinový konektor připojený k buňce. Pokud se zařízení nachází na demonstrátoru, je napájení zařízeno za pomoci síťového zdroje Mean Well NDR-240-24, který dodává 24 V DC a maximálního výstupního proudu 10 A. Ostatní napětí je vytvořeno počítačovými zdroji.

4.2.4 Vymezení doby

a) Vymezení doby životnosti strojního zařízení

- Počet pracovních dní v roce – 5.
- Počet pracovních hodin za den – 8.
- Čas mezi dvěma přístupy do nebezpečného prostoru strojního zařízení – 1 x za 1 minutu.
- Předpokládaná zkouška tlačítka nouzového zastavení 1 x za směnu.

b) Doporučené intervaly údržby

- Všechny zmíněné intervaly je nutné uvést v návodu k obsluze a údržbě strojního zařízení.
- Četnost čištění horní části *shakeru* je stanovena na interval minimálně 1x za směnu.
- Četnost čištění omývacího talířku je stanovena na interval minimálně 1x za směnu.
- Četnost čištění nerezové nádoby je stanovena na interval minimálně 1x za směnu.

4.2.5 Ostatní vymezení

a) Vlastnosti zpracovávaného materiálu

- Materiál není zpracováván.

b) Udržovatelnost – požadavek na čistotu

- Určeno pro vnitřní použití v normálních prostorách.

c) Definice prostředí

- AA – Teplota okolí (°C)
    i. AA5 – +5 až +40
- AB – Atmosférické podmínky v okolí
    i. AB5 – prostory chráněné před atmosférickými vlivy s regulací teploty
- AC – Nadmořská výška (m)
    i. AC1 – $\leq$ 2000
- AD – Výskyt vody
    i. AD1 – Pravděpodobnost výskytu vody je zanedbatelná
- AE – Výskyt cizích pevných těles
    i. AE1 – Zanedbatelný výskyt malých předmětů a prachu
- AF – Výskyt korozivních nebo znečišťujících látek
    i. AF1 – Množství a povaha korozivních látek nejsou významné
- AG – Rázy
    i. AG1 – Například domácí a obdobné zařízení
- AH – Vibrace

i. AH1 – Domácí a obdobné zařízení, u něhož obecně nedochází k nepříznivým vibracím

- BA – Schopnost osob
  i. BA1 – Nepoučené osoby (laici). Normální
- CA – Konstrukční materiály
  i. CA1 – nehořlavé

Na základě výše uvedených provozních podmínek je možné prostředí, ve kterém bude zařízení provozováno klasifikovat jako normální.

4.2.6 Nedostatky konstrukce

Zjištěné nedostatky na zařízení *shaker*, které mohou způsobit nebezpečnou situaci nebo nesplňují normy:

- Nevyhovující tlačítko nouzového zastavení.
- Prostor pro vkládání sklenice není zabezpečený a je možné se dostat do nebezpečného prostoru při protřepávání nápoje.
- Použité elektrické komponenty nacházející se v okolí možného kontaktu s kapalinou nemají žádnou odolnost proti vniknutí kapalin.
- Barvy vodičů neodpovídají normě ČSN EN 60204-1 ed.3.
- Na zadní straně je akrylové sklo, které odděluje elektrické komponenty od možných kapalin, avšak jsou zde otvory, které nemají bezpečnostní průchodky, které by zamezily vniknutí kapalin.
- Použité akrylové sklo není vyhovující.

4.2.7 Zhodnocení rizika

Z přední strany odkud se vkládá sklenice je možné se dostat až k mechanismu, který svým pohybem promíchává nápoje. Může zde dojít ke stlačení, pořezání a oddělení částí těla, případně k navinutí, vtažení nebo zachycení vlasů, přívěsků, řetízků, oblečení a dalších volně visících předmětů.

Hodnoty pro stanovení HRN:

- DPH – 6
- LO – 10
- NP – 12
- FE – 5

$$HRN = 6 * 10 * 12 * 5 = 3600 \tag{4.3}$$

Hodnota 3600 spadá do neakceptovatelného rizika, toto riziko je nevyhovující.

4.2.8 Návrh řešení

Tlačítko nouzového zastavení, které bylo použito, nevyhovuje požadované bezpečnosti,

také je nutné ho připojit do samostatného bezpečnostního obvodu, buď s pomocí bezpečnostních relé, nebo bezpečnostního PLC. Požadovaná bezpečnost tlačítka nouzového zastavení je PL_r=d.

U těch komponent, u kterých nebylo možné zjistit výrobce nebo komponent, u nichž není jistota, zda mají potřebnou validaci, je nutné kontaktovat prodejce, aby doložil potřebné dokumenty k daným komponentám. Je nutné doložit dokumenty prokazující, jaké normy splňují, jakou mají validaci, ES prohlášení o shodě a návod k obsluze. Pokud prodejce není schopen dodat dané materiály, je nutné tuto komponentu nahradit. Pokud v návrhu zabezpečení nebude dáno jinak, tak nahrazení musí být provedeno pokaždé za osvědčenou komponentu, popřípadě za komponentu od relevantního výrobce s odpovídající validací, potřebnými parametry a dokumentací. Osvědčená komponenta je taková, kterou má výrobce strojního zařízení již vyzkoušenou na jiných zařízeních. Existuje i možnost validace dané komponenty podle potřebných norem, ale tuto možnost nedoporučuji, protože je ve všech směrech vhodnější koupit komponentu s potřebnými parametry a dokumenty, než nechávat vypracovat validaci pro každou komponentu.

Vytvořit pohyblivý kryt z přední strany buňky, který bude chránit prostor pro vložení sklenice, tento kryt je nutné blokovat za pomoci elektrického zámku, aby nemohlo dojít otevření krytu při protřepávání drinku. Pro možnost odemčení zámků a následného otevření krytu je nutné zařídit, aby nemohlo dojít ke spuštění motoru (například odpojením od napájení). Tento bezpečnostní prvek následně zapojit do samostatného bezpečnostního obvodu, buď s pomocí bezpečnostních relé, nebo bezpečnostního PLC. Požadovaná bezpečnost blokování otevření krytu je PL_r=d. Je nutné uvést v návodu, že pokud pracuje buňka samostatně, musí mít namontovaný a funkční pohyblivý kryt s elektrickým zámkem. Dále pokud má daná buňka pracovat na stole Testbedu musí dojít k odstranění pohyblivého krytu osobou k tomu pověřenou.

Elektrické komponenty nacházející se uvnitř buňky je nutné vyměnit za komponenty s odolností vniknutí kapalin alespoň IP44 nebo vyšší, popřípadě je umístit do krytů, které splňují potřebné požadavky. Jedná se například o krabičku, v níž je uložena RFID čtečka.

Vyměnit barvy vodičů tak, aby odpovídaly dle normy ČSN EN 60204-1 ed.3. To znamená vyměnit všechny kabely se silovým napětím za kabely černé barvy, tyto kabely náležitě označit L1 až L3 a L0 pro nulový vodič. Dále vyměnit všechny signálové kabely za kabely s modrou barvou pro kladné napětí a pro záporné modrobílou, všechny kabely náležitě popsat.

Všechny komponenty na zadní straně vložit do pevného rozvaděče opatřený průchodkami proti vniknutí kapalin se stupněm krytí minimálně IP44. Tato varianta je vhodnější krytí na prach a snadnější pro údržbu v porovnání s momentálním stavem. Dalším důvodem může být to, že při čištění by mohlo dojít k neúmyslnému nastříkání čistícího přípravku na elektrické komponenty.

Akrylové sklo není vhodnou variantou zastřešení buňky, pro lepší bezpečnost je vhodné použít plnou polykarbonátovou desku, popřípadě lepené nebo kalené sklo. Buňku je nutné zakrytovat i z vrchní strany.

Nakonec je nutné vypracovat průvodní dokumentaci a návod k obsluze ke strojnímu zařízení. V návodu k obsluze bude nutné uvést:

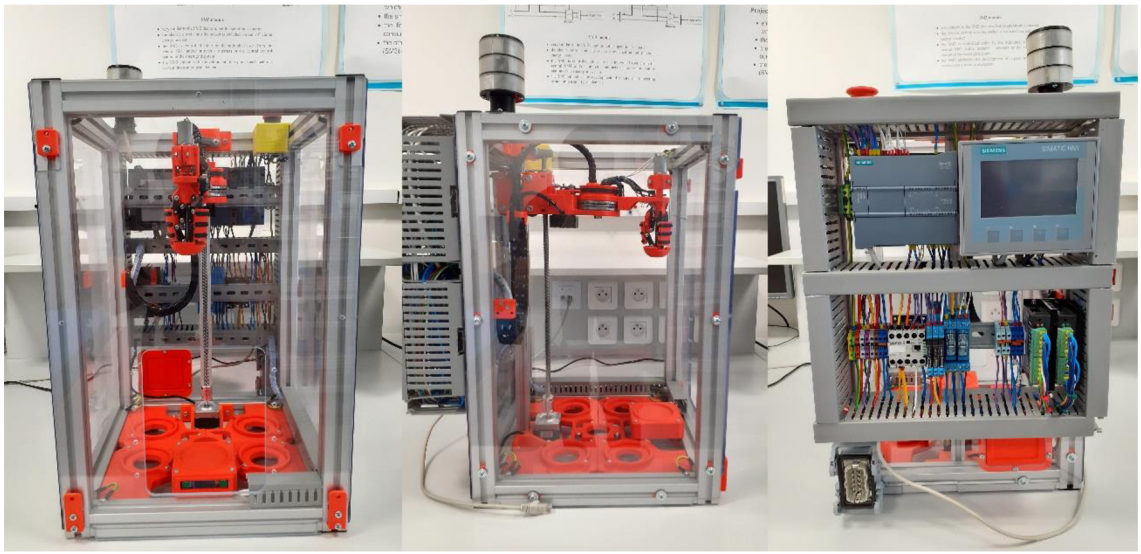
- Rozměry sklenice, které je možné použít
- Zmínit význam jednotlivých barev majáčku
- Definovat přemisťování *shakeru* pouze se zajištěnými komponentami.
- Upozornit, že obsluha *shakeru* musí být seznámena s návodem k obsluze *shakeru* a bezpečnostními požadavky na *shaker*.
- Důrazně upozornit obsluhu *shakeru* na přísný zákaz konzumace alkoholických nápojů a dodržování bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.
- Uvést doporučené intervaly údržby a důležitá upozornění.
- Popsat jednotlivé provozní režimy.
- Definovat význam jednotlivých barev vodičů.
- Uvést, že před zahájením jakýchkoliv prací údržby je nutné odpojit přívod elektrické energie do dávkovače ledu. Tuto práci mohou provádět pouze pracovníci s oprávněním pro samostatnou činnost § 6 vyhláška č. 50/1978 Sb. Pracemi údržby se rozumí například výměna snímačů nebo výměna poškozených mechanických částí. V případě závažnější poruchy u komponent jako je bezpečnostní relé, je nutné zajistit odbornou opravu.
- I po aplikaci všech možných zabezpečení zde zůstane zbytkové riziko možného rozbití sklenice, proto je nutné, aby obsluha používala bezpečnostní rukavice, aby nedošlo ke zranění o vzniklé střepy. Také na tomto zařízení musí být štítek, že se zde vyskytuje tohle nebezpečí.

Přístup ke strojnímu zařízení budou mít i osoby, které mají velmi malé povědomí o nebezpečí stroje nebo o provozních bezpečnostních postupech, sem patří návštěvníci a veřejnost včetně dětí. Proto je vždy nutné tyto osoby seznámit a poučit o nebezpečích stroje a provozních bezpečnostních postupech *shakeru*. Tato skutečnost musí být uvedena v návodu k obsluze.

4.3 Sklad skleniček

Strojní zařízení *sklad skleniček* se momentálně nachází ve vývoji, z toho důvodu, pokud dojde k některým změnám na tomto zařízení, je nutné tuto analýzu brát pouze jako informaci, co bylo potřebné udělat. Tato analýza byla vypracována v rámci daného stavu v době analýzy a provedené změny mohou mít za následek, že daná analýza může být po provedení změn neplatná. Proto je potřeba vypracovat novou analýzu a zjistit, jestli daná opatření jsou dostatečná a nevzniklo nějaké nové nebezpečí. Toto zařízení je vyvíjeno pro veletrhy, prezentace nebo podobné akce a pro školní výuku na VUT

v Brně. Některé informace v této kapitole byly zjištěny z práce vypracované k této buňce. [25]



Obr. 10: Sklad skleniček: pohled zepředu, z boku a zezadu. Foceno 12. 5. 2022

4.3.1 Informace pro posouzení rizika

a) Informace týkající se popisu strojního zařízení

- Uživatel může být nekvalifikovaná veřejnost od dospělých po děti.
- Specifikace strojního zařízení

    i. Konstrukce zařízení se skládá ze základového rámu o rozměrech šířka 340 mm, výška 600 mm a hloubka 440 mm. Následně je zde výplň z plexiskla připevněná na bočních stranách, přední i zadní straně buňky. Sklenice se pokládá na stojan, který má v sobě RFID čtečku. Jsou zde čtyři pozice, na které je možné odkládat nebo skladovat sklenice. Nachází se zde vozíček s kolečky připevněný k hliníkovému profilu a na něm je připevněné rameno pro manipulaci se sklenicemi. Posun nahoru a dolů je zařízen za pomoci krokového motorku připevněného k závitové tyči a danému vozíčku. Otáčení kolem dokola je řešené krokovým motorem za pomoci řemene. O uchopení sklenice se stará stejnosměrný motorek se závitovou tyčí a mechanismem, který se z vnitřní strany opře do sklenice. Na zadní straně jsou umístěny řadové svorky, stykač, relátka, drivery krokových motorů, PLC a HMI panel. Tyto komponenty jsou namontovány na dvou DIN lištách, které jsou připevněny k hliníkovým profilům. Na vrchní části je umístěno tlačítko nouzového zastavení a majáček, který má možnost signalizovat třemi barvami. Napájení je připojeno za

pomoci deseti pinového HARTING konektoru, který je možné nalézt ve spodní části na zadní straně buňky.

ii. Na daný konektor HARTING je nutné zapojit napětí 24 V a 12 V, obě tyto napětí je nutné zapojit dvakrát, jedno pro signálové napětí a druhé pro silové napětí. Poslední potřebné napětí je 5 V.

b) Informace týkající se předpisů, norem a jiných použitelných dokumentů

Byly použity tyto normy:

- ČSN 33 200 - Elektrické instalace nízkého napětí
- ČSN EN 60204-1 ed. 3 – Bezpečnost strojních zařízení
- ČSN EN ISO 13855 – Bezpečnost strojních zařízení
- ČSN EN ISO 13857 – Bezpečnost strojních zařízení

4.3.2 Vymezení používání

a) Provozní režimy

- Ruční (manuální) – Je zde několik obrazovek na HMI panelu, první z nich je úvodní, kde je možné vidět informace o dané buňce, v jakém je stavu, jestli se vyskytnula nějaká chyba, doba produkce a čas kdy buňka nic nedělá. V druhé obrazovce *Equipment module*, zde je možné nastavit automatický nebo manuální režim tlačítky *Auto* a *Man*, následně je tento stav indikován indikátorem. Jsou zde ukazatele plnosti jednotlivých pozic, je možné nastavit hodnotu sklenic na daných pozicích. Tlačítkem *Insert Glass* je možné položit sklenici na podstavec a tlačítkem *Extract Glass* je sklenice odklizena z podstavce na dané místo. Posledními tlačítky jsou *Reset Done*, který vyresetuje bit Done potom co byla daná úloha splněna a posledním tlačítkem je *Reset Err*, kterým se vymaže vzniklá chyba. Další obrazovkou je *Control module* a první z modulů je *Vertical axis* na této obrazovce je možné vidět několik indikátorů, jako je například jestli se nachází komponenta v domovské pozici, jestli je povolen pohyb motorku, jestli se nachází komponenta v limitních pozicích nahoře nebo dole, jestli nastal error, pozice, ve které se nachází a doba běhu. Možnost přepnout do automatického nebo manuálního režimu a reset chyby tlačítkem *Reset error*. Tlačítky *Enable on* a *Enable off* se povoluje posun motorku, tlačítko *Home* nastaví danou pozici jako domovskou a při držení šipek nahoru nebo dolu se posouvá dané zařízení daným směrem. Další obrazovka *Horizontal axis* je úplně stejná jako *Vertical axis* s tím rozdílem, že se zde jedná o posun horizontální a ne vertikální. Na poslední obrazovce *Gripper* je možné nastavit automatický a manuální režim již zmíněnými tlačítky a taktéž je zde indikace tohoto stavu. Reset chyby je možné udělat tlačítkem *Reset error*, pokud došlo k chybě je zde indikována indikátorem. Taktéž je zde indikováno, jestli je povolen pohyb motorku, jestli bylo dosáhnuti limitního stavu pro otevření nebo zavření a doba běhu.

Posledními tlačítky jsou *GRAB*, díky kterému je uchopena sklenice a *DROP*, které položí sklenici.

- Automatický – v automatickém režimu dojde k tomu, že buňka dostane pokyn buď připravit novou sklenici nebo požadavek na uskladnění špinavé sklenice. Pokud dojde pokyn na připravení nové sklenice a jsou sklenice k dispozici je položena na podstavec, následně je nahrána receptura do RFID čipu a poté může být sklenice odebrána. Pokud je požadavek na uskladnění špinavé sklenice, tak po položení sklenice na podstavec dojde k odstranění dat z RFID čipu, následně je uložena na požadované místo ke špinavým sklenicím. V momentě, kdy již nejsou čisté sklenice nebo není místo na uskladnění špinavé sklenice je vyžadován zásah operátora, aby vyřešil danou situaci.

b) Používání strojního zařízení

- Strojní zařízení je používáno k vydání čisté nebo uskladnění špinavé sklenice, provoz tohoto zařízení je vhodný pro všechny podniky, které potřebují vydávat sklenice s nahranou recepturou do RFID čipu.

c) Úrovně zácviku

- Operátor – automatický a manuální provozní režim, přístup do prostoru dané buňky, osoba seznámená s pracovními postupy, provádí základní údržbu ve stanovených intervalech.
- Údržbář – bez omezení přístupu nebo omezení provozního režimu, osoba proškolená s pracovními postupy pro všechny provozní stavy strojního zařízení, může přistupovat do prostoru, kde se nachází kabeláž.
- Široká veřejnost – omezený přístup, možnost pouze vložit sklenici a následně ji vytáhnout.

d) Vystavení jiných osob nebezpečím, která jsou spojena se strojním zřízením

- Mohou se zde vyskytovat i soby, které mají velice malé povědomí o nebezpečích stroje nebo provozních bezpečnostních postupech. Může se jednat o širokou veřejnost včetně dětí.

4.3.3 Vymezení prostoru

a) Rozsah pohybu

- Rozsah pohybu nahoru a dolů je 300 mm.
- Rozsah pohyblivé části do stran je 240°.
- Rozsah pohyblivé části pro uchopení sklenice je 35 mm.

b) Požadavky na prostor pro vzájemné působení osob a stroje

- Přístup do prostoru pro vkládání a vyjímaní sklenice – prostor o minimální hloubce 600 mm a šířce 350 mm z přední strany strojního zařízení.
- Přístup do prostoru pro ovládání HMI panelu – prostor o minimální hloubce 600 mm a šířce 350 mm ze zadní strany strojního zařízení.

- Daná buňka musí být položena tak, aby byla ve vhodné výšce, například do výšky pasu. Zařízení je možné postavit ke zdi z bočních stran, ale je potřeba, aby přední i zadní strany měli volný požadovaný prostor.

c) Vzájemné působení lidí (obsluha – stroj)

- Ovládací HMI panel strojního zařízení, který se nachází na zadní straně.
- Tlačítko nouzového zastavení nacházející se na vrchní straně zařízení.

d) Rozhraní stroj – dodávka energie

- Elektrická energie – 24 V, 12 V a 5 V DC dodané skrze deseti pinový konektor připojený k buňce. Pokud se zařízení nachází na demonstrátoru je napájení zařízeno za pomoci síťového zdroje Mean Well NDR-240-24, který dodává 24 V DC a maximálního výstupního proudu 10 A. Ostatní napětí je vytvořeno počítačovými zdroji.

4.3.4 Vymezení doby

a) Vymezení doby životnosti strojního zařízení

- Počet pracovních dní v roce – 5.
- Počet pracovních hodin za den – 8.
- Čas mezi dvěma přístupy do nebezpečného prostoru strojního zařízení – 1 x za 1 minutu.
- Předpokládaná zkouška tlačítka nouzového zastavení 1 x za směnu.

b) Doporučené intervaly údržby

- Všechny zmíněné intervaly je nutné uvést v návodu k obsluze a údržbě strojního zařízení.
- Četnost čištění komponenty pro uchopení sklenice je stanovena na interval minimálně 1x za směnu.

4.3.5 Ostatní vymezení

a) Vlastnosti zpracovávaného materiálu

- Materiál není zpracováván.

b) Udržovatelnost – požadavek na čistotu

- Určeno pro vnitřní použití v normálních prostorách.

c) Definice prostředí

- AA – Teplota okolí (°C)
    i. AA5 – +5 až +40
- AB – Atmosférické podmínky v okolí
    i. AB5 – prostory chráněné před atmosférickými vlivy s regulací teploty
- AC – Nadmořská výška (m)
    i. AC1 – $\leq$ 2000
- AD – Výskyt vody

    i. AD1 – Pravděpodobnost výskytu vody je zanedbatelná
- AE – Výskyt cizích pevných těles
    i. AE1 – Zanedbatelný výskyt malých předmětů a prachu
- AF – Výskyt korozivních nebo znečišťujících látek
    i. AF1 – Množství a povaha korozivních látek nejsou významné
- AG – Rázy
    i. AG1 – Například domácí a obdobné zařízení
- AH – Vibrace
    i. AH1 – Domácí a obdobné zařízení, u něhož obecně nedochází k nepříznivým vibracím
- BA – Schopnost osob
    i. BA1 – Nepoučené osoby (laici). Normální
- CA – Konstrukční materiály
    i. CA1 – nehořlavé

Na základě výše uvedených provozních podmínek je možné prostředí, ve kterém bude zařízení provozováno klasifikovat jako normální.

4.3.6 Nedostatky konstrukce

Zjištěné nedostatky na zařízení sklad skelniček, které mohou způsobit nebezpečnou situaci nebo nesplňují normy:

- Nevyhovující tlačítko nouzového zastavení.
- Prostor pro vkládání sklenice není zabezpečený a je možné se dostat do nebezpečného prostoru při zakládání špinavé nebo přichystávání čisté sklenice.
- Použité elektrické komponenty nacházející se v okolí možného kontaktu s kapalinou nemají žádnou odolnost proti vniknutí kapalin. Je možné, že v dané sklenici zůstane tekutina a při náhodném vyklouznutí by mohlo dojít k vystříknutí na nechráněné komponenty.
- Barvy vodičů neodpovídají normě ČSN EN 60204-1 ed.3.
- Na zadní straně je akrylové sklo, které odděluje elektrické komponenty od možných kapalin, avšak jsou zde otvory, které nemají bezpečnostní průchodky, které by zamezili vniknutí kapalin.
- Použité akrylové sklo není vyhovující.

4.3.7 Zhodnocení rizika

Z přední strany odkud se vkládá sklenice, je možné se dostat až k ramenu zakládající špinavou nebo připravování novou sklenici. Může zde dojít ke stlačení, pořezání a oddělení částí těla, případně k navinutí, vtažení nebo zachycení vlasů, přívěsků, řetízků, oblečení a dalších volně visících předmětů.

Hodnoty pro stanovení HRN:

- DPH – 6

- LO – 10
- NP – 12
- FE – 5

$$HRN = 6 * 10 * 12 * 5 = 3600 \quad (4.4)$$

Hodnota 3600 spadá do neakceptovatelného rizika, toto riziko je nevyhovující.

4.3.8 Návrh řešení

Tlačítko nouzového zastavení, které bylo použito nevyhovuje požadované bezpečnosti, také je nutné ho připojit do samostatného bezpečnostního obvodu, buď s pomocí bezpečnostních relé, nebo bezpečnostního PLC. Požadovaná bezpečnost tlačítka nouzového zastavení je PL_r=d.

U těch komponent, u kterých nebylo možné zjistit výrobce nebo komponent u nichž není jistota, zda mají potřebnou validaci je nutné kontaktovat prodejce, aby doložil potřebné dokumenty k daným komponentám. Je nutné doložit dokumenty prokazující jaké normy splňují, jakou mají validaci, ES prohlášení o shodě a návod k obsluze. Pokud prodejce není schopen dodat dané materiály je nutné tuto komponentu nahradit. Pokud v návrhu zabezpečení nebude dáno jinak, tak nahrazení musí být provedeno pokaždé za osvědčenou komponentu, popřípadě za komponentu od relevantního výrobce s odpovídající validací, potřebnými parametry a dokumentací. Osvědčená komponenta je taková, kterou má výrobce strojního zařízení již vyzkoušenou na jiných zařízeních. Existuje i možnost validace dané komponenty podle potřebných norem, ale tuto možnost nedoporučuji, protože je ve všech směrech vhodnější koupit komponentu s potřebnými parametry a dokumenty než nechávat vypracovat validaci pro každou komponentu.

Vytvořit pohyblivý kryt z přední strany buňky, který bude chránit prostor pro vložení sklenice, tento kryt je nutné blokovat za pomoci elektrického zámku, aby nemohlo dojít otevření krytu při protřepávání drinku. Pro možnost odemčení zámků a následného otevření krytu je nutné zařídit, aby nemohlo dojít ke spuštění motoru, například odpojením od napájení. Tento bezpečnostní prvek následně zapojit do samostatného bezpečnostního obvodu, buď s pomocí bezpečnostních relé, nebo bezpečnostního PLC. Požadovaná bezpečnost blokování otevření krytu je PL_r=d. Je nutné uvést v návodu, že pokud pracuje buňka samostatně, musí mít namontovaný a funkční pohyblivý kryt s elektrickým zámkem. Dále pokud má daná buňka pracovat na stole Testbedu musí dojít k odstranění pohyblivého krytu osobou k tomu pověřenou.

Elektrické komponenty nacházející se uvnitř buňky je nutné vyměnit za komponenty s odolností vniknutí kapalin alespoň IP44 nebo vyšší, popřípadě je umístit do krytů, které splňují potřebné požadavky. Jedná se například o krabičku, v níž je uložena RFID čtečka.

Vyměnit barvy vodičů tak, aby odpovídali dle normy ČSN EN 60204-1 ed.3. To znamená vyměnit všechny kabely se silovým napětím za kabely černé barvy, tyto kabely náležitě označit L1 až L3 a L0 pro nulový vodič. Dále vyměnit všechny signálové kabely za kabely s modrou barvou pro kladné napětí a pro záporné modrobílou, všechny kabely náležitě popsat.

Všechny komponenty na zadní straně vložit do pevného rozvaděče opatřený průchodkami proti vniknutí kapalin se stupněm krytí minimálně IP44. Tato varianta je vhodnější krytí na prach, v porovnání s momentálním stavem a snadnější údržba. Dalším důvodem může být to, že při čištění by mohlo dojít k neúmyslnému nastříkání čistícího přípravku na elektrické komponenty.

Akrylové sklo není vhodnou variantou zastřešení buňky, pro lepší bezpečnost je vhodné použít plnou polykarbonátovou desku, popřípadě lepené nebo kalené sklo. Buňku je nutné zakrytovat i z vrchní strany.

Nakonec je nutné vypracovat průvodní dokumentaci a návod k obsluze ke strojnímu zařízení. V návodu k obsluze bude nutné uvést:

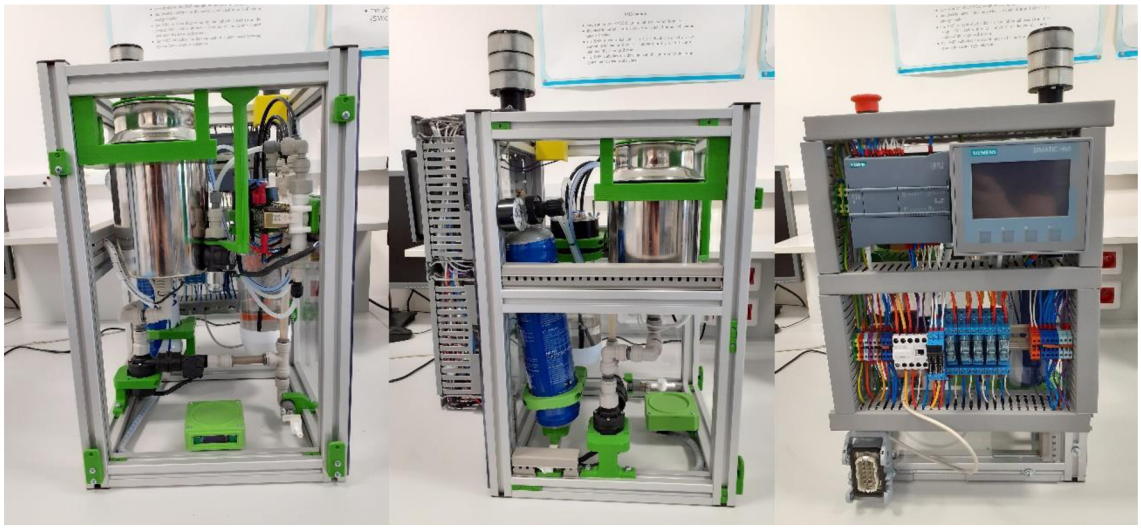
- Rozměry sklenice, které je možné použít
- Zmínit význam jednotlivých barev majáčku
- Definovat přemisťování skladu skleniček pouze se zajištěnými komponentami a bez skleniček.
- Upozornit, že obsluha skladu skleniček musí být seznámena s návodem k obsluze skladu skleniček a bezpečnostními požadavky na sklad skleniček.
- Důrazně upozornit obsluhu skladu skleniček na přísný zákaz konzumace alkoholických nápojů a dodržování bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.
- Uvést doporučené intervaly údržby a důležitá upozornění.
- Popsat jednotlivé provozní režimy.
- Definovat význam jednotlivých barev vodičů.
- Uvést, že před zahájením jakýchkoliv prací údržby je nutné odpojit přívod elektrické energie do dávkovače ledu. Tuto práci mohou provádět pouze pracovníci s oprávněním pro samostatnou činnost § 6 vyhláška č. 50/1978 Sb. Pracemi údržby se rozumí například výměna snímačů nebo výměna poškozených mechanických částí. V případě závažnější poruchy jako je bezpečnostní relé je nutné zajistit odbornou opravu.
- I po aplikaci všech možných zabezpečení zde zůstane zbytkové riziko možného rozbití sklenice, proto je nutné, aby obsluha používala bezpečnostní rukavice, aby nedošlo ke zranění o vzniklé střepy. Také na tomto zařízení musí být štítek, že se zde vyskytuje tohle nebezpečí.

Přístup ke strojnímu zařízení budou mít i osoby, které mají velmi malé povědomí o nebezpečí stroje nebo o provozních bezpečnostních postupech, sem patří návštěvníci a veřejnost včetně dětí. Proto je vždy nutné tyto osoby seznámit a poučit o nebezpečích

stroje a provozních bezpečnostních postupech skladu skleniček. Tato skutečnost musí být uvedena v návodu k obsluze.

4.4 Sodovač

Strojní zařízení *sodovač* se momentálně nachází ve vývoji, z toho důvodu, pokud dojde k některým změnám na tomto zařízení, je nutné tuto analýzu brát pouze jako informaci, co bylo potřebné udělat. Tato analýza byla vypracována v rámci daného stavu v době analýzy a provedené změny mohou mít za následek, že daná analýza může být po provedení změn neplatná. Proto je potřeba vypracovat novou analýzu a zjistit, jestli daná opatření jsou dostatečná a nevzniklo nějaké nové nebezpečí. Toto zařízení je vyvíjeno pro veletrhy, prezentace nebo podobné akce a pro školní výuku na VUT v Brně. Některé informace v této kapitole byly zjištěny z práce vypracované k této buňce. [26]



Obr. 11: Sodovač: pohled zepředu, z boku a zezadu. Foceno 12. 5. 2022

4.4.1 Informace pro posouzení rizika

a) Informace týkající se popisu strojního zařízení

- Uživatel může být nekvalifikovaná veřejnost od dospělých po děti.
- Specifikace strojního zařízení
    i. Konstrukce zařízení se skládá ze základového rámu o rozměrech šířka 340 mm, výška 600 mm a hloubka 440 mm. Následně je zde výplň z plexiskla připevněná na bočních stranách, přední i zadní straně buňky. Sklenice se pokládá na stojan, který má v sobě RFID čtečku. Je zde úchyt na tlakovou láhev, který je připojen k tenzometru, aby mohlo být zjištěno, že tlaková láhev je prázdná. Nerezová nádoba na vodu je uchycená jednoduchým připevněným k hliníkovému profilu, disponuje krytkou pro zamezení

kontaminace vody. Pro snímání hladiny vody jsou využity dva plováčkové snímače hladiny a pro přesun vody z nerezové nádrže do směšovacího kontejneru je využita pumpa. O snímání průtoku se starají dva lopatkové průtokoměry s Hallovou sondou. Čtveřice ventilů se stará o přesun CO_2, vody do nebo ze směšovacího kontejneru a pro vyrovnání tlaku. Dále je zde směšovací kontejner, hladina vody v tomto kontejneru je snímána kapacitními snímači. Pro vedení vody a plynu jsou zde trubky. Na zadní straně jsou umístěny řadové svorky, stykač, relátka, PLC a HMI panel. Tyto komponenty jsou namontovány na dvou DIN lištách, které jsou připevněny k hliníkovým profilům. Na vrchní části je umístěno tlačítko nouzového zastavení a majáček, který má možnost signalizovat třemi barvami. Napájení je připojeno za pomoci desetipinového HARTING konektoru, které je možné nalézt ve spodní části na zadní straně buňky.

ii. Na daný konektor HARTING je nutné zapojit napětí 24 V a 12 V, obě tato napětí je nutné zapojit dvakrát, jedno pro signálové napětí a druhé pro silové napětí. Poslední potřebné napětí je 5 V.

b) Informace týkající se předpisů, norem a jiných použitelných dokumentů

Byly použity tyto normy:

- ČSN 33 200 - Elektrické instalace nízkého napětí
- ČSN EN 60204-1 ed. 3 – Bezpečnost strojních zařízení
- ČSN EN ISO 13855 – Bezpečnost strojních zařízení
- ČSN EN ISO 13857 – Bezpečnost strojních zařízení

4.4.2 Vymezení používání

a) Provozní režimy

- Ruční (manuální) – Je zde několik obrazovek na HMI panelu, první z nich je úvodní, kde je možné vidět informace o dané buňce, v jakém je stavu, jestli se vyskytnula nějaká chyba, doba produkce a čas kdy buňka nic nedělá. Na druhé obrazovce *Equipment module* je možné přepínat mezi manuálním a automatickým režimem tlačítky *Auto* a *Man* a resetovat chybu tlačítkem *Reset Error*. Pokud se zvolí množství sody, které se má vytvořit a stiskne tlačítko *Make soda* dojde k nadávkování daného množství případně jeho vytvoření. Tlačítkem *Reset Done* se vyresetuje bit Done, který říká, že byla daná operace dokončena. Obrazovka *Diagnostics* má na své ploše tři tlačítka, první je *Alarm Screen*, kterým se řeší přesun na obrazovku s chybovými hláškami. Dále je zde tlačítko *Control Screen* to je využito pro přesun na obrazovku *Control module* a poslední tlačítko *Setting Screen* slouží pro přesun na obrazovku *Setting Screen*. Na obrazovce *Control module* je možné manuálně ovládat jednotlivé control

moduly, je možné ovládat všechny ventily a vidět jejich stav, jestli jsou zavřené nebo otevřené. Také je možné vidět hladiny v nádržce na vodu a hladinu v směšovacím kontejneru. V obrazovce *Setting Screen* je možné manuálně zapnout výrobu dané buňky a přepnout ji do stavu start nebo stop tlačítky *START* a *STOP*. Přepínat mezi automatickým a manuálním režimem pro plnění vody, natlakování, plnění drinku, vodní pumpy, dekompresního ventilu, tlakovacího ventilu, ventilu na plnění vody a ventilu na plnění sklenice. Dále zde jde nastavit, jestli se tam nachází nebo nenachází sklenice, jestli je povolen nebo není tlak, nastavení hodnoty pro první plnění a požadované množství plnění směšovacího kontejneru. Na poslední obrazovce je možné vidět tabulku se záznamy chybových hlášení.

- Automatický – v automatickém režimu dojde při položení sklenice přečtení RFID čtečkou RFID čip, aby se zjistilo, o jakou sklenici se jedná a podle zadaného požadavku na množství sody se do dané sklenice nalije požadované množství sody, pokud je dané množství v směšovacím kontejneru. Když dané množství neodpovídá, dojde k dopuštění vody do směšovacího kontejneru a následně k vytvoření sody z načerpané vody.

b) Používání strojního zařízení

- Strojní zařízení je používáno k dávkování požadovaného množství sody, provoz tohoto zařízení je vhodný pro všechny podniky, které potřebují dávkovat požadované množství sody do sklenice.

c) Úrovně zácviku

- Operátor – automatický a manuální provozní režim, přístup do prostoru dané buňky, osoba seznámená s pracovními postupy, provádí základní údržbu ve stanovených intervalech.
- Údržbář – bez omezení přístupu nebo omezení provozního režimu, osoba proškolená s pracovními postupy pro všechny provozní stavy strojního zařízení, může přistupovat do prostoru, kde se nachází kabeláž.
- Široká veřejnost – omezený přístup, možnost pouze vložit sklenici a následně ji vytáhnout.

d) Vystavení jiných osob nebezpečí, která jsou spojena se strojním zřízením

- Mohou se zde vyskytovat i osoby, které mají velice malé povědomí o nebezpečích stroje nebo provozních bezpečnostních postupech. Může se jednat o širokou veřejnost včetně dětí.

4.4.3 Vymezení prostoru

a) Rozsah pohybu

- Nedochází k pohybu součástí.

b) Požadavky na prostor pro vzájemné působení osob a stroje

- Přístup do prostoru pro vkládání a vyjímaní sklenice – prostor o minimální hloubce 600 mm a šířce 350 mm z přední strany strojního zařízení.
- Přístup do prostoru pro ovládání HMI panelu – prostor o minimální hloubce 600 mm a šířce 350 mm ze zadní strany strojního zařízení.
- Daná buňka musí být položena tak, aby byla ve vhodné výšce, například do výšky pasu. Zařízení je možné postavit ke zdi z bočních stran, ale je potřeba, aby přední i zadní strany měli volný požadovaný prostor.

c) Vzájemné působení lidí (obsluha – stroj)

- Ovládací HMI panel strojního zařízení, který se nachází na zadní straně.
- Tlačítko nouzového zastavení nacházející se na vrchní straně zařízení.

d) Rozhraní stroj – dodávka energie

- Elektrická energie – 24 V, 12 V a 5 V DC dodané skrze deseti pinový konektor připojený k buňce. Pokud se zařízení nachází na demonstrátoru je napájení zařízeno za pomoci síťového zdroje Mean Well NDR-240-24, který dodává 24 V DC a maximálního výstupního proudu 10 A. Ostatní napětí je vytvořeno počítačovými zdroji.

4.4.4 Vymezení doby

a) Vymezení doby životnosti strojního zařízení

- Počet pracovních dní v roce – 5.
- Počet pracovních hodin za den – 8.
- Čas mezi dvěma přístupy do nebezpečného prostoru strojního zařízení – 1 x za 1 minutu.
- Předpokládaná zkouška tlačítka nouzového zastavení 1 x za směnu.

b) Doporučené intervaly údržby

- Všechny zmíněné intervaly je nutné uvést v návodu k obsluze a údržbě strojního zařízení.
- Četnost čištění nerezové nádoby na vodu je stanovena na interval minimálně 1x za směnu.
- Četnost čištění směšovacího kontejneru je stanovena na interval minimálně 1x za směnu.
- Četnost čištění trubek je stanovena na interval minimálně 1x za směnu.

4.4.5 Ostatní vymezení

a) Vlastnosti zpracovávaného materiálu

- Voda přečerpaná z nerezové nádrže do směšovacího kontejneru je obohacena o CO_2.

b) Udržovatelnost – požadavek na čistotu

- Určeno pro vnitřní použití v normálních prostorách.

c) Definice prostředí

- AA – Teplota okolí (°C)
    i. AA5 – +5 až +40
- AB – Atmosférické podmínky v okolí
    i. AB5 – prostory chráněné před atmosférickými vlivy s regulací teploty
- AC – Nadmořská výška (m)
    i. AC1 – $\leq$ 2000
- AD – Výskyt vody
    i. AD1 – Pravděpodobnost výskytu vody je zanedbatelná
- AE – Výskyt cizích pevných těles
    i. AE1 – Zanedbatelný výskyt malých předmětů a prachu
- AF – Výskyt korozivních nebo znečišťujících látek
    i. AF1 – Množství a povaha korozivních látek nejsou významné
- AG – Rázy
    i. AG1 – Například domácí a obdobné zařízení
- AH – Vibrace
    i. AH1 – Domácí a obdobné zařízení, u něhož obecně nedochází k nepříznivým vibracím
- BA – Schopnost osob
    i. BA1 – Nepoučené osoby (laici). Normální
- CA – Konstrukční materiály
    i. CA1 – nehořlavé

Na základě výše uvedených provozních podmínek je možné prostředí, ve kterém bude zařízení provozováno klasifikovat jako normální.

4.4.6 Nedostatky konstrukce

Zjištěné nedostatky na zařízení sklad skleniček, které mohou způsobit nebezpečnou situaci nebo nesplňují normy:

- Tenzometr, který hlídá váhu CO_2 láhve nemá žádnou oficiální dokumentaci od výrobce. Kvůli absenci dokumentů není možné dohledat, zda byl tenzometr validován a jaké jsou jeho garantované parametry. Stejný problém je i u ventilů a snímačů průtoku
- Nevyhovující tlačítko nouzového zastavení.
- Prostor pro vkládání sklenice není zabezpečený a je možné se dostat do nebezpečného prostoru při dávkování. Při poruše by mohlo dojít k úrazu z důvodu práce s vysokotlakým zařízením.
- Použité elektrické komponenty nacházející se v okolí možného kontaktu s kapalinou nemají žádnou odolnost proti vniknutí kapalin.
- Barvy vodičů neodpovídají normě ČSN EN 60204-1 ed.3.

- Na zadní straně je akrylové sklo, které odděluje elektrické komponenty od možných kapalin, avšak jsou zde otvory, které nemají bezpečnostní průchodky, které by zamezily vniknutí kapalin.
- Při dávkování může dojít k možnému vystříknutí kapaliny na některé komponenty uvnitř buňky.
- Použité akrylové sklo není vyhovující.

4.4.7 Zhodnocení rizika

Z přední strany odkud se vkládá sklenice, je možné se dostat až k místu, kde se pracuje s vysokotlakým zařízením. Může zde dojít k vystříknutí vysokotlakého média, vzhledem k použitému 3D tisku by mohlo dojít k únavě materiálu v okolí s vysokým tlakem a následně pod tlakem vymrštit objekt směrem k dané osobě. Pokud by se jednalo o ostrý prvek, může dojít k propíchnutí nebo píchnutí do kůže člověka.

Hodnoty pro stanovení HRN:

- DPH – 6
- LO – 10
- NP – 12
- FE – 5

$$HRN = 6 * 10 * 12 * 5 = 3600 \tag{4.5}$$

Hodnota 3600 spadá do neakceptovatelného rizika, toto riziko je nevyhovující.

4.4.8 Návrh řešení

U těch komponent, u kterých nebylo možné zjistit výrobce nebo komponent, u nichž není jistota, zda mají potřebnou validaci, je nutné kontaktovat prodejce, aby doložil potřebné dokumenty k daným komponentám. Je nutné doložit dokumenty prokazující, jaké normy splňují, jakou mají validaci, ES prohlášení o shodě a návod k obsluze. Pokud prodejce není schopen dodat dané materiály, je nutné tuto komponentu nahradit. Pokud v návrhu zabezpečení nebude dáno jinak, tak nahrazení musí být provedeno pokaždé za osvědčenou komponentu, popřípadě za komponentu od relevantního výrobce s odpovídající validací, potřebnými parametry a dokumentací. Osvědčená komponenta je taková, kterou má výrobce strojního zařízení již vyzkoušenou na jiných zařízeních. Existuje i možnost validace dané komponenty podle potřebných norem, ale tuto možnost nedoporučuji, protože je ve všech směrech vhodnější koupit komponentu s potřebnými parametry a dokumenty než nechávat vypracovat validaci pro každou komponentu.

Tlačítko nouzového zastavení, které bylo použito, nevyhovuje požadované bezpečnosti, také je nutné ho připojit do samostatného bezpečnostního obvodu, buď s pomocí bezpečnostních relé, nebo bezpečnostního PLC. Požadovaná bezpečnost tlačítka nouzového zastavení je PL_r=d.

Vytvořit pohyblivý kryt z přední strany buňky, který bude chránit prostor pro vložení sklenice, tento kryt je nutné blokovat za pomoci elektrického zámku, aby nemohlo dojít otevření krytu při protřepávání drinku. Pro možnost odemčení zámků a následného otevření krytu je nutné zařídit, aby nemohlo dojít ke spuštění motoru, například odpojením od napájení. Tento bezpečnostní prvek následně zapojit do samostatného bezpečnostního obvodu, buď s pomocí bezpečnostních relé, nebo bezpečnostního PLC. Požadovaná bezpečnost blokování otevření krytu je PL_r=d. Je nutné uvést v návodu, že pokud pracuje buňka samostatně, musí mít namontovaný a funkční pohyblivý kryt s elektrickým zámkem. Dále pokud má daná buňka pracovat na stole Testbedu musí dojít k odstranění pohyblivého krytu osobou k tomu pověřenou. Pokud je požadavek na otevření krytu musí dojít o odtlakování, než je možné se dostat do dané buňky. Pokud dojde ke kompletnímu zastavení procesu, je nutné taktéž odtlakovat, aby zde nezůstával tlak po ukončení práce buňky.

Elektrické komponenty nacházející se uvnitř buňky je nutné vyměnit za komponenty s odolností vniknutí kapalin alespoň IP44 nebo vyšší, popřípadě je umístit do krytů, které splňují potřebné požadavky. Jedná se například o krabičku, v níž je uložena RFID čtečka nebo dané ventily.

Vyměnit barvy vodičů tak, aby odpovídaly dle normy ČSN EN 60204-1 ed.3. To znamená vyměnit všechny kabely se silovým napětím za kabely černé barvy, tyto kabely náležitě označit L1 až L3 a L0 pro nulový vodič. Dále vyměnit všechny signálové kabely za kabely s modrou barvou pro kladné napětí a pro záporné modrobílou, všechny kabely náležitě popsat.

Všechny komponenty na zadní straně vložit do pevného rozvaděče opatřený průchodkami proti vniknutí kapalin se stupněm krytí minimálně IP44. Tato varianta je vhodnější krytí na prach, v porovnání s momentálním stavem a snadnější údržba. Dalším důvodem může být to, že při čištění by mohlo dojít k neúmyslnému nastříkání čistícího přípravku na elektrické komponenty.

Aby nedošlo k možnému stříknutí kapaliny na ventily, je nutné udělat přehrazení, aby při vystříknutí byla kapalina zastavena například sklem a nedošlo k poškození ventilů a dalších komponent.

Akrylové sklo není vhodnou variantou zastřešení buňky, pro lepší bezpečnost je vhodné použít plnou polykarbonátovou desku, popřípadě lepené nebo kalené sklo. Buňku je nutné zakrytovat i z vrchní strany.

Nakonec je nutné vypracovat průvodní dokumentaci a návod k obsluze ke strojnímu zařízení. V návodu k obsluze bude nutné uvést:

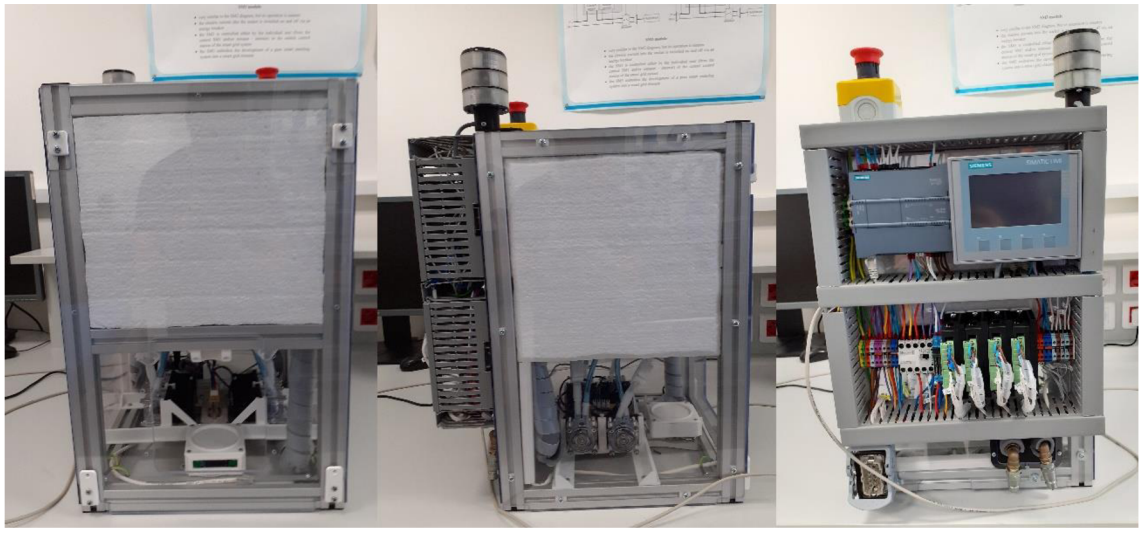
- Rozměry sklenice, které je možné použít
- Zmínit význam jednotlivých barev majáčku
- Definovat přemisťování sodovače pouze se zajištěnými komponentami bez vody jak v nerezové nádrži na vodu, tak i ve směšovacím kontejneru, zavřenými a odtlakovými ventily.

- Upozornit, že obsluha sodovače musí být seznámena s návodem k obsluze sodovače a bezpečnostními požadavky na sodovač.
- Důrazně upozornit obsluhu sodovače na přísný zákaz konzumace alkoholických nápojů a dodržování bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.
- Uvést doporučené intervaly údržby a důležitá upozornění.
- Popsat jednotlivé provozní režimy.
- Definovat význam jednotlivých barev vodičů.
- Uvést, že před zahájením jakýchkoliv prací údržby je nutné odpojit přívod elektrické energie do dávkovače ledu. Tuto práci mohou provádět pouze pracovníci s oprávněním pro samostatnou činnost § 6 vyhláška č. 50/1978 Sb. Pracemi údržby se rozumí například výměna snímačů nebo výměna poškozených mechanických částí. V případě závažnější poruchy jako je bezpečnostní relé je nutné zajistit odbornou opravu.
- I po aplikaci všech možných zabezpečení zde zůstane zbytkové riziko možného rozbití sklenice, proto je nutné, aby obsluha používala bezpečnostní rukavice, aby nedošlo ke zranění o vzniklé střepy. Také na tomto zařízení musí být štítek, že se zde vyskytuje tohle nebezpečí.

Přístup ke strojnímu zařízení budou mít i osoby, které mají velmi malé povědomí o nebezpečí stroje nebo o provozních bezpečnostních postupech, sem patří návštěvníci a veřejnost včetně dětí. Proto je vždy nutné tyto osoby seznámit a poučit o nebezpečích stroje a provozních bezpečnostních postupech sodovače. Tato skutečnost musí být uvedena v návodu k obsluze.

4.5 Sklad kapalin

Strojní zařízení *sklad kapalin* se momentálně nachází ve vývoji, z toho důvodu, pokud dojde k některým změnám na tomto zařízení, je nutné tuto analýzu brát pouze jako informaci co bylo potřebné udělat. Tato analýza byla vypracována v rámci daného stavu v době analýzy a provedené změny mohou mít za následek, že daná analýza může být po provedení změn neplatná. Proto je potřeba vypracovat novou analýzu a zjistit, jestli daná opatření jsou dostatečná a nevzniklo nějaké nové nebezpečí. Toto zařízení je vyvíjeno pro veletrhy, prezentace nebo podobné akce a pro školní výuku na VUT v Brně. Některé informace v této kapitole byly zjištěny z práce vypracované k této buňce. [27]



Obr. 12: Sklad kapalin: pohled zepředu, z boku a zezadu. Foceno 12.5.2022

4.5.1 Informace pro posouzení rizika

a) Informace týkající se popisu strojního zařízení

- Uživatel může být nekvalifikovaná veřejnost od dospělých po děti.
- Specifikace strojního zařízení

    i. Konstrukce zařízení se skládá ze základového rámu o rozměrech šířka 340 mm, výška 600 mm a hloubka 440 mm. Následně je zde výplň z plexiskla připevněná na bočních stranách, přední i zadní straně buňky. Sklenice se pokládá na daný podstavec, kde se nachází tenzometr a RFID čtečka. Tenzometr je použit k tomu, aby došlo ke zjištění, jestli bylo nadávkováno dostatečné množství kapaliny. V buňce se nachází čtyři nerezové nádoby na kapalinu, všechny tyto nádoby mají dvojitý plášť a díky tomu je možné je chladit chladící kapalinou. Pro chlazení jsou na zadní straně rychlospojky pro připojení hadice, která vede dané chladící médium. Následně jsou tyto nádrže odizolovány polystyrénem. Pro přesun kapaliny do sklenice jsou použity čtyři krokové motory a čtyři peristaltické pumpy a několika hadiček. Všechny motory jsou připojeny na rozvodnou destičku pod nádržemi a následně připojeny k driveru krokových motorů. Na vrchní straně jsou otvory pro naplnění tekutinou, tyto otvory jsou následně zakryty víčkem s jistícím mechanismem. V každém víčku se nachází ultrazvukový senzor pro snímání hladiny a piny pro přenos z daného senzoru přes destičku SKUseCon do PLC. Na zadní straně jsou umístěny řadové svorky, stykač, čtyři drivery krokových motorů, relátka, PLC a HMI panel. Tyto komponenty jsou namontovány na dvou DIN lištách, které jsou připevněny

k hliníkovým profilům. Na vrchní části je umístěno tlačítko nouzového zastavení a majáček, který má možnost signalizovat třemi barvami. Napájení je připojeno za pomoci deseti pinového HARTING konektoru, který je možné nalézt ve spodní části na zadní straně buňky.

ii. Na daný konektor HARTING je nutné zapojit napětí 24 V a 12 V, obě tyto napětí je nutné zapojit dvakrát, jedno pro signálové napětí a druhé pro silové napětí. Poslední potřebné napětí je 5 V.

b) Informace týkající se předpisů, norem a jiných použitelných dokumentů

Byly použity tyto normy:

- ČSN 33 200 - Elektrické instalace nízkého napětí
- ČSN EN 60204-1 ed. 3 – Bezpečnost strojních zařízení
- ČSN EN ISO 13855 – Bezpečnost strojních zařízení
- ČSN EN ISO 13857 – Bezpečnost strojních zařízení

4.5.2 Vymezení používání

a) Provozní režimy

- Ruční (manuální) – Je zde několik obrazovek na HMI panelu, první z nich je úvodní, kde je možné vidět informace o dané buňce, v jakém je stavu, jestli se vyskytnula nějaká chyba, doba produkce a čas kdy buňka nic nedělá. V druhé obrazovce *Equipment modules* je možné ne stavit manuální nebo automatický mód pro všechny součásti tlačítky *Global Automat* a *Global Manual*. Posledním tlačítkem na této obrazovce je *Reset Cell Error* díky kterému jsou vyresetovány všechny chyby. Jde zde i indikace toho, že nastal error a indikace, jestli je daný error způsobený nedostatkem kapaliny v nádobě. Na další obrazovce *Control module* je možné měnit volbu manuálního nebo automatického ovládání tlačítky *Auto* a *Man*. Pro uživatele je zde indikace manuálního nebo automatického stavu. Tlačítka *Enable on* a *Enable off* zapínají nebo vypínají možnost vstupu Enable do driveru motoru, tento stav je také indikován. Následně je možné otáčet motor dopředu a dozadu držením tlačítka *Forward* nebo *Backward*. Rychlost otáčení se mění stisknutím tlačítek *Velo+* a *Velo-*, rychlost nastavená je na této obrazovce také indikována, taktéž je indikována doba běhu motoru. Tlačítkem *Home* se nastaví momentální pozice jako domovská a je tato pozice indikována kontrolkou na displeji. Předposlední tlačítko na této obrazovce je *Reset error* pro vymazání chyby. Posledními tlačítky jsou tlačítka *Next* a *Back*, díky nim se lze posouvat mezi ovládáním prvního až posledního motorku. Následuje obrazovka *Service*, na této obrazovce je možné vidět hladinu všech nádrží. Tlačítky *Level+ Level-* se nastavuje hodnota, při které vznikne error, že je v některé z nádrží je nedostatečné množství tekutiny. Nastavenou hodnotu je

možné vidět na indikátoru. Na poslední obrazovce *Diagnostics* je možné vidět všechny chyby a alarmy, které nastaly.

- Automatický – Před možností přepnutí do automatického režimu je nutné, aby operátor udělal následující kroky. Zařídit, aby kapalina v hadičkách byla těsně po okraj dávkovacích hadiček, poté stisknout tlačítko *Home* na obrazovce *Control module*, jako poslední věc je nutné jít na obrazovku *Equipment modules* a stisknout tlačítko *Global Automat*. Když je buňka v automatickém režimu dojde při položení sklenice přečtení RFID čtečkou RFID čip, aby se zjistilo, o jakou sklenici se jedná a podle zadaného požadavku na množství dané kapaliny se do dané sklenice nalije požadované množství.

b) Používání strojního zařízení

- Strojní zařízení je používáno k dávkování požadovaného množství zvolené kapaliny, provoz tohoto zařízení je vhodný pro všechny podniky, které potřebují dávkovat požadované množství kapaliny do sklenice.

c) Úrovně zácviku

- Operátor – automatický a manuální provozní režim, přístup do prostoru dané buňky, osoba seznámená s pracovními postupy, provádí základní údržbu ve stanovených intervalech.
- Údržbář – bez omezení přístupu nebo omezení provozního režimu, osoba proškolená s pracovními postupy pro všechny provozní stavy strojního zařízení, může přistupovat do prostoru, kde se nachází kabeláž.
- Široká veřejnost – omezený přístup, možnost pouze vložit sklenici a následně ji vytáhnout.

d) Vystavení jiných osob nebezpečím, která jsou spojena se strojním zřízením

- Mohou se zde vyskytovat i soby, které mají velice malé povědomí o nebezpečích stroje nebo provozních bezpečnostních postupech. Může se jednat o širokou veřejnost včetně dětí.

4.5.3 Vymezení prostoru

a) Rozsah pohybu

- Pohyb motorků o 360° při pohybu peristaltickým čerpadlem.

b) Požadavky na prostor pro vzájemné působení osob a stroje

- Přístup do prostoru pro vkládání a vyjímaní sklenice – prostor o minimální hloubce 600 mm a šířce 350 mm z přední strany strojního zařízení.
- Přístup do prostoru pro ovládání HMI panelu – prostor o minimální hloubce 600 mm a šířce 350 mm ze zadní strany strojního zařízení.
- Daná buňka musí být položena tak, aby byla ve vhodné výšce, například do výšky pasu. Zařízení je možné postavit ke zdi z bočních stran, ale je potřeba, aby přední i zadní strany měli volný požadovaný prostor.

c) Vzájemné působení lidí (obsluha – stroj)

- Ovládací HMI panel strojního zařízení, který se nachází na zadní straně.
- Tlačítko nouzového zastavení nacházející se na vrchní straně zařízení.

d) Rozhraní stroj – dodávka energie

- Elektrická energie – 24 V, 12 V a 5 V DC dodané skrze deseti pinový konektor připojený k buňce. Pokud se zařízení nachází na demonstrátoru je napájení zařízeno za pomoci síťového zdroje Mean Well NDR-240-24, který dodává 24 V DC a maximálního výstupního proudu 10 A. Ostatní napětí je vytvořeno počítačovými zdroji.

4.5.4 Vymezení doby

a) Vymezení doby životnosti strojního zařízení

- Počet pracovních dní v roce – 5.
- Počet pracovních hodin za den – 8.
- Čas mezi dvěma přístupy do nebezpečného prostoru strojního zařízení – 1 x za 1 minutu.
- Předpokládaná zkouška tlačítka nouzového zastavení 1 x za směnu.

b) Doporučené intervaly údržby

- Všechny zmíněné intervaly je nutné uvést v návodu k obsluze a údržbě strojního zařízení.
- Četnost čištění nerezových nádob a hadiček je stanovena na interval minimálně 1x za směnu.

4.5.5 Ostatní vymezení

a) Vlastnosti zpracovávaného materiálu

- Materiál není zpracováván.

b) Udržovatelnost – požadavek na čistotu

- Určeno pro vnitřní použití v normálních prostorách.

c) Definice prostředí

- AA – Teplota okolí (°C)
    i. AA5 – +5 až +40
- AB – Atmosférické podmínky v okolí
    i. AB5 – prostory chráněné před atmosférickými vlivy s regulací teploty
- AC – Nadmořská výška (m)
    i. AC1 – $\leq$ 2000
- AD – Výskyt vody
    i. AD1 – Pravděpodobnost výskytu vody je zanedbatelná
- AE – Výskyt cizích pevných těles
    i. AE1 – Zanedbatelný výskyt malých předmětů a prachu
- AF – Výskyt korozivních nebo znečišťujících látek

    i. AF1 – Množství a povaha korozivních látek nejsou významné
- AG – Rázy
    i. AG1 – Například domácí a obdobné zařízení
- AH – Vibrace
    i. AH1 – Domácí a obdobné zařízení, u něhož obecně nedochází k nepříznivým vibracím
- BA – Schopnost osob
    i. BA1 – Nepoučené osoby (laici). Normální
- CA – Konstrukční materiály
    i. CA1 – nehořlavé

Na základě výše uvedených provozních podmínek je možné prostředí, ve kterém bude zařízení provozováno klasifikovat jako normální.

4.5.6 Nedostatky konstrukce

Zjištěné nedostatky na zařízení sklad skelniček, které mohou způsobit nebezpečnou situaci nebo nesplňují normy:

- Tenzometr, který hlídá váhu sklenice nemá žádnou oficiální dokumentaci od výrobce. Kvůli absenci dokumentů není možné dohledat, zda byl tenzometr validován a jaké jsou jeho garantované parametry.
- Použité elektrické komponenty nacházející se v okolí možného kontaktu s kapalinou nemají žádnou odolnost proti vniknutí kapalin a nacházejí se zde konektory bez požadovaného krytí.
- Barvy vodičů neodpovídají normě ČSN EN 60204-1 ed.3.
- Na zadní straně je akrylové sklo, které odděluje elektrické komponenty od možných kapalin, avšak jsou zde otvory, které nemají bezpečnostní průchodky, které by zamezily vniknutí kapalin.
- Při dávkování je možné, že by mohlo dojít k vystříknutí kapaliny do prostoru buňky.
- Piny vrchního krytu jsou zvoleny nevhodně, a hlavně na špatném místě, tento problém je spíše problém údržby zařízení.
- Použité akrylové sklo není vyhovující.
- Tlačítko nouzového zastavení je vyhovující, ale neplní požadovanou bezpečnost.

4.5.7 Zhodnocení rizika

Z přední strany odkud se vkládá sklenice, je možné se dostat až k místu kde se dávkuje daná kapalina. Hrozí riziko převržení sklenice a vytvoření možných střepů o které se může osoba zranit.

Hodnoty pro stanovení HRN:

- DPH – 0,5
- LO – 2

- NP – 12
- FE – 5

$$HRN = 0{,}5 * 2 * 12 * 5 = 60 \quad (4.6)$$

Hodnota 60 spadá do Vysokého rizika. Toto riziko rozbíti sklenice nelze vyřadit, z toho důvodu je nutné, aby dané zařízení obsahovalo štítek s varováním, že se zde tohle zbytkové riziko vyskytuje.

4.5.8 Návrh řešení

U těch komponent, u kterých nebylo možné zjistit výrobce nebo komponent u nichž není jistota, zda mají potřebnou validaci je nutné kontaktovat prodejce, aby doložil potřebné dokumenty k daným komponentám. Je nutné doložit dokumenty prokazující jaké normy splňují, jakou mají validaci, ES prohlášení o shodě a návod k obsluze. Pokud prodejce není schopen dodat dané materiály je nutné tuto komponentu nahradit. Pokud v návrhu zabezpečení nebude dáno jinak, tak nahrazení musí být provedeno pokaždé za osvědčenou komponentu, popřípadě za komponentu od relevantního výrobce s odpovídající validací, potřebnými parametry a dokumentací. Osvědčená komponenta je taková, kterou má výrobce strojního zařízení již vyzkoušenou na jiných zařízeních. Existuje i možnost validace dané komponenty podle potřebných norem, ale tuto možnost nedoporučuji, protože je ve všech směrech vhodnější koupit komponentu s potřebnými parametry a dokumenty než nechávat vypracovat validaci pro každou komponentu.

Elektrické komponenty nacházející se uvnitř buňky je nutné vyměnit za komponenty s odolností vniknutí kapalin alespoň IP44 nebo vyšší, popřípadě je umístit do krytů, které splňují potřebné požadavky. Jedná se například o krabičku, v níž je uložena RFID čtečka nebo dané ventily.

Vyměnit barvy vodičů tak, aby odpovídali dle normy ČSN EN 60204-1 ed.3. To znamená vyměnit všechny kabely se silovým napětím za kabely černé barvy, tyto kabely náležitě označit L1 až L3 a L0 pro nulový vodič. Dále vyměnit všechny signálové kabely za kabely s modrou barvou pro kladné napětí a pro záporné modrobílou, všechny kabely náležitě popsat.

Všechny komponenty na zadní straně vložit do pevného rozvaděče opatřený průchodkami proti vniknutí kapalin se stupněm krytí minimálně IP44. Tato varianta je vhodnější krytí na prach, v porovnání s momentálním stavem a snadnější údržba. Dalším důvodem může být to, že při čištění by mohlo dojít k neúmyslnému nastříkání čistícího přípravku na elektrické komponenty.

Aby nedošlo k možnému stříknutí kapaliny na konektory motorků je nutné udělat přehrazení, aby při vystříknutí byla kapalina zastavena například sklem a nedošlo k poškození daných komponent.

Jak již bylo zmíněno daný problém tento problém je spíše problém pro danou údržbu, momentální stav je nevhodný, protože při plnění některé z nádob se mlže stát, že se kapalina nalije i na místo zmíněných kontaktů. Pokud by se tomu tak stalo, tak čištění těchto samčích pinů bude velice obtížné. Pokud by tedy došlo minimálně k otočení, bylo by to značné zlepšení údržby daného zařízení. Ještě lepší by ale bylo umístit dané piny mimo prostor nalévání tekutiny, aby daný problém vůbec nemohl vzniknout.

Akrylové sklo není vhodnou variantou zastřešení buňky, pro lepší bezpečnost je vhodné použít plnou polykarbonátovou desku, popřípadě lepené nebo kalené sklo. Buňku je nutné zakrytovat i z vrchní strany.

Tlačítko nouzového zastavení, které bylo použito vyhovuje požadované bezpečnosti, avšak je nutné ho připojit do samostatného bezpečnostního obvodu, buď s pomocí bezpečnostních relé, nebo bezpečnostního PLC. Požadovaná bezpečnost tlačítka nouzového zastavení je PL_r=d, což momentální stav zapojení nesplňuje.

Nakonec je nutné vypracovat průvodní dokumentaci a návod k obsluze ke strojnímu zařízení. V návodu k obsluze bude nutné uvést:

- Rozměry sklenice, které je možné použít
- Zmínit význam jednotlivých barev majáčku
- Definovat přemisťování skladu kapalin pouze se zajištěnými komponentami bez sklenice a kapalin v nerezových nádrží.
- Upozornit, že obsluha skladu kapalin musí být seznámena s návodem k obsluze skladu kapalin a bezpečnostními požadavky na sklad kapalin.
- Důrazně upozornit obsluhu skladu kapalin na přísný zákaz konzumace alkoholických nápojů a dodržování bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.
- Uvést doporučené intervaly údržby a důležitá upozornění.
- Popsat jednotlivé provozní režimy.
- Definovat význam jednotlivých barev vodičů.
- Uvést, že před zahájením jakýchkoliv prací údržby je nutné odpojit přívod elektrické energie do dávkovače ledu. Tuto práci mohou provádět pouze pracovníci s oprávněním pro samostatnou činnost § 6 vyhláška č. 50/1978 Sb. Pracemi údržby se rozumí například výměna snímačů nebo výměna poškozených mechanických částí. V případě závažnější poruchy jako je bezpečnostní relé je nutné zajistit odbornou opravu.
- I po aplikaci všech možných zabezpečení zde zůstane zbytkové riziko možného rozbití sklenice, proto je nutné, aby obsluha používala bezpečnostní rukavice, aby nedošlo ke zranění o vzniklé střepy. Také na tomto zařízení musí být štítek, že se zde vyskytuje tohle nebezpečí.

Přístup ke strojnímu zařízení budou mít i osoby, které mají velmi malé povědomí o nebezpečí stroje nebo o provozních bezpečnostních postupech, sem patří návštěvníci a veřejnost včetně dětí. Proto je vždy nutné tyto osoby seznámit a poučit o nebezpečích

stroje a provozních bezpečnostních postupech skladu kapalin. Tato skutečnost musí být uvedena v návodu k obsluze.

4.6 Sklad alkoholu

Strojní zařízení sklad alkoholu se momentálně nachází ve vývoji, z toho důvodu, pokud dojde k některým změnám na tomto zařízení je nutné tuto analýzu brát pouze jako informaci co bylo potřebné udělat. Tato analýza byla vypracována v rámci daného stavu v době analýzy a provedené změny mohou mít za následek, že daná analýza může být po provedení změn neplatná. Proto je potřeba vypracovat novou analýzu a zjistit, jestli daná opatření jsou dostatečná a nevzniklo nějaké nové nebezpečí. Toto zařízení je vyvíjeno pro veletrhy, prezentace nebo podobné akce a pro školní výuku na VUT v Brně. Některé informace v této kapitole byly zjištěny z práce vypracované k této buňce. [28]

Obr. 13: Sklad alkoholu: pohled zezadu a z boku. Foceno 12. 5. 2022

4.6.1 Informace pro posouzení rizika

a) Informace týkající se popisu strojního zařízení

- Uživatel může být nekvalifikovaná veřejnost od dospělých po děti.
- Specifikace strojního zařízení

i. Konstrukce zařízení se skládá ze základového rámu o rozměrech šířka 950 mm, výška 1750 mm a hloubka 340 mm. Následně je zde výplň z plexiskla připevněná na bočních stranách i přední straně buňky. Sklenice se pokládá na stojan, který má v sobě RFID čtečku. Jsou zde celkem čtyři pozice pro vložení lahví, tři z nich jsou na otvíratelných dvířkách a poslední je na druhé straně naproti nejvyšším dvířkám. Na každou ze čtyř pozic je možné dát celkem pět lahví. Tyto lahve se připojují k dávkovacímu trnu, který se naplní požadovaným množstvím tekutiny a při stisknutí dojde přesunu kapaliny do sklenice. Pro hlídání množství tekutiny v láhvi je zde kapacitní snímač. Mechanismus pro pohyb sklenice v buňce hýbající se v ose X a φ, za pomoci krokových motorků, pohyb po ose X je snímán inkrementálním enkodérem. Další posun v ose Z je možný díky stejnosměrnému motoru s převodovkou, posun po této ose je taktéž snímán inkrementálním enkodérem. Pro jednodušší posun jsou zde na každé straně umístěny protizávaží, aby nebyl zbytečně moc namáhán motor pro osu Z. Posun po vodících tyčích je jak u osy X, tak i o osy Z. Koncové polohy pro osu φ jsou snímány optickými snímači, koncová poloha pro osu X je snímána jak optickým, tak mechanickým koncovým spínačem, dle konstrukce by měl jako první zareagovat optický spínač. Koncová poloha poslední osy Z je snímána indukčními snímači. Na boční straně jsou umístěny řadové svorky, stykač, relátka, dva drivery krokových motorů, PLC a HMI panel. Tyto komponenty jsou namontovány na třech DIN lištách, které jsou připevněny k hliníkovým profilům. Ve středu boční strany je umístěno tlačítko nouzového zastavení a na vrchní části je majáček, který má možnost signalizovat třemi barvami. Napájení je připojeno za pomoci deseti pinového HARTING konektoru, který je možné nalézt ve spodní části na zadní straně buňky.

ii. Na daný konektor HARTING je nutné zapojit napětí 24 V a 12 V, obě tyto napětí je nutné zapojit dvakrát, jedno pro signálové napětí a druhé pro silové napětí. Poslední potřebné napětí je 5 V.

b) Informace týkající se předpisů, norem a jiných použitelných dokumentů

Byly použity tyto normy:

- ČSN 33 200 - Elektrické instalace nízkého napětí
- ČSN EN 60204-1 ed. 3 – Bezpečnost strojních zařízení
- ČSN EN ISO 13855 – Bezpečnost strojních zařízení
- ČSN EN ISO 13857 – Bezpečnost strojních zařízení

4.6.2 Vymezení používání

a) Provozní režimy

- Ruční (manuální) – Je zde několik obrazovek na HMI panelu, první z nich je úvodní, kde je možné vidět informace o dané buňce, v jakém je stavu, jestli se vyskytnula nějaká chyba, doba produkce a čas kdy buňka nic nedělá. V druhé obrazovce *Equipment module*, která je rozdělena na první obrazovku *Dispensing* a druhou *XZφ Navigation*, mezi těmito obrazovka je možné se pohybovat stiknutí *next* a *back*. V první je možné nastavit automatický nebo manuální režim tlačítky *Auto* a *Man*, následně je tento stav indikován indikátorem. Pokud se zvolí první dva parametry a množství kapaliny, které se má nadávkovat a stiskne tlačítko *Dose* dojde k nadávkování daného množství. Posledními tlačítky jsou *Reset Done*, který vyresetuje bit Done potom co byla daná úloha splněna a posledním tlačítkem je *Reset Err*, kterým se vymaže vzniklá chyba. Na další obrazovce je taktéž možnost nastavení automatického a manuálního režimu a také tlačítko pro reset chyb. Dále indikace polohy zařízení a možnosti nastavení požadované pozice, do které se zařízení přesune po stisknutí tlačítka *Move to position*. Další obrazovkou je *Control modules* rozdělenou na další tři obrazovky, první je *X axis*, druhá *φ axis* a třetí *Z axis*. Na obrazovce *X axis* je možné vidět několik indikátorů, jako je například jestli se nachází komponenta v domovské pozici, jestli je povolen pohyb motorku, jestli se nachází komponenta v limitních pozicích vpravo nebo vlevo, jestli nastal error, dva stejné indikátory pozice, ve které se nachází a doba běhu. Možnost přepnout do automatického nebo manuálního režimu a reset chyby tlačítkem *Reset error*. Tlačítky *Enable on* a *Enable off* se povoluje posun motorku, tlačítko *Home* nastaví danou pozici jako domovskou a při držení šipek nahoru nebo dolu se posouvá dané zařízení daným směrem. Pokud dojde k nastavení hodnoty do *Relative* a je stisknuto tlačítko *Move relativ*, potom se zařízení posune o danou hodnotu, další možnost pohybu je nastavením hodnoty do *Absolute* a stisknutím *Move Absolute* je zařízení posunuto na tyto souřadnice. Další obrazovka *φ axis* je úplně stejná jako *X axis* s tím rozdílem, že se zde jedná o posun ve stupních dopředu a dozadu. Poslední ze tří obrazovek *Z axis* je téměř stejná jako *X axis* s tím rozdílem, že se zde nenachází tlačítka *Enable on* a *Enable off* a možnost relativního pohybu. Další z obrazovek je rozcestník do obrazovek *Werehouse* a *Configuration*. Na obrazovce *Werehouse* je zde volba slotu v ve skladu, dále se zde nastavuje druh a typ pití v *Class* a *Definition*, přiřazuje číslo *Lot ID* a *Sublot ID*. Tlačítky *Enable* a *Disable* se povoluje použití daného slotu, tento stav je indikován. Tlačítko *Refil* slouží pro nastavení, že daná láhev na této pozici byla vyměněna za novou. Tlačítko *Resset Error* smaže chybové hlášky, nachází se zde indikace chyb. Poslední indikací je informace, že láhev na dané pozici je prázdná. Posledním tlačítkem

je tlačítko *Clear*, které smaže data k tomuto slotu. Další obrazovka *Configuration* se dělí dále na tři další obrazovky, první je obrazovka *Rows*, druhá *Slots* a poslední *Sensors*. Na obrazovce *Rows* je možné nastavit koordináty φ a Z a díky tomu je nastaveny výška každého řádku se sklenicemi, nastavení hodnot se provádí tlačítky *Teach In*. Na následující obrazovce *Slots* je možné nastavit pro každý slot na kterém řádku se nachází, offset od osy Z a pozici pro osu X, která je nastavena tlačítkem *Teach In*, doba zmáčknutí, doba dávkování, množství mililitrů, které se má nadávkovat, přiřadit *Sensor ID*. Je zde indikace ke kolika špatným stlačením došlo ve *Failed clicks* a ke kolika dobrým v *Clicks*. Tlačítkem *Reset Error* se vyresetuje chybové hlášení, tlačítky *Enable* a *Disable* se povoluje používání daného slotu, je zde i indikace tohoto stavu. Na poslední obrazovce *Sensors* je možné volit mezi senzory u daných slotů, následně je možné senzor naučit jaké hodnoty si má zapamatovat pro plnou flašku a jaké pro prázdnou tlačítky *Teach Full* a *Teach Empty*.

- Automatický – v automatickém režimu dojde při položení sklenice přečtení RFID čtečkou RFID čip, aby se zjistilo, o jakou sklenici se jedná a podle zadaného požadavku na množství a alkoholickou kapalinu se do dané sklenice nalije požadované množství alkoholu.

b) Používání strojního zařízení

- Strojní zařízení je používáno k dávkování požadovaného množství alkoholické kapaliny, provoz tohoto zařízení je vhodný pro všechny podniky, které potřebují dávkovat požadované množství alkoholické kapaliny do sklenice.

c) Úrovně zácviku

- Operátor – automatický a manuální provozní režim, přístup do prostoru dané buňky, osoba seznámená s pracovními postupy, provádí základní údržbu ve stanovených intervalech.
- Údržbář – bez omezení přístupu nebo omezení provozního režimu, osoba proškolená s pracovními postupy pro všechny provozní stavy strojního zařízení, může přistupovat do prostoru, kde se nachází kabeláž.
- Široká veřejnost – omezený přístup, možnost pouze vložit sklenici a následně ji vytáhnout.

d) Vystavení jiných osob nebezpečím, která jsou spojena se strojním zřízením

- Mohou se zde vyskytovat i soby, které mají velice malé povědomí o nebezpečích stroje nebo provozních bezpečnostních postupech. Může se jednat o širokou veřejnost včetně dětí. Vzhledem k tomu, že dané zařízení dávkuje alkohol, je nutné, aby bylo zařízeno, že dítě nedosahující požadovaného věku se k tomuto alkoholu nedostane.

4.6.3 Vymezení prostoru

a) Rozsah pohybu

- Rozsah pohybu v ose X je 500 mm.
- Rozsah pohybu v ose Z je 1400 mm.
- Rozsah osy φ je 180°.

b) Požadavky na prostor pro vzájemné působení osob a stroje

- Přístup do prostoru pro vkládání a vyjímaní sklenice – prostor o minimální hloubce 600 mm a šířce 350 mm z přední strany strojního zařízení.
- Přístup do prostoru pro ovládání HMI panelu – prostor o minimální hloubce 600 mm a šířce 350 mm z boční strany strojního zařízení.
- Vzhledem k velikosti dané buňky je vhodné ji postavit na zem, případně na méně vyvýšené místo, aby se sklenice pohodlně vkládala do definovaného prostoru.

c) Vzájemné působení lidí (obsluha – stroj)

- Ovládací HMI panel strojního zařízení, který se nachází na zadní straně.
- Tlačítko nouzového zastavení nacházející se na boční straně zařízení.

d) Rozhraní stroj – dodávka energie

- Elektrická energie – 24 V, 12 V a 5 V DC dodané skrze deseti pinový konektor připojený k buňce. Pokud se zařízení nachází za demonstrátorem je napájení zařízeno za pomoci síťového zdroje Mean Well NDR-240-24, který dodává 24 V DC a maximálního výstupního proudu 10 A. Ostatní napětí je vytvořeno počítačovými zdroji.

4.6.4 Vymezení doby

a) Vymezení doby životnosti strojního zařízení

- Počet pracovních dní v roce – 5.
- Počet pracovních hodin za den – 8.
- Čas mezi dvěma přístupy do nebezpečného prostoru strojního zařízení – 1 x za 1 minutu.
- Předpokládaná zkouška tlačítka nouzového zastavení 1 x za směnu.

b) Doporučené intervaly údržby

- Všechny zmíněné intervaly je nutné uvést v návodu k obsluze a údržbě strojního zařízení.
- Četnost čištění dávkovače alkoholu je stanovena na interval minimálně 1x za směnu.

4.6.5 Ostatní vymezení

a) Vlastnosti zpracovávaného materiálu

- Materiál není zpracováván.

b) Udržovatelnost – požadavek na čistotu

- Určeno pro vnitřní použití v normálních prostorách.

c) Definice prostředí

- AA – Teplota okolí (°C)
    i. AA5 – +5 až +40
- AB – Atmosférické podmínky v okolí
    i. AB5 – prostory chráněné před atmosférickými vlivy s regulací teploty
- AC – Nadmořská výška (m)
    i. AC1 – $\leq$ 2000
- AD – Výskyt vody
    i. AD1 – Pravděpodobnost výskytu vody je zanedbatelná
- AE – Výskyt cizích pevných těles
    i. AE1 – Zanedbatelný výskyt malých předmětů a prachu
- AF – Výskyt korozivních nebo znečišťujících látek
    i. AF1 – Množství a povaha korozivních látek nejsou významné
- AG – Rázy
    i. AG1 – Například domácí a obdobné zařízení
- AH – Vibrace
    i. AH1 – Domácí a obdobné zařízení, u něhož obecně nedochází k nepříznivým vibracím
- BA – Schopnost osob
    i. BA1 – Nepoučené osoby (laici). Normální
- CA – Konstrukční materiály
    i. CA1 – nehořlavé

Na základě výše uvedených provozních podmínek je možné prostředí, ve kterém bude zařízení provozováno klasifikovat jako normální.

4.6.6 Nedostatky konstrukce

Zjištěné nedostatky na zařízení sklad skelniček, které mohou způsobit nebezpečnou situaci nebo nesplňují normy:

- Nevyhovující tlačítko nouzového zastavení.
- Prostor pro vkládání sklenice není zabezpečený a je možné se dostat do nebezpečného prostoru při dávkování, přístup je možný i ze zadní strany.
- Použité elektrické komponenty nacházející se v okolí možného kontaktu s kapalinou nemají žádnou odolnost proti vniknutí kapalin.
- Barvy vodičů neodpovídají normě ČSN EN 60204-1 ed.3.
- Na boční straně je akrylové sklo, které odděluje elektrické komponenty od možných kapalin, avšak jsou zde otvory, které nemají bezpečnostní průchodky, které by zamezili vniknutí kapalin.
- Absence krytí zadní a vrchní strany strojního zařízení.
- Použité akrylové sklo není vyhovující.

4.6.7 Zhodnocení rizika

Z přední strany odkud se vkládá sklenice, případně i ze zadní strany, je možné se dostat až k posuvnému mechanismu. Může zde dojít ke stlačení, pořezání a oddělení částí těla, případně k navinutí, vtažení nebo zachycení vlasů, přívěsků, řetízků, oblečení a dalších volně visících předmětů.

Hodnoty pro stanovení HRN:

- DPH – 6
- LO – 10
- NP – 12
- FE – 5

$$HRN = 6 * 10 * 12 * 5 = 3600 \tag{4.7}$$

Hodnota 3600 spadá do neakceptovatelného rizika, toto riziko je nevyhovující.

4.6.8 Návrh řešení

Tlačítko nouzového zastavení, které bylo použito, nevyhovuje požadované bezpečnosti, také je nutné ho připojit do samostatného bezpečnostního obvodu, buď s pomocí bezpečnostních relé, nebo bezpečnostního PLC. Požadovaná bezpečnost tlačítka nouzového zastavení je PL_r=d.

Vytvořit pohyblivý kryt z přední strany buňky, který bude chránit prostor pro vložení sklenice, tento kryt je nutné blokovat za pomoci elektrického zámku, aby nemohlo dojít otevření krytu při protřepávání drinku. Pro možnost odemčení zámků a následného otevření krytu je nutné zařídit, aby nemohlo dojít ke spuštění motoru, například odpojením od napájení. Tento bezpečnostní prvek následně zapojit do samostatného bezpečnostního obvodu, buď s pomocí bezpečnostních relé, nebo bezpečnostního PLC. Požadovaná bezpečnost blokování otevření krytu je PL_r=d. Je nutné uvést v návodu, že pokud pracuje buňka samostatně, musí mít namontovaný a funkční pohyblivý kryt s elektrickým zámkem. Dále pokud má daná buňka pracovat na stole Testbedu musí dojít k odstranění pohyblivého krytu osobou k tomu pověřenou.

U těch komponent, u kterých nebylo možné zjistit výrobce nebo komponent, u nichž není jistota, zda mají potřebnou validaci, je nutné kontaktovat prodejce, aby doložil potřebné dokumenty k daným komponentám. Je nutné doložit dokumenty prokazující, jaké normy splňují, jakou mají validaci, ES prohlášení o shodě a návod k obsluze. Pokud prodejce není schopen dodat dané materiály, je nutné tuto komponentu nahradit. Pokud v návrhu zabezpečení nebude dáno jinak, tak nahrazení musí být provedeno pokaždé za osvědčenou komponentu, popřípadě za komponentu od relevantního výrobce s odpovídající validací, potřebnými parametry a dokumentací. Osvědčená komponenta je taková, kterou má výrobce strojního zařízení již vyzkoušenou na jiných zařízeních. Existuje i možnost validace dané komponenty podle potřebných norem, ale

tuto možnost nedoporučuji, protože je ve všech směrech vhodnější koupit komponentu s potřebnými parametry a dokumenty než nechávat vypracovat validaci pro každou komponentu.

Elektrické komponenty nacházející se uvnitř buňky je nutné vyměnit za komponenty s odolností vniknutí kapalin alespoň IP44 nebo vyšší, popřípadě je umístit do krytů, které splňují potřebné požadavky. Jedná se například o krabičku, v níž je uložena RFID čtečka nebo dané ventily.

Vyměnit barvy vodičů tak, aby odpovídali dle normy ČSN EN 60204-1 ed.3. To znamená vyměnit všechny kabely se silovým napětím za kabely černé barvy, tyto kabely náležitě označit L1 až L3 a L0 pro nulový vodič. Dále vyměnit všechny signálové kabely za kabely s modrou barvou pro kladné napětí a pro záporné modrobílou, všechny kabely náležitě popsat.

Všechny komponenty na zadní straně vložit do pevného rozvaděče opatřený průchodkami proti vniknutí kapalin se stupněm krytí minimálně IP44. Tato varianta je vhodnější krytí na prach, v porovnání s momentálním stavem a snadnější údržba. Dalším důvodem může být to, že při čištění by mohlo dojít k neúmyslnému nastříkání čistícího přípravku na elektrické komponenty.

Akrylové sklo není vhodnou variantou zastřešení buňky, pro lepší bezpečnost je vhodné použít plnou polykarbonátovou desku, popřípadě lepené nebo kalené sklo. Buňku je nutné zakrytovat i ze zadní a vrchní strany.

Nakonec je nutné vypracovat průvodní dokumentaci a návod k obsluze ke strojnímu zařízení. V návodu k obsluze bude nutné uvést:

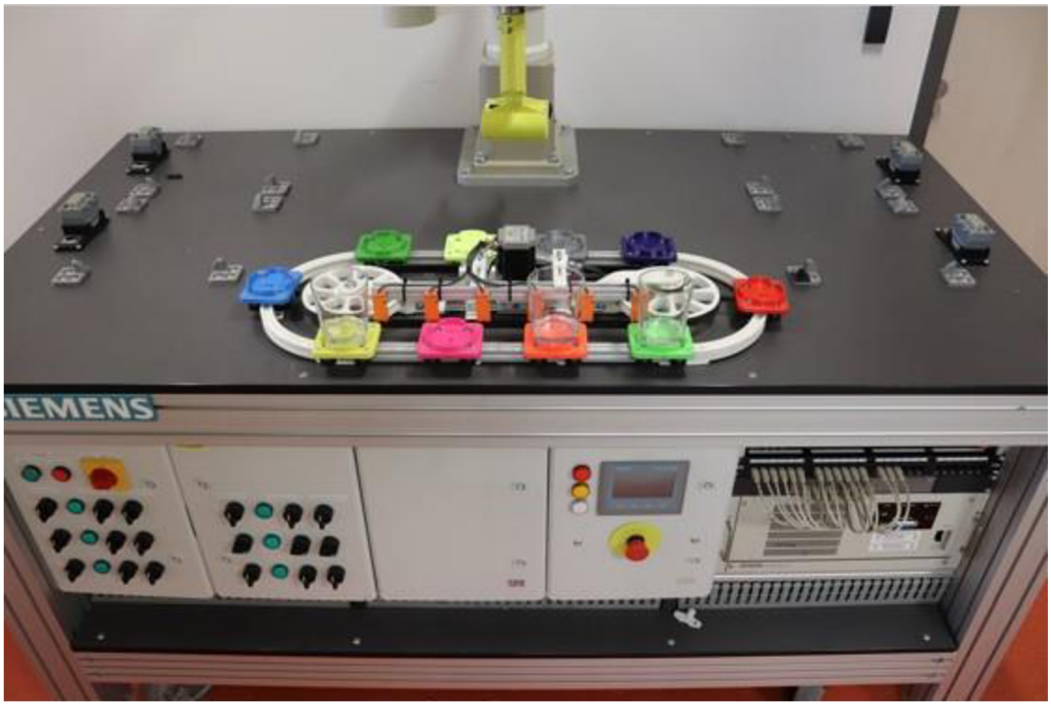
- Rozměry sklenice, které je možné použít
- Zmínit význam jednotlivých barev majáčku
- Definovat přemisťování skladu alkoholu pouze se zajištěnými komponentami bez lahví s alkoholem nebo jinou tekutinou a bez sklenice.
- Upozornit, že obsluha skladu alkoholu musí být seznámena s návodem k obsluze skladu alkoholu a bezpečnostními požadavky na sklad alkoholu.
- Důrazně upozornit obsluhu skladu alkoholu na přísný zákaz konzumace alkoholických nápojů a dodržování bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.
- Uvést doporučené intervaly údržby a důležitá upozornění.
- Popsat jednotlivé provozní režimy.
- Definovat význam jednotlivých barev vodičů.
- Uvést, že před zahájením jakýchkoliv prací údržby je nutné odpojit přívod elektrické energie do dávkovače ledu. Tuto práci mohou provádět pouze pracovníci s oprávněním pro samostatnou činnost § 6 vyhláška č. 50/1978 Sb. Pracemi údržby se rozumí například výměna snímačů nebo výměna poškozených mechanických částí. V případě závažnější poruchy jako je bezpečnostní relé je nutné zajistit odbornou opravu.

- I po aplikaci všech možných zabezpečení zde zůstane zbytkové riziko možného rozbití sklenice, proto je nutné, aby obsluha používala bezpečnostní rukavice, aby nedošlo ke zranění o vzniklé střepy. Také na tomto zařízení musí být štítek, že se zde vyskytuje tohle nebezpečí.

Přístup ke strojnímu zařízení budou mít i osoby, které mají velmi malé povědomí o nebezpečí stroje nebo o provozních bezpečnostních postupech, sem patří návštěvníci a veřejnost včetně dětí. Proto je vždy nutné tyto osoby seznámit a poučit o nebezpečích stroje a provozních bezpečnostních postupech skladu alkoholu. Tato skutečnost musí být uvedena v návodu k obsluze.

4.7 Testbed

Strojní zařízení *testbed* se momentálně nachází ve vývoji, z toho důvodu, pokud dojde k některým změnám na tomto zařízení, je nutné tuto analýzu brát pouze jako informaci co bylo potřebné udělat. Tato analýza byla vypracována v rámci daného stavu v době analýzy a provedené změny mohou mít za následek, že daná analýza může být po provedení změn neplatná. Proto je potřeba vypracovat novou analýzu a zjistit, jestli daná opatření jsou dostatečná a nevzniklo nějaké nové nebezpečí. Toto zařízení je vyvíjeno pro veletrhy, prezentace nebo podobné akce a pro školní výuku na VUT v Brně. Některé informace v této kapitole byly zjištěny z práce vypracované k této buňce. [29]



Obr. 14: Testbed průmyslu 4.0. Foceno 7. 5. 2019 [13]

4.7.1 Informace pro posouzení rizika

a) Informace týkající se popisu strojního zařízení

- Uživatel může být nekvalifikovaná veřejnost od dospělých po děti.
- Specifikace strojního zařízení
    i. Konstrukce zařízení se skládá ze základového rámu o rozměrech šířka 1910 mm, výška 1800 mm a hloubka 1010 mm. Následně je zde na vrchní straně dřevěná deska, k této desce je připevněný SCARA robot. Další deska se nachází o kus níže, aby pod daným stolem byl prostor například pro odkládání potřebných věcí pro provoz. Na stole jsou čtyři místa, kam je možné položit buňky vytvořené pro testbed, další prostor pro buňky je na zadní straně stolu. Pro každou buňku je připraven konektor HARTING, který slouží pro jejich napájení. Dále se na stole ze přední strany nachází vozíčky, na které jsou umisťovány sklenice s již hotovým nápojem. Vozíčky jezdí v kolejnicích a jsou poháněný řemenem za pomoci krokového motoru. Nachází se zde šest kapacitních snímačů pro zjištění, jestli se nachází na vozíčcích prázdná sklenice, která má být uskladněna. Další jsou indukční snímače, první z nich slouží pro zjištění počátku dopravníkového pásu a druhý pro detekci průjezdu každého vozíčku. Na přední straně stolu mezi vrchní a spodní deskou jsou umístěny dané rozváděče, první dva jsou pro rozvod napětí do buněk, v dalším je vložené PLC pro možnost ovládání vozíčku a komunikace s jednotkou ovládající robota. Nachází se zde i jednotka SRC 310 pro ovládání robota, poslední věcí je switch pro propojení síťových kabelů. Na stole jsou umístěna dvě tlačítka nouzového zastavení. Na spodní straně jsou čtyři kolečka pro možný jednoduchý přesun, pokud je dané zařízení na místě výsuvnýma nohama se zařídí, by se zařízení nestálo na kolečkách a nemohlo dojít k posunu.
    ii. Napětí do testbedu je zařízeno za pomoci kabelu a vidlice, kterou je možné zapojit do zásuvky napájené 230 V.

b) Informace týkající se předpisů, norem a jiných použitelných dokumentů

Byly použity tyto normy:

- ČSN 33 200 - Elektrické instalace nízkého napětí
- ČSN EN 60204-1 ed. 3 – Bezpečnost strojních zařízení
- ČSN EN ISO 13855 – Bezpečnost strojních zařízení
- ČSN EN ISO 13857 – Bezpečnost strojních zařízení

4.7.2 Vymezení používání

a) Provozní režimy

- Ruční (manuální) – Je zde několik obrazovek na HMI panelu, první z nich je úvodní, kde je vidět logo, není možné zde nic nastavovat nebo dělal. Na další obrazovce *Conveyor* je možné nastavovat automatický nebo manuální režim tlačítky *AUTOMAT* a *MANUAL*, text na těchto tlačítkách se mění na základě toho, jaký režim je zvolený. Následují tlačítka *START* a *STOP* pro manuální spuštění nebo zastavení dopravníku, indikace tohoto stavu se nachází vpravo vedle tlačítek. Posledními tlačítky na této obrazovce jsou tlačítka *Settings* a *View*, které slouží pro přesun na další obrazovky. Prvním z těchto tlačítek slouží pro přesun na obrazovku *Conveyor – Settings*, na této obrazovce je možné nastavovat rychlost pohybu dopravníku. Tlačítky + a - se nastavuje požadovaná rychlost, která se zobrazuje vlevo do tlačítek a napravo od tlačítek je zobrazena aktuální nastavená rychlost. Tlačítky pod nápisem *Direction* se nastavuje směr pohybu dopravníkového pásu. Tlačítkem pod nápisem *Enable* se povoluje nebo zakazuje posun motoru, tlačítkem *Change* se provede změna nastavené rychlosti. Posledním tlačítkem kříže je možné se dostat zpátky na obrazovku *Conveyor*. Druhým tlačítkem *View* je možné se dostat na obrazovku ukazující vozíčky s jejich přiřazenými čísly a je zde také indikace toho, že na daném vozíčku se nachází sklenice a jestli má v sobě nějakou tekutinu. Tlačítkem křížek je opět možné se dostat zpátky na obrazovku *Conveyor*. Další obrazovka *Robot* umožňuje nastavit automatický nebo manuální režim tlačítky *AUTOMAT* a *MANUAL* a je zde taktéž indikace těchto stavů. Je možné posunout robota z některé přednastavené pozice do další, pokud je zapsána hodnota do kolonek *FROM* a *TO*, poslední věcí, co je potřeba udělat je kliknout na tlačítko *FULL Move*. Tlačítko *Settings* slouží pro přesun na další obrazovku. Na spodní části obrazovky je možné vidět přijímaný string od robota. Na obrazovce *Robot – Settings* je možné po zvolení přednastavené polohy a stisknutí tlačítka *Move* posunout robota do této pozice. Tlačítkem *RESET* dojde k restartu řídicí jednotky, tlačítkem *USER* dojde k přesunu na další obrazovku. Příkazem *Pick up* se spustí proces pro vybrání sklenice, a naopak příkaz *Place* sklenici vloží. Tlačítko *MCAL* slouží pro kalibraci manipulátoru, dalším tlačítkem *Init* dojde ke spuštění inicializační smyčky manipulátoru. Je možné vypnout nebo zapnout motory tlačítky *Motor ON* a *Motor OFF*. Na této obrazovce se taktéž nachází indikace stringu od robota. Tlačítkem křížek je možné se dostat zpátky na obrazovku *Robot*. Po kliknutí na již zmíněné tlačítko *USER* dojde k přesunu na obrazovku *Robot – User Command*, na této obrazovce je možné poslat uživatelský příkaz z příkazového řádku, po zadání a stisknutí tlačítka *SEND* dojde k odeslání. Na spodní straně obrazovky je možné opět vidět přijímaný string od robota. Tlačítkem křížek je možné se dostat zpátky na obrazovku *Robot – Settings*. Na poslední obrazovce *Main Settings* je možné rozsvítit nebo zhasnout majáček po stisknutí tlačítka k dané barvě, tedy tlačítky *RED*,

ORANDE a *GREEN*. Je zde zobrazena indikace stisknutí tlačítka nouzového zastavení, a zda je spuštěno silové napětí.

- Automatický – v automatickém režimu dochází k přijímání příkazů z nadřazeného systému, který ovládá všechno fungování komponent na daném stole.

b) Používání strojního zařízení

- Strojní zařízení je používáno k dávkování a přípravě nápojů dle požadavků zákazníka, provoz tohoto zařízení je vhodný pro všechny podniky, které potřebují dávkovat a připravovat nápoje dle požadavků zákazníka do sklenice.

c) Úrovně zácviku

- Operátor – automatický a manuální provozní režim, přístup do prostoru daného pracoviště, osoba seznámená s pracovními postupy, provádí základní údržbu ve stanovených intervalech.
- Údržbář – bez omezení přístupu nebo omezení provozního režimu, osoba proškolená s pracovními postupy pro všechny provozní stavy strojního zařízení, může přistupovat do prostoru, kde se nachází kabeláž.
- Široká veřejnost – omezený přístup, možnost pouze vložit sklenici a následně ji vytáhnout.

d) Vystavení jiných osob nebezpečím, která jsou spojena se strojním zřízením

- Mohou se zde vyskytovat i soby, které mají velice malé povědomí o nebezpečích stroje nebo provozních bezpečnostních postupech. Může se jednat o širokou veřejnost včetně dětí. Vzhledem k tomu, že dané zařízení dávkuje alkohol, je nutné, aby bylo zařízeno, že dítě nedosahující požadovaného věku se k tomuto alkoholu nedostane.

4.7.3 Vymezení prostoru

a) Rozsah pohybu

- Rozsah pohybu robota je do všech směrů na vzdálenost 510 mm od středu paty robota. Rozsah pohybu za robota je jistým způsobem omezen jeho konstrukcí. Rozsah pohybu robota v ose Z je 171 mm.
- Stůl je na kolečkách, díky kterým je možný zařídit volný pohyb tohoto strojního zařízení.

b) Požadavky na prostor pro vzájemné působení osob a stroje

- Přístup do prostoru pro vkládání a vyjímaní sklenice – prostor o minimální hloubce 600 mm a šířce 1000 mm z přední strany strojního zařízení.
- Přístup do prostoru pro ovládání HMI panelu z přední strany – prostor o minimální hloubce 600 mm a šířce 1000 mm z přední strany stolu.
- Přístup do prostoru pro ovládání HMI panelů a možného potřebného přístupu k daným buňkám z obou bočních stran – prostor o minimální hloubce 1500 mm a šířce 1000 mm z bočních stran stolu.

- Přístup do prostoru pro ovládání HMI panelu a možného potřebného přístupu k daným buňkám ze zadní strany – prostor o minimální hloubce 600 mm a šířce 1400 mm ze zadní strany stolu.

c) Vzájemné působení lidí (obsluha – stroj)

- Ovládací HMI panel strojního zařízení, který se nachází na přední straně.
- Tlačítka nouzového zastavení nacházející se na přední straně stolu.

d) Rozhraní stroj – dodávka energie

- Elektrická energie – elektrické energie je dodávána skrze kabel připojený do napětí 230 V. Následně zde dochází k vytvoření 24 V za pomoci čtyř síťových zdrojů Mean Well NDR-240-24 a napětí 12 V a 5 V za pomoci dvou počítačových zdrojů

4.7.4 Vymezení doby

a) Vymezení doby životnosti strojního zařízení

- Počet pracovních dní v roce – 5.
- Počet pracovních hodin za den – 8.
- Čas mezi dvěma přístupy do nebezpečného prostoru strojního zařízení – 1 x za 1 minutu.
- Předpokládaná zkouška tlačítka nouzového zastavení 1 x za směnu.

b) Doporučené intervaly údržby

- Všechny zmíněné intervaly je nutné uvést v návodu k obsluze a údržbě strojního zařízení.
- Četnost čištění dopravníkového pásu a jeho komponent je stanovena na interval minimálně 1x za směnu.

4.7.5 Ostatní vymezení

a) Vlastnosti zpracovávaného materiálu

- Materiál není zpracováván.

b) Udržovatelnost – požadavek na čistotu

- Určeno pro vnitřní použití v normálních prostorách.

c) Definice prostředí

- AA – Teplota okolí (°C)
    i. AA5 – +5 až +40
- AB – Atmosférické podmínky v okolí
    i. AB5 – prostory chráněné před atmosférickými vlivy s regulací teploty
- AC – Nadmořská výška (m)
    i. AC1 – $\leq$ 2000
- AD – Výskyt vody
    i. AD1 – Pravděpodobnost výskytu vody je zanedbatelná

- AE – Výskyt cizích pevných těles
    i. AE1 – Zanedbatelný výskyt malých předmětů a prachu
- AF – Výskyt korozivních nebo znečišťujících látek
    i. AF1 – Množství a povaha korozivních látek nejsou významné
- AG – Rázy
    i. AG1 – Například domácí a obdobné zařízení
- AH – Vibrace
    i. AH1 – Domácí a obdobné zařízení, u něhož obecně nedochází k nepříznivým vibracím
- BA – Schopnost osob
    i. BA1 – Nepoučené osoby (laici). Normální
- CA – Konstrukční materiály
    i. CA1 – nehořlavé

Na základě výše uvedených provozních podmínek je možné prostředí, ve kterém bude zařízení provozováno klasifikovat jako normální.

4.7.6 Nedostatky konstrukce

Zjištěné nedostatky na zařízení sklad skelniček, které mohou způsobit nebezpečnou situaci nebo nesplňují normy:

- Nevyhovující tlačítko nouzového zastavení. Použité tlačítko má jeden kontakt NC (normaly closed – normálně zavřeno) a jeden NO (normaly open – normálně otevřeno).
- Prostor pro vkládání sklenice není zabezpečený a je možné se dostat do nebezpečného prostoru při pohybu robota.
- Použité elektrické komponenty nacházející se v okolí možného kontaktu s kapalinou nemají žádnou odolnost proti vniknutí kapalin.
- Barvy vodičů neodpovídají normě ČSN EN 60204-1 ed.3.
- Možnost úrazu při odběru drinku z dopravníkového pásu.
- Tlačítka nouzového zastavení na buňkách neplní požadovanou bezpečnostní funkci

4.7.7 Zhodnocení rizika

Vzhledem k absenci krytu je možné se dostat k robotovi, který představuje největší možné riziko pro lidský život. Může dojít ke stlačení, pořezání a oddělení částí těla, případně k navinutí, vtažení nebo zachycení vlasů, přívěsků, řetízků, oblečení a dalších volně visících předmětů. Při kontaktu s robotem je možné přijít k velice vážnému úrazu až smrti.

Další možné nebezpečí, které se zde vyskytuje je možnost poranění, které může vzniknout při pokusu odebrat drink. Může dojít ke stlačení, pořezání a oddělení částí

těla, případně k navinutí, vtažení nebo zachycení vlasů, přívěsků, řetízků, oblečení a dalších volně visících předmětů.

Hodnoty pro stanovení HRN:

- DPH – 15
- LO – 15
- NP – 12
- FE – 5

$$HRN = 15 * 15 * 12 * 5 = 13500 \quad (4.8)$$

Hodnota 13500 spadá do neakceptovatelného rizika, toto riziko je nevyhovující.

4.7.8 Návrh řešení

Tlačítko nouzového zastavení, které bylo použito, nevyhovuje požadované bezpečnosti, vhodnější variantou je tlačítko s dvěma NC kontakty. Také je nutné ho připojit do samostatného bezpečnostního obvodu, buď s pomocí bezpečnostních relé, nebo bezpečnostního PLC. Požadovaná bezpečnost tlačítka nouzového zastavení je PL_r=e. Vzhledem k tomu, že toto tlačítko má zastavovat i robota je vhodnější a doporučenou variantou PL_r=e, ale je možné použít i variantu kdy PL_r=d.

Vytvořit kryt kolem celého pracoviště, aby byl robot uzavřen a bylo možné se k němu dostat. Z bočních stran i ze přední je nutné udělat pohyblivý kryt, který bude chránit prostor, který bude sloužit pro doplňování potřebných věcí pro dané buňky. Tyto pohyblivé kryty je nutné blokovat za pomoci elektronických zámků, aby nemohlo dojít otevření krytů při pohybu robota a práci ostatních buněk. Pro možnost odemčení zámků a následného otevření krytu je nutné zařídit, aby nemohlo dojít ke spuštění motoru robota a dalších akčních členů v daných buňkách, například odpojením od napájení. Tento bezpečnostní prvek následně zapojit do samostatného bezpečnostního obvodu, buď s pomocí bezpečnostních relé, nebo bezpečnostního PLC. Požadovaná bezpečnost blokování otevření krytu je PL_r=e.

U těch komponent, u kterých nebylo možné zjistit výrobce nebo komponent, u nichž není jistota, zda mají potřebnou validaci, je nutné kontaktovat prodejce, aby doložil potřebné dokumenty k daným komponentám. Je nutné doložit dokumenty prokazující, jaké normy splňují, jakou mají validaci, ES prohlášení o shodě a návod k obsluze. Pokud prodejce není schopen dodat dané materiály, je nutné tuto komponentu nahradit. Pokud v návrhu zabezpečení nebude dáno jinak, tak nahrazení musí být provedeno pokaždé za osvědčenou komponentu, popřípadě za komponentu od relevantního výrobce s odpovídající validací, potřebnými parametry a dokumentací. Osvědčená komponenta je taková, kterou má výrobce strojního zařízení již vyzkoušenou na jiných zařízeních. Existuje i možnost validace dané komponenty podle potřebných norem, ale tuto možnost nedoporučuji, protože je ve všech směrech vhodnější koupit komponentu

s potřebnými parametry a dokumenty než nechávat vypracovat validaci pro každou komponentu.

Elektrické komponenty nacházející se uvnitř buňky je nutné vyměnit za komponenty s odolností vniknutí kapalin alespoň IP44 nebo vyšší, popřípadě je umístit do krytů, které splňují potřebné požadavky.

Vyměnit barvy vodičů tak, aby odpovídali dle normy ČSN EN 60204-1 ed.3. To znamená vyměnit všechny kabely se silovým napětím za kabely černé barvy, tyto kabely náležitě označit L1 až L3 a L0 pro nulový vodič. Dále vyměnit všechny signálové kabely za kabely s modrou barvou pro kladné napětí a pro záporné modrobílou, všechny kabely náležitě popsat.

Při pokusu odebrat drink nebo položit prázdnou sklenici je nutné zastavit dopravníkový pás, aby nemohlo dojít k úrazu. K tomuto účelu je možné využít optických závor.

U tlačítka nouzového zastavení je nutné buď změnit barvu, zakrýt nebo odmontovat po celou dobu co bude fungovat na stole testbedu. Více informací k tomu problému je v kapitole 7.3.

Nakonec je nutné vypracovat průvodní dokumentaci a návod k obsluze ke strojnímu zařízení. V návodu k obsluze bude nutné uvést:

- Rozměry sklenice, které je možné použít
- Zmínit význam jednotlivých barev majáčku
- Definovat přemisťování testbedu pouze se zajištěnými komponentami a bez sklenice.
- Upozornit, že obsluha testbedu musí být seznámena s návodem k obsluze testbedu a bezpečnostními požadavky na testbed.
- Důrazně upozornit obsluhu testbedu na přísný zákaz konzumace alkoholických nápojů a dodržování bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.
- Uvést doporučené intervaly údržby a důležitá upozornění.
- Popsat jednotlivé provozní režimy.
- Definovat význam jednotlivých barev vodičů.
- Uvést, že před zahájením jakýchkoliv prací údržby je nutné odpojit přívod elektrické energie do dávkovače ledu. Tuto práci mohou provádět pouze pracovníci s oprávněním pro samostatnou činnost § 6 vyhláška č. 50/1978 Sb. Pracemi údržby se rozumí například výměna snímačů nebo výměna poškozených mechanických částí. V případě závažnější poruchy jako je bezpečnostní relé je nutné zajistit odbornou opravu.
- I po aplikaci všech možných zabezpečení zde zůstane zbytkové riziko možného rozbití sklenice, proto je nutné, aby obsluha používala bezpečnostní rukavice, aby nedošlo ke zranění o vzniklé střepy. Také na tomto zařízení musí být štítek, že se zde vyskytuje tohle nebezpečí.

Přístup ke strojnímu zařízení budou mít i osoby, které mají velmi malé povědomí o nebezpečí stroje nebo o provozních bezpečnostních postupech, sem patří návštěvníci a veřejnost včetně dětí. Proto je vždy nutné tyto osoby seznámit a poučit o nebezpečích stroje a provozních bezpečnostních postupech testbedu. Tato skutečnost musí být uvedena v návodu k obsluze.

5. REALIZACE NA ZÁKLADĚ DANÉ ANALÝZY

V následující kapitole je popsána realizace na základě vytvořené analýzy, rozbor vhodných či nevhodných materiálů.

5.1 Robotický manipulátor

Největším rizikem pro člověka je robotický manipulátor, vzhledem k závažnosti možných poranění je pro dané zabezpečení požadován PL_r=e nebo PL_r=d. Nejmenší PL, které je možné použít je *d*, ale vhodnější variantou by bylo PL=e, ekvivalentem pro PL=e je SIL 3 pro PL=d je SIL 2. V normě ČSN EN SIO 10218-1 je možné se dočíst, že jsou kladeny jisté požadavky na bezpečnostní části ovládacích systému a to ty, že tento systém musí splňovat nejhůře PL=d a strukturu kategorie 3, pokud je aplikována norma ČSN ISO 13849. A v momentě, kdy je aplikována norma ČSN EN IEC 62061, tak se mluví o bezpečnosti SIL 2. [14] Normu, podle které se daný konstruktér řídí, je nutné zvolit a není možné použít obě. Vzhledem k tomu, že robot má pouze jeden vstup nouzového zastavení a k požadovanému PL není tento robot vhodný pro tohle použití, protože je dané zabezpečení degradované na úroveň PL=c. Z toho důvodu tento robot nesmí být použit a je nutné ho vyměnit za robota, který bude splňovat požadavek na potřebný PL. Pokud by se jednalo o robota, který byl schválen podle starých norem, kdy spadal do požadovaného PL_r a robotické pracoviště bylo modernizováno, je možné ponechat robota, který by v dnešní době dané normy nesplňoval. Pokud by došlo k demontáži daného pracoviště a jeho přenesení na jiné místo, tak už v tento moment je nutné, aby použitý robot splňoval požadované normy.

5.2 Robotické pracoviště

Kolem daného robotického stanoviště je nutné udělat pevný kryt, do kterého se nelze dostat bez pomoci nářadí. Byla zvolena varianta s hliníkovými profily a mezi nimi výplň z čirého plastu.

PMMA (polymethylmethakrylát – akrylové sklo) je pro tyto účely nevyhovující. Deska je tvrdá a pevná, ale v zásadě křehká, kdy po dostatečně silném nárazu může dojít až k tříštění jako známe u běžného skla. Z tohoto důvodu je nutné použít jiný čirý plast, který má lepší vlastnosti. Další věcí, kterou je nutno zohlednit je to, že dané pracoviště je provozované v okolí potravin. Proto musí docházet k pravidelnému čištění za pomoci čisticích prostředků na bázi alkoholu. Je nutné tedy vybrat plast takový, který dokáže dostatečně odolávat tomuto čištění. Je možné, že osoba pověřená čištěním sice byla poučena o způsobu čištění, avšak mohlo by se stát, že se pokusí vyčistit dané pracoviště jinými přípravky než k tomu definovanými.

Pokud je potřeba větší pevnost, často se využívá plná polykarbonátová deska. Je to velice houževnatý plast, který odolá hrubému mechanickému zacházení, je velice

pružný a při silném mechanickém nárazu může dojít maximálně k roztrhnutí nebo poškrábání. Z tohoto důvodu se hojně využívá ve výrobě jako bezpečnostní štít strojů nebo ochranné zastřešení kabin vysokozdvižných vozíků. Díky své pevnosti se polykarbonátová deska jeví jako vhodná volba, výhodou je i velice velká chemická odolnost. [15][16]

Lepené sklo je také vhodnou variantou pro tyto účely. Toto sklo je velice odolné a při nárazu sice dojde k vytvoření skleněných střepů, avšak tyto střepy zůstanou na fólii, tím je minimalizována možnost poranění. U akrylátového skla nebo polykarbonátové desky dojde k vytvoření střepů. Nevýhodou lepeného skla je jeho velká pořizovací cena. [17]

Další možnost je použití kaleného skla. Toto sklo se vyznačuje vysokou pevností a tepelnou odolností, která je až pětkrát větší než u obyčejného skla. Zvládne silné údery, a to i relativně ostrým předmětem. Při rozbití tohoto skla dojde k vytvoření mnoha malých kousků skleněných krychliček, které nemají ostré hrany. Z tohoto důvodu je možné tohle sklo najít například u sprchových koutů, skleněných dveří nebo ve výdejních automatech. Cena tohoto skla je taktéž velice vysoká. [18][19]

Na obrázku číslo patnáct je možné vidět kryt daného pracoviště. Momentální stav krytu je kostra z hliníkových profilů vyplněná akrylátovými deskami. Důvodem je nízká pořizovací cena, požadovaná polykarbonátová deska je mnohonásobně dražší než plexisklo. Pokud by se jednalo o zařízení dělané pro firmu nebo pro běžný provoz, bylo by nutné použít polykarbonátovou desku. Ale vzhledem k tomu, že dané zařízení je demonstrátor pro školní účely, z tohoto důvodu bylo zvoleno akrylové sklo. Aby daný kryt nebylo možné nadzvednout, bylo nutné ho pěvně spojit se stolem robotického pracoviště. Pro tyto účely byl vytvořen model L profilu, který byl v rámci rychlého prototypování vytištěn na 3D tiskárně. Dále pro lepší a pohodlnější opětovné nasazení krytu jsou zde umístěny vymezovací části, díky kterým lze kryt snadněji položit na požadované místo. Tyto díly jsou vytisknuté materiálem PLA (polylactic acid – kyselina polymléčná), jehož chemické vlastnosti nejsou ideální. Z toho důvodu by bylo vhodnější do budoucna zvolit variantu PETG (polyethylene terephthalate-glycol – polyetyléntereftalát-glykol) nebo PP (polypropylene – polypropylen), které mají mnohem lepší chemickou odolnost než PLA. Vzhledem ke slabinám FDM tisku bude bohužel v jednom směru vytisknutá komponenta náchylná na snadné zlomení. Z toho důvodu se nejeví vhodné použití 3D tisku pro upevnění krytu k danému pracovišti. Mnohem vhodnější variantou je například kovový L profil, který vydrží mnohem náročnější podmínky než kterýkoliv zmíněný plast. [20]

Obr. 15: Kryt robotického stanoviště

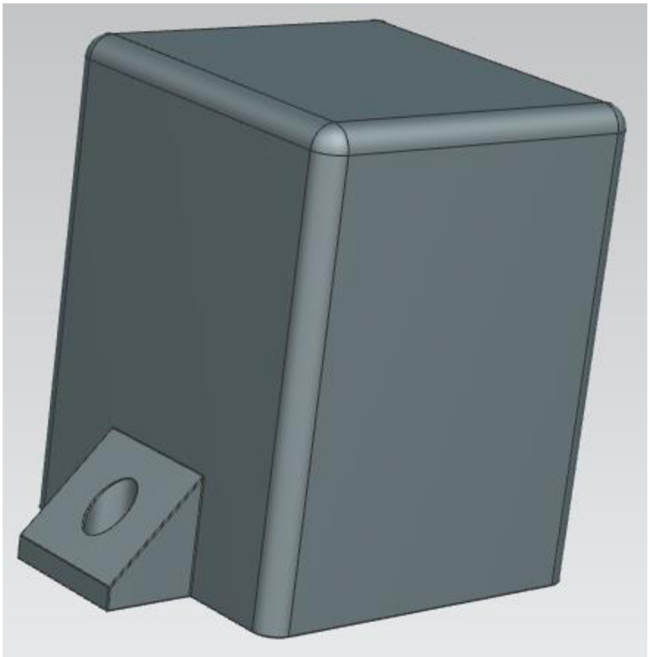
5.3 Autonomní buňky

Kvůli nutnosti doplňování tekutin, ledu nebo například pro doplnění čistých skleniček a odebrání špinavých, je nutné zařídit, aby měla obsluha přístup k těmto buňkám. Z tohoto důvodu je nutné, aby byly vytvořeny otevíratelné dveře. Vzhledem k tomu, že by se obsluha mohla pokusit otevřít tento pohyblivý kryt a snažit se o doplnění v moment, kdy je robot v pohybu, je nutné zařídit, aby k této možnosti nedošlo. Tato situace je nebezpečná a obsluha by mohla dojít k úrazu. Zabezpečení bylo navrhnuto tak, že dveře budou jištěny elektrickým zámkem, který zamezí vstupu do nebezpečného prostoru. Otevření dveří bude umožněno až v moment, kdy bude robot zastaven.

Další věcí, která je nutná zohlednit je ta, že pro větší plynulost chodu zařízení by se mohly nechat zbylé dvě autonomní buňky běžet a pracovat, zatímco obsluha by doplňovala potřebně věci. Bohužel by zde mohlo dojít k tomu, že by se obsluha mohla pokusit vlézt do daného pracoviště a dostat se ke zbylým buňkám. Zde by hrozilo například možné nebezpečí z drtiče ledu nebo *shakeru*. Z důvodu možnosti vyměňovat stanoviště autonomních buněk je vhodnější variantou otevřít dané dveře až po zastavení všech buněk a robota. Zastavení proběhne tak, že pracovník zvolí, že si přeje doplnit tekutiny a v ten moment všechny buňky dostanou povel, že po ukončení dané činnosti, kterou právě vykonávají, se mají zastavit. Když všechny buňky ohlásí, že mají hotovo,

dojde k odemčení zámku. Pokud se obsluha rozhodne, že není potřeba nic doplňovat, zvolí, aby se provoz opět rozjel. V momentě, kdy by došlo k otevření některého z pohyblivých krytů, dojde k odpojení silového napětí do všech buněk na stole a robotovi dojde příkaz o zmáčknutí nouzového zastavení. Důvodem volby nouzového zastavení je to, že se jedná o robotické pracoviště, jehož stavba probíhá v době, kdy tento robot neodpovídá bezpečnostním požadavkům, které jsou na roboty v dnešní době kladeny. Tohle řešení bohužel nevyřeší to, že robot se nachází v PL c. Robot má vstup pro bezpečnostní dveře, ale jedná se taktéž pouze o jeden vstup.

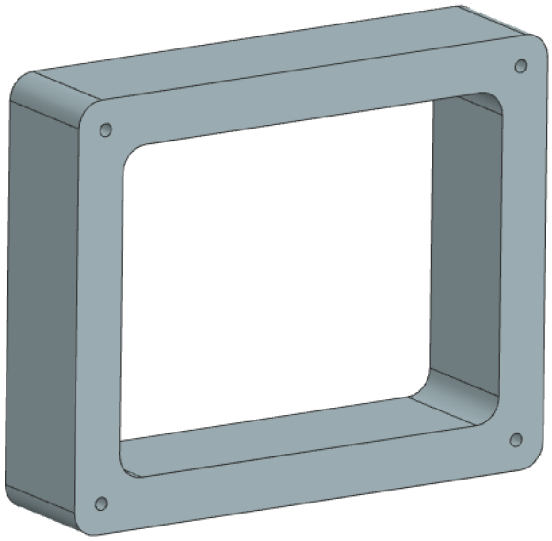
Na všech autonomních buňkách jsou namontovaná tlačítka nouzového zastavení. Zde je nežádoucí, aby dané tlačítko vzbuzovalo dojem, že po jeho stisknutí dojde ke kompletnímu zastavení celého strojního zařízení. Dané tlačítko slouží pouze k zastavení chodu buňky, na níž se nachází tohle tlačítko nouzového zastavení. V normě ČSN EN ISO 13850 je možné se dočíst, že je nutné, aby došlo k zajištění toho, že nesmí dojít k záměně aktivního a neaktivního zařízení nouzového zastavení. Jedna z možností jak tohle zařídit, je změnit barvu daného nouzového zastavení tak, že se na něm nebudou nacházet barvy typické pro nouzové zastavení. Dále je možné tohle tlačítko odmontovat nebo zakrýt, ale je nutné, aby byl daný kryt tlačítka pevně připojen k dané ovládací stanici. [21] Vzhledem k výše zmíněnému musí dojít například buď k odmontování daných tlačítek, nebo k jejich zneviditelnění po celou dobu, co budou v provozu na daném stole. K tomuto účelu byl navrhnut model krytu na stop tlačítko, aby nedošlo ke zmatení obsluhy a dalších lidí.



Obr. 16: Kryt na stop tlačítko

Pro možnost ovládání a nastavování daných buněk za pomoci HMI je v krytu vytvořena díra, díky níž je možný přístup k HMI panelům všech buněk. Vzhledem

ke vzniklému otvoru a vzdálenosti buněk je mezi krytem a HMI panelem mezera. Vzniklá mezera je velká 24 mm. Jak je možné se dočíst v normě ČSN EN ISO 13857, ve které se nachází tabulka 5, je tuto tabulku nutné použít, protože bylo stanoveno, že v okolí daného pracoviště se mohou pohybovat děti. Pokud by se kolem tohoto pracoviště pohybovali lidi čtrnácti a více let, mohla by se použít tabulka číslo 4. Vzdálenosti v tabulce číslo 5 jsou přísnější než ty, které jsou potřeba pro osoby starší čtrnácti let. Z dané tabulky vyčteme, že vzhledem ke vzniklé mezeře je nutné, aby se nebezpečný prostor nacházel ve vzdálenosti stanovené touto normou, tedy potřebná vzdálenost 550 mm. [22] Této vzdálenosti není možné docílit. Z tohoto důvodu je nutné, aby vzniklá mezera byla odstraněna. Byl navrhnut kryt, který tuto funkci bude plnit a zamezí přístupu do nebezpečné oblasti.



Obr. 17: Kryt na HMI panel

5.4 Dopravníkový pás

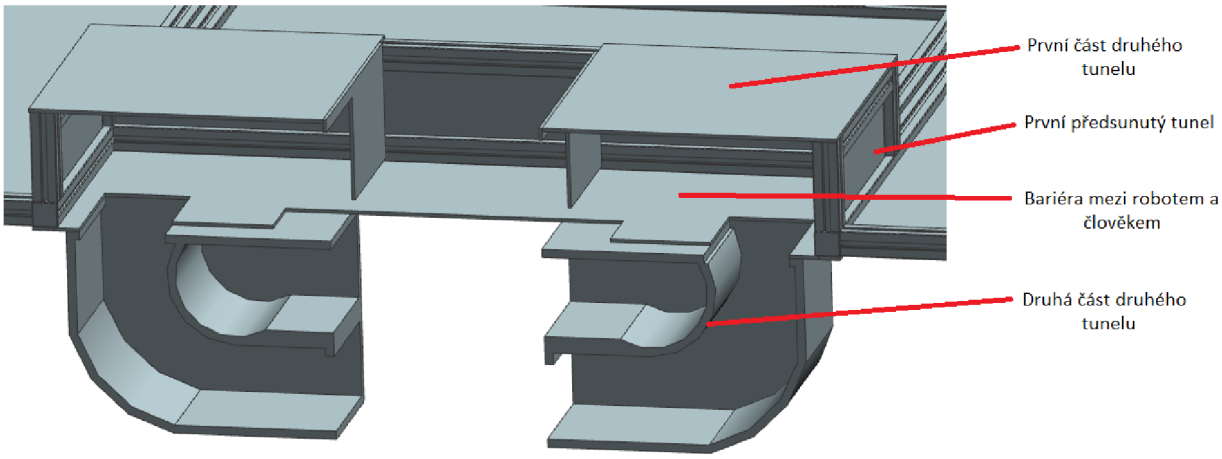
Další část, kterou je nutné zabezpečit je *dopravníkový pás*. Zde je potřebné, aby uživatel měl možnost odebrat drink. V momentě, kdy chce osoba odebrat drink, se dostává do nebezpečné zóny, tento jev je nežádoucí.

Proto bylo navrženo zabezpečení, které zabrání osobám, aby mohly dojít ke kontaktu s nebezpečnou zónou. Toto zabezpečení je tvořeno hliníkovými profily a deskami z čirého plastu. První část tvoří zúžení ve tvaru tunelu. Tento tunel zařídí, že pokud chce osoba dosáhnout do nebezpečného prostoru, je jí to jistým způsobem ztíženo.

Další částí zabezpečení je vytvoření bariéry mezi robotem a osobou snažící se dostat do nebezpečného prostoru. U této bariéry je nutné zařídit, aby mohly jezdit skleničky na dopravníkovém pásu, musí pro ně být vytvořeny otvory. Vzhledem k velikosti daných

otvorů vznikne mezera, velikost této díry je natolik velká, že skrze ni lze snadno prostrčit ruku a tím se dostat do nebezpečného prostoru.

Z tohoto důvodu je potřebné vytvořit další tunel, který bude kopírovat cestu skleniček a výrazně zamezí přístupu do daného prostoru. Tunel se bude skládat v první části z čirého plastu, který vytvoří první část tunelu. Druhá část by mohla být například vytisknuta na 3D tiskárně. Tento model byl vytvořen tak, aby ideálně kopíroval cestu skleniček a dopravníku. Vniklá vzdálenost od vstupu, kde může osoba strčit ruku, až do místa, kde se dostane do nebezpečného prostoru, neodpovídá vzdálenosti definované



Obr. 18: Zabezpečení v okolí dopravníku

normou ČSN EN ISO 13857 v tabulce 5. Avšak ruce by zde bylo nutné strčit pod velice nepříznivými úhly a vzhledem k průměrné velikosti paže dospělého člověka není fyzicky možné bez zlomení některé kosti se dostat až do nebezpečného prostoru. K danému pracovišti mají ale přístup i malé děti, které by díky jejich menším rozměrům paže mohly tento úhel překlenou. Vzdálenosti by však měly být dostatečně velké na to, aby se až do nebezpečného prostoru nedostaly. Norma počítá s tunelem přímým a od toho se odvíjí daná vzdálenost, vytvořený model se skládá z části pod úhlem, z toho důvodu je možné, že by daná vzdálenost mohla být dostačující. Tento tunel bohužel není možné namontovat, protože v místě, kde by se nacházel daný tunel, by došlo ke kolizi tunelu a robota pokládající skleničku na dopravníkový pás. Pokud by byl tunel namontován, muselo by dojít ke změně toho, jak robot pokládá danou skleničku na dopravníkový pás. Výhoda tohoto tunelu je taková, že pokud by tyto rozměry byly schváleny, nebylo by nutné zastavovat dopravníkový pás kvůli možnému kontaktu s robotem.

Dopravník i přesto, že by se zde nacházel daný tunel, má mnoho míst, která jsou nutná zabezpečit, aby nedošlo ke zranění. Řešením by mohla být optická závora. Tato závora by měla zastavovat dopravník skleniček, aby nedošlo ke zranění při odebírání sklenice. Bohužel robot vzhledem k jeho stáří a technickému stavu není schopen zastavit na pokyn dané závory tak, aby se to dalo považovat za bezpečné. Problém je

i v tom, jak robot pokládá skleničku. K položení dojte tak, že v momentě, kdy dostane synchronizační impuls, se rozjede definovanou rychlostí, aby jel stejně jako dopravník a pomalu sjíždí dolů, až se dostane do dané výšky, tak se v ní pohybuje určitou dobu potřebnou pro otevření čelistí, potom stejným způsobem jako sjel dolů, vyjede nahoru. V momentě cesty z jednoho do druhého bodu robot nereaguje na žádné příkazy. To by mělo za následek, kdyby se dopravníkový pás zastavil při pokládání skleničky, že by robot položil sklenici mimo požadované místo na zastaveném dopravníku. To by zařídilo pád sklenice a její možné rozbití. Jedinou možností by mohlo být například zastavení robota nouzovým zastavením. Robot po použití nouzového zastavení ztratí vědomí o své poloze, takže by nemohl následně pokračovat dál z místa, kde se zastavil. To je pravděpodobně problém s vybitými baterkami, které by měly zařídit, aby robot tuto informaci neztratil.

Existuje několik možných řešení, aby byl tento problém s bezpečností a požadovaným poležením sklenice vyřešen. Například by mohlo dojít k výměně robota za takového, do kterého by již bylo možné napojit signál z optických závor, kdy po přerušení by docházelo k zastavení jak dopravníku, tak i robota. Druhou možností je vyměnit daný dopravník za takový, který se používá při přesunu lahvových sklenic. Robot by pokládal sklenici na jedno místo, odkud by došlo k přesunu mezi ostatní sklenice, tento dopravníkový pás by měl dosahovat dostatečné bezpečnosti, že by nebylo potřeba použít optických závor. Avšak cena daného dopravníku by byly docela dost vysoká. Třetí možností by mohlo být udělat tunel, který by měl svah pod určitým úhlem, do kterého robot vloží skleničku, která by například na válečcích odjela až k výdejnímu místu. Tento tunel by musel být dostatečně dlouhý na to, aby splňoval vzdálenosti definované normou ČSN EN ISO 13857. Stejným způsobem by musel být udělaný tunel pro odběr sklenice. A čtvrtou možností je kompletně předělat proces pokládání sklenice robotem a to tak, že by robot pokládal na jedno definované místo, které by se nacházelo v prostoru mezi vymodelovaným tunelem. Tedy by došlo k zastavení dopravníku při pokládáním sklenice, pokud by došlo k přerušení optických závor, tak se nic neděje, protože dopravníkový pás se nehýbe, tudíž nemůže dojít ke zranění při odebírání sklenice. Po dokončení pokládání sklenice, a pakliže není přerušena optická závora, by mohlo dojít k rozpohybování dopravníkového pásu.

Po vytvoření daných opatření je potřebné zhotovit další analýzu rizik, aby bylo zjištěno, jestli vytvořená bezpečnostní opatření jsou dostatečná či nikoliv.

6. POTŘEBNÉ KOMPONENTY

V této kapitole jsou popsány použité komponenty a jejich využití.

6.1 Bezpečnostní PLC

Pro aplikace vyžadující bezpečnostní funkce je nutné použít bezpečnostní PLC. Pro bezpečnostní systémy nebo dílčí části systému platí i některá omezení ohledně tvorby programu, kdy jsou povoleny jen jednodušší funkce, tedy takové funkce, které nejsou rizikové na chybu při tvorbě programu. Omezení se týká zejména nepřímého a indexového adresování, cyklů a programové smyčky. Pro bezpečnostní funkce jsou výrobci dodávány bezpečnostní softwarové programové pakety a nadstavby. Pro odlišení a zvýraznění bezpečnostních funkcí komponent jsou označeny žlutou barvou. Pro komunikaci a propojení více modulů systému s bezpečnostními funkcemi je možno použít síťové propojení, které však musí mít odpovídající bezpečnostní certifikaci. Při návrhu bezpečnostního systému a řešení bezpečnostních funkcí se rozlišuje, má-li se jednat o ochranu zdraví osob, vlastní kontrolu systému samotného a zajištění kontinuity činnosti. Bezpečnostní PLC má implementováno dva procesory, které mají stejný řídicí program, mezi sebou komunikují a vyměňují si informace o stavu kontrolovaných vstupů a výstupů, které jsou párové a musí být shodné. Pokud některé CPU (central processing unit – centrální procesorová jednotka) zjistí odchylku stavu na druhém CPU, trvající déle, než je přípustná doba, obě CPU přejdou do STOP stavu. Vstupní signály bývají buď zdvojeny přímo na snímačích, nebo jsou rozdvojeny vhodným způsobem. Výstupní signály jsou řešeny tak, že první procesor spíná kladné napětí na výstup a druhý procesor pak spíná výstup v nulovém potenciálu. Cívka akčního prvku je potom zapojena mezi tyto dva výstupní body a tyto mohou být ještě zpětně kontrolovány vstupy. Systém dovoluje na jedno CPU realizovat i řízení, které není párové na druhém CPU, tedy nemá bezpečnostní kontrolu. [30]

Jako bezpečnostní PLC bylo vybráno zařízení SIMATIC S7-1200F. Díky tomuto zařízení je možné dosáhnout bezpečnosti PLe (performance level – úroveň vlastností) popřípadě SIL 3 (safety integrity level – úroveň integrity bezpečnosti). Avšak samostatné PLC je pro danou bezpečnost málo, je nutné k němu dokoupit ještě FC moduly pro vstupní signály. Přímo na CPU totiž žádné SAFETY I/O nejsou, což může být pro spoustu uživatelů překvapením. [31]

Tato komponenta podle specifikací, které je možné dohledat na stránkách výrobce, má MTBF (Mean time betweenn failures – střední doba mezi poruchami) stanovenou na 26 let. [33]

Obr. 19: Bezpečnostní PLC SIEMENS S7-1200 [32]

6.2 Rozšiřovací modul bezpečnostních vstupů

Vzhledem k tomu, že samotné PLC neobsahuje bezpečnostní vstupy, je nutné dokoupit i vhodnou komponentu, která rozšíří dané PLC o tyto vstupy. Jedná se modul SIMATIC S7-1200 s šestnácti digitálními vstupy, označení tohoto modulu je 6ES7 226-6BA32-0XB0. Při použití šestnácti vstupů jsou dané vstupy nakonfigurovány jako šestnáct 1oo1 (one-out-of-one – jeden z jednoho) vstupů, tyto vstupy mohou dosahovat maximálně SIL2 nebo PL=d a kategorie dva. Pokud je potřeba větší bezpečnosti, je možnost zvolit konfiguraci osmi vstupů 1oo2 (one-out-of-two – jeden ze dvou), zde se dosahuje bezpečnosti SIL3 nebo PL=e a kategorie tři až čtyři. Existuje i možnost kombinací 1oo1 a 1oo2. Vstupy *a* monitoruje jeden mikroprocesor a vstupy *b* druhý. Pokud je nastavena konfigurace 1oo2, daná hodnota obou vstupů se ukáže pouze na tom prvním, je tedy vytvořený jeden signál ze dvou. Při 1oo2 musí být stejná hodnota na obou vstupech, je zde nastavená doba, do kdy se musí dané signály shodovat. Pokud se tomu tak nestane je detekována chyba neshodnosti dvou signálů. Je možné zapnout testování proti zkratu, když je využito napájení senzorů z tohoto zařízení, toto testování probíhá tak, že jsou vysílány napěťové pulzy a je sledováno, jestli se sledovaný vstup chová tak, jak mu jsou vysílány pulzy. K testu dochází na obou kanálech, pulzy jsou vysílány v různých časech jak v jednom, tak v druhém napájecím výstupu. Zkrat mezi kanály není možný zjistit v moment, kdy by se zařízení připojilo pouze do vstupů *a*, proto je nutné pro dvoukanálový vstup použít jak *a*, tak i *b* vstupy párově proti sobě. [34]

Dané zařízení se bude starat o bezpečnost toho, aby nedošlo ke kontaktu robota s osobou. Je vhodné snažit se dostat do bezpečnostní třídy PL=e. Aby bylo možné dostat se do této třídy, musí dojít k tomu, že každý bezpečnostní prvek bude připojen na 2 vstupní kanály. Prvků, které mají být připojeny k bezpečnostnímu PLC, je devět. Jedná se o dvě stop tlačítka, optickou závoru, tři bezpečnostní zámky, dva stykače a jedno bezpečnostní relé. Vzhledem k tomu, že daný modul má šestnáct vstupů a každý prvek obvykle potřebuje dva vstupy je možné na tento modul připojit maximálně osm zařízení. [35] Vzhledem ke zvolenému množství prvků, pokud by byl požadavek připojit každý samostatně, potom by bylo potřeba dvou modulů. Aby nebylo nutné kupovat dva rozšiřovací moduly, musí dojít k tomu, že některé prvky se propojí. Podle toho, co nám říká norma ČSN EN ISO 13849-1 v závislosti na tom, jaké úrovně PL dosahují dané prvky, je možné propojit maximálně tři nebo dva prvky za sebe, aby nedošlo k degradaci na nižší PL. [20] Díky tomu je možné použít jenom jeden modul. Bylo zvoleno, že budou propojeny maximálně dva prvky za sebe. Bohužel toto propojení má za následek to, že je možné dosáhnout pouze kategorie číslo tři.

Modul bezpečnostních vstupů, jak je možné zjistit ze stránek firmy Siemens, má stanovenou hodnotu MTBF na 60 let. [33]

Obr. 20: Rozšiřovací modul bezpečnostních vstupů pro bezpečnostní PLC [35]

6.3 Rozšiřovací modul bezpečnostních výstupů

Použité bezpečnostní PLC nemá ani žádné bezpečnostní výstupy. Z toho důvodu je potřeba dokoupit modul s bezpečnostními výstupy. Jedná se modul SIMATIC S7-1200, který má čtyři výstupy, označení tohoto modulu je 6ES7226-6DA32-0XB0. Dané výstupy mohou dodat 24 VDC a 2 A. Každý výstupní kanál dosahuje bezpečnosti SIL3 nebo PL=e. Každý výstup se skládá ze dvou spínačů, první je spínač P, který připojuje 24 V a druhý je spínač M, který připojuje nulu. Je potřeba, aby oba spínače byly sepnuty. Modul obsahuje dva mikropočítače, z nichž jeden ovládá spínač P a druhý

ovládá spínač M. Je zde implementována zpětná vazba z výstupu spínače P do druhého mikropočítače, který kontroluje spínač M, stejným způsobem existuje zpětná vazba z M do P. Tato zpětná vazba zjišťuje, jestli spínače fungují správně a v přikázaném stavu. Je nutné nastavit maximální dobu zpětného čtení, tato hodnota určuje povolené zpoždění pro reakci spínače na výstupní napětí. Modul testuje každý spínač ze stavu OFF do ON a každý spínač ze stavu ON do OFF, aby ověřil, že každý spínač je stále funkční a pod nezávislou kontrolou. Nastavená hodnota maximální doby zpětného čtení také nastavuje dobu trvání testovacího impulzu OFF. Dále je nutné nastavit dobu zpětného čtení pro pulz ON. Tyto časy by měly být nastaveny dost krátké na to, aby to neovlivňovalo zařízení připojené na toto výstupní napětí. [34]

Na dané výstupy je potřeba připojit ovládání nouzového zastavení pro robota a dva stykače, které odpojí silovou část vedoucí do buněk na stole. Případně zastaví dopravník.

Ze stránek firmy Siemens je možné zjistit, že modul bezpečnostních výstupů má stanovenou hodnotu MTBF na 42 let. [33]

Obr. 21: Rozšiřovací modul bezpečnostních výstupů pro bezpečnostní PLC [36]

6.4 Elektronický zámek dveří

Jako blokace dveří byl vybrán elektronický zámek od firmy Pilz, jež nese označení PILZ 570001 PSEN me1S / 1AR. Daný zámek je bez napětí zamknut. Disponuje dvěma kontakty pro snímání odemknutí zámku, z nichž jeden je typ NO a druhý NC. Dále jsou zde dva kontakty pro snímání vyjmutí nebo vložení zamykacího mechanizmu, které jsou opět NO a NC. Posledními kontakty jsou kontakty pro cívku, na kterou když je přivedeno napětí, je daný zámek odemknut. [37]

Bude ovládán za pomoci PLC, kdy obsluha si vyžádá přístup do nebezpečného prostoru, následně se čeká na dokončení všech operací. Až doběhnou všechny operace, je odemknut elektronický zámek a obsluha může dané dveře otevřít. Po vykonání všech

potřebných úkonů obsluha zavře dveře a potvrdí dokončení potřebných úkonů, následně dojde k zamknutí dveří a obnovení provozu celého pracoviště.

Vzhledem k použití daného pracoviště pouze na akcích VUT se nepředpokládá tak velké vytížení. Vhodnější variantou při práci s bezpečností je nadhodnotit riziko než ho podhodnotit, z toho důvodu byl provoz pracoviště stanoven na osm hodin denně a pět pracovních dnů týdně, nejvíce pracovních možných dnů za jeden rok je 252 dnů. Předpokládaný požadavek na otevření dveří je stanoven na šest přístupů za hodinu, tedy jednou za deset minut. Na základě těchto stanovených informací bude docházet k 12096 otevřením ročně, tuto hodnotu doplníme za n_{op}, hodnota B_{10d} je stanovena datasheetem. Z rovnice 6.1 lze následně vypočítat $MTTF_d$.

$$MTTF_d = \frac{B_{10d}}{0{,}1 * n_{op}} = \frac{1*10^6}{0{,}1 * 12096} = 826 \qquad (6.1)$$

Hodnota $MTTF_d$ byla vypočtena na 826 let.

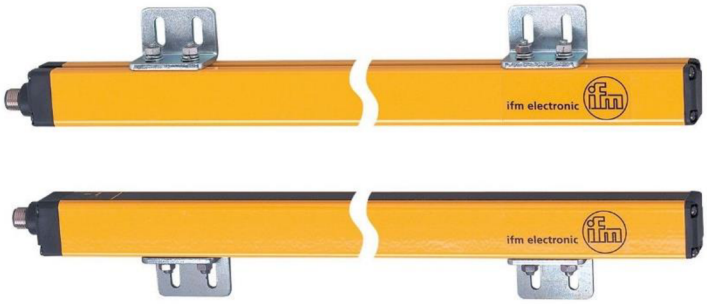
Obr. 22: Bezpečnostní zámek PILZ PSEN me1S/1AR [37]

6.5 Optická závora

Pro zastavení dopravníku byla zvolena optická závora OY002S od firmy ifm. Tato závora má výšku ochranného pásma 310 mm a objekt, který dokáže rozlišit, musí mít velikost 14 mm a větší. Do vysílače je nutné připojit kabel s požadovanou koncovkou, na níž budou přivedena příslušná napětí, vysílač disponuje pěti piny. Vzdálenost mezi závorami není větší než 3 m, proto podle obrázku číslo dvacet čtyři je nutné připojit na pin *Rozsah 0* 24 V a na pin *Dosah 1* 0 V. Dle dokumentace odpovídá pinu *Rozsah 0* pin

číslo 2 a pinu *Dosah 1* číslo 4. Poslední jsou pin 1, kde se připojí L+, pin 3 kam se připojí L- a pin funkčního uzemnění. Dále je nutné připojit přijímač, jehož výčet pinů je možné vidět na obrázku číslo dvacet pět. Nachází se zde dva výstupy, první je OSSD1 a druhý OSSD2, tyto výstupy indikují, jestli byl narušen chráněný prostor. Následně je nutné zvolit režim používání, v našem případě je dostačující automatický režim, proto budou dané piny připojeny tak, jak je ukázáno v daném zapojení. [38]

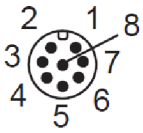
Tato závora se bude starat, aby byl zastaven dopravníkový pás i robot, když dojde k přerušení optické závory. Díky tomu dojde k eliminaci možného nebezpečí poranění při pokusu odebrat sklenici. Vzhledem k tomu, že by docházelo k již zmíněnému problému v kapitole 5.4, by po instalaci závor nemohlo dojít k jejich implementaci do programu a neplnily by vůbec žádnou funkci.



Obr. 23: Bezpečnostní světelný závěs od firmy IFM [38]

Rozsah 0	Dosah 1	**Popis**
24 V	0 V	Výběr dosahu - nízký (0…3 m)
0 V	24 V	Výběr dosahu - vysoký (1…6 m)
0 V	0 V	Vysílač v testovací funkci (→ 8.4 Testovací funkce)
24 V	24 V	Žádná funkce, chyba konfigurace

Obr. 24: Tabulka pro volbu vzdálenosti [38]

Uspořádání Pin	Pin	Name	Typ	Popis
	1	OSSD1	Výstup	Statický bezpečnostní výstup 1
	2	24 V DC	–	Provozní napětí 24 V DC
	3	OSSD2	Výstup	Statický bezpečnostní výstup 2
	4	K1_K2 /restart	Vstup	Externí zpětnovazební kontakt
	5	SEL_A	Vstup	Provozní mód Bezpečnostní světelné závěsy
	6	SEL_B	Vstup	
	7	0 V DC	–	Provozní napětí 0 V DC
	8	FE	–	Funkční uzemnění

Obr. 25: Tabulka pinů přijímače [38]

Závory mají stanovenou hodnotu PFH_D na $1{,}3*10^{-8}$, tato hodnota odpovídá přibližně hodnotě $MTTF_d$ rovné 87 let. [38]

6.6 Stykač a pomocné kontakty

Pro odpojení silových kontaktů je potřeba použít stykač. Byl zvolen stykač na 24 V, konkrétně typ Eaton DILEM-10-G. Tento stykač má jeden pomocný a tři spínací kontakty. Samotný stykač nemá NC kontakty a z tohoto důvodu bylo nutné k němu dokoupit rozšíření. Jedná se o Eaton 22DILE, díky kterému budou k dispozici dva NC a dva NO kontakty. Tyto kontakty budou sloužit pro zjištění, jestli došlo k odpojení silové části. [39][40]

Obr. 27: Stykač Eaton DILEM-10-G [39]

Obr. 26: Pomocné kontakty Eaton 22DILE [40]

Jak již bylo řečeno v kapitole číslo 6.4, byl provoz pracoviště stanoven na osm hodin denně, a pět pracovních dnů týdně, nejvíce pracovních možných dnů za jeden rok je 252 dnů. Předpokládaný požadavek na vypnutí stykačů je stanoven na šest přístupů za hodinu, tedy jednou za deset minut. Na základě těchto stanovených informací bude docházet k 12096 vypnutím stykačů ročně, tuto hodnotu doplníme za n_{op}, hodnota B_{10d} je stanovena datasheetem. Z rovnice 6.2 lze následně vypočítat $MTTF_d$.

$$MTTF_d = \frac{B_{10d}}{0{,}1 * n_{op}} = \frac{20*10^6}{0{,}1 * 12096} = 1653 \qquad (6.2)$$

Vzhledem ke stejné hodnotě B_{10d} je pro obě komponenty byla vypočtena hodnota $MTTF_d$ na 1653 let.

6.7 Bezpečnostní relé pro zastavení robota

Pro zastavení robota bylo zvoleno bezpečnostní relé FINDER 7S.12.9.024.5110. Toto relé rozpojí obvod, díky kterému se robot zastaví z důvodu, že bylo zmáčknuto nouzové zastavení. NC kontaktem bude snímáno, jestli došlo opravdu k rozepnutí relátka. Toto relátko má nejvyšší možný PL=d. Existuje varianta, která dosahuje požadovaného PL=e, například relé PNOZ s2 24VDC, ale cena tohoto relátka je pětkrát větší než cena zakoupeného, z toho důvodu bylo ustoupeno k PL=d. [41][42]

Obr. 28: Relé FINDER 7S.12.9.024.5110 [41]

Jak již bylo řečeno v kapitole číslo 6.4, byl provoz pracoviště stanoven na osm hodin denně a pět pracovních dnů týdně, nejvíce pracovních možných dnů za jeden rok je 252 dnů. Předpokládaný požadavek na vypnutí relátka je stanoven na šest přístupů za hodinu, tedy jednou za deset minut. Na základě těchto stanovených informací bude docházet k 12096 vypnutí relátka ročně, tuto hodnotu doplníme za n_{op}, hodnota B_{10d} je stanovena datasheetem. Z rovnice 6.3 lze následně vypočítat $MTTF_d$.

$$MTTF_d = \frac{B_{10d}}{0{,}1 * n_{op}} = \frac{1*10^5}{0{,}1 * 12096} = 82 \qquad (6.3)$$

Hodnota $MTTF_d$ byla vypočtena na 82 let.

6.8 Tlačítko nouzového zastavení

Jako tlačítko nouzového zastavení bylo zvoleno tlačítko Schneider XALK178F. Toto tlačítko disponuje dvěma NC kontakty, další výhodou je jeho krytí, které dosahuje IP66. Maximální počet zmáčknutí je stanoven na 300000, jedná se o hodnotu B_{10d} používanou pro výpočet $MTTF_d$. [43]

Obr. 29: Tlačítko nouzového zastavení XALK178F [43]

Jak již bylo řečeno v kapitole číslo 6.4, byl provoz pracoviště stanoven na osm hodin denně a pět pracovních dnů týdně, nejvíce pracovních možných dnů za jeden rok je 252 dnů. Tlačítko nouzového zatavení je nutné zkoušet před začátkem každé směny, předpokládané zmáčknutí tlačítka je jednou za směnu, tedy jednou za osm hodin. Na základě těchto stanovených informací bude docházet k 252 zmáčknutím nouzového tlačítka ročně, tuto hodnotu doplníme za n_{op}, hodnota B_{10d} je stanovena datasheetem. Z rovnice 6.3 lze následně vypočítat $MTTF_d$.

$$MTTF_d = \frac{B_{10d}}{0{,}1 * n_{op}} = \frac{3*10^5}{0{,}1 * 252} = 11904 \qquad (6.3)$$

Hodnota $MTTF_d$ byla vypočtena na 11904 let.

7. ELEKTRONICKÉ ZAPOJENÍ

V rámci práce bylo potřeba vytvořit elektrické schéma rozváděče, k němuž nebyla vytvořena tato elektrická dokumentace. Jedná se o dvě bedny rozváděče, které jsou na stránkách jedna až čtyři. Důvodem bylo to, že pro zajištění bezpečnosti je potřeba odpojovat některé vodiče v tomto rozváděči, aby se dané silové napětí nedostalo k buňkám a těm byla zamezena možnost pohybu. Tento pohyb by mohl zapříčinit zranění, pokud by byl v provozu například *shaker*. Dané schéma je možné vidět v příloze tohoto dokumentu. Další stránky pět až osm jsou kopií z předešlé diplomové práce, na kterou je navazováno. Poslední stránky devět a deset ukazují schéma zapojení přidaných komponent.

8. PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ PLC

Byl vytvořen program pro bezpečnostní PLC, který se stará o požadovanou bezpečnost. Následně byl vytvořen program, který žádá o možnost otevření dveří, který by následně mohl být využit pro zažádání otevření pro všechny buňky a program, který řeší dané otevření a spuštění všech buněk.

8.1 Programové vybavení bezpečnostního PLC

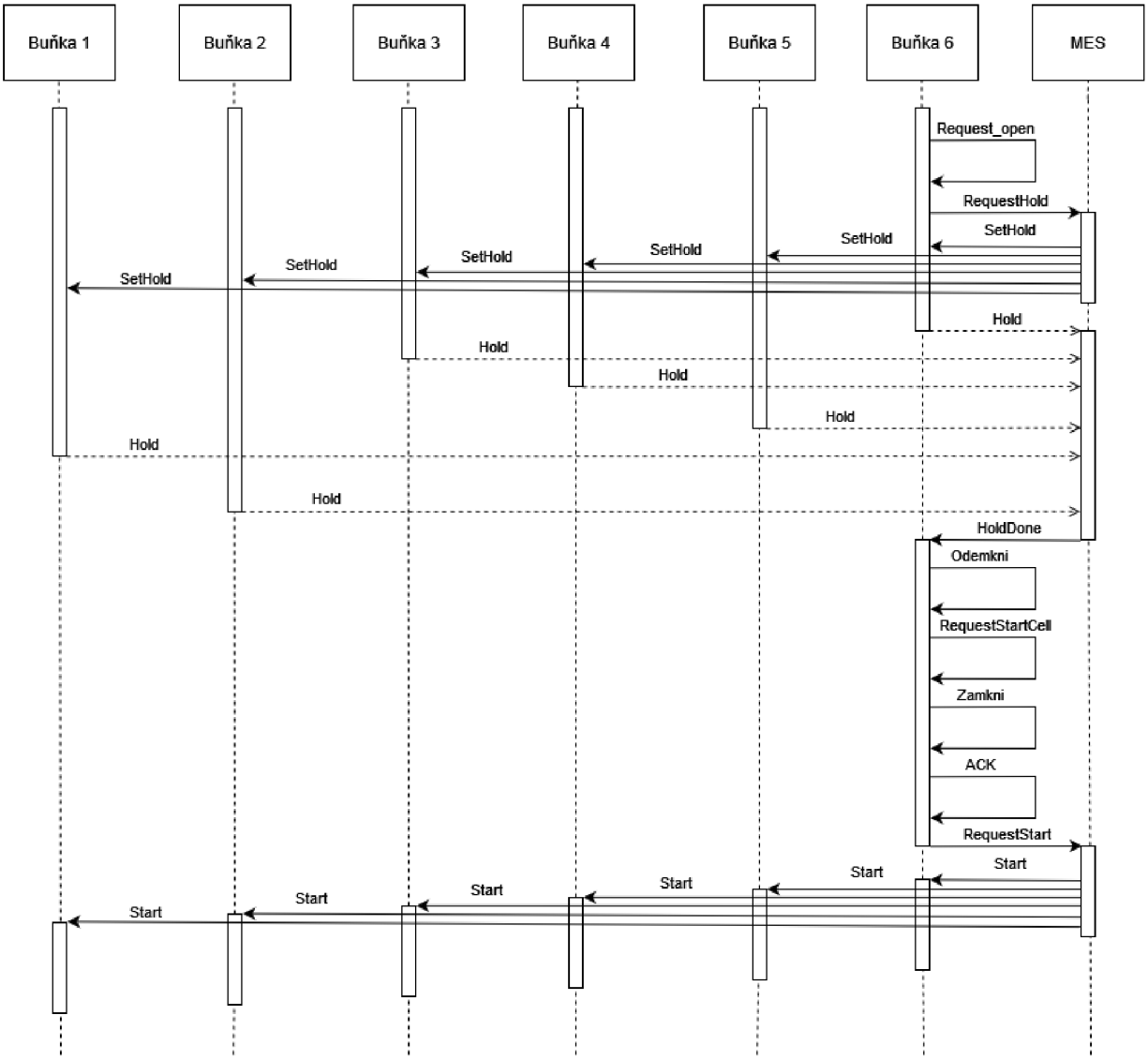
Programy pro bezpečnostní PLC jsou velice jednoduché, nachází se zde několik již předefinovaných bloků, které se starají o požadovanou bezpečnost. Prvním použitým blokem je blok *EV1oo2DI*, který hlídá to, že oba signály mají stejnou hodnotu, pokud tomu tak není, shodí svůj výstup do nuly. Na jeho vstupy jsou připojeny signály z tlačítka nouzového zastavení a výstup tohoto bloku je přiveden do bloku *ESTOP*. Jedná se o blok hlídající to, jestli došlo ke zmáčknutí tlačítka nouzového zastavení. Následující dva totožné bloky s různými signály jsou *SFDOOR*, které hlídají, jestli jsou zavřené dveře, pokud tomu tak není, je shozeno silové napětí a do robota je signalizováno stisknutí nouzového zastavení. Byl vznesen požadavek, aby nebylo při prvním spuštění stroje nutné otevřít a zavřít dveře, vzhledem k tomu že se jedná o malé pracoviště a zámky jsou bez napětí zamknuty, neměl by vzniknout žádný problém. Posledním využitým blokem je časovač, který zařídí, že musí dojít k uzamčení zámků dříve, než uběhne čas třicet sekund. Důvodem je to, aby nemohla vzniknout situace, kdy operátor odejde na jistý čas od odemknutého zařízení a například někdo jiný vlezl do nebezpečného prostoru. Vzhledem k prostoru pracoviště testbedu by to bylo celkem nepravděpodobné, avšak ne nereálné. Pokud uplynul čas, tak operátor je nucen otevřít dveře a v ten okamžik je donucen se podívat dovnitř pracoviště, čímž se zařídí, že by byla spatřena osoba v nebezpečné oblasti. Poslední částí bezpečnostního programu jsou výstupy ze všech zmíněných bloků, a pokud vše je tak, jak má a došlo k překlopení bitu do jedničky, který slouží pro potvrzení vzniklých událostí, jsou všechny výstupy překlopeny od jedničky a je spuštěno silové napětí a robot se následně může začít pohybovat. V případě tohoto programu je potvrzení řešeno bitem ACK.

8.2 Program pro odemknutí a zamknutí zámků

Byl vytvořen jednoduchý program, který se jmenuje TestbedOpen, jedná se o velice jednoduchou část programu, která zažádá o to, aby nadřazený systém MES nařídil všem buňkám postupné přepnutí do stavu *Hold*. Následně je zde implementována žádost pro spuštění buněk, která je následně vyhodnocena dalším programem. Již zmíněný program TestbedOpen by časem mohl být nakopírován do všech buněk a pokud by došlo k rozšíření bitů v datovém bloku CommBlock o jeden bit, poté by zde mohla vzniknout například proměnná RequestStartCell. Tato proměnná by značila, že některá

z buněk chce spustit svůj provoz i těch ostatních. Momentálně je možné zažádat o zastavení a spuštění pouze z jednoho HMI panelu.

Program pro odemknutí a zamknutí zámků, který lze najít pod názvem SafetyAddon má taktéž pouze pár řádků a řeší odemknutí nebo zamknutí zámků a následné zažádání o spuštění. Pokud nadřazený systém MES dostane od všech buněk, že jsou ve stavu *Hold*, tak nastaví bit *HoldDone*, který následně umožní odemknout zámky. V momentě, kdy je obdržen požadavek na spuštění chodu buněk dojde k zamknutí zámků. Avšak požadavek na spuštění všech buněk je vydán až tehdy, pokud je spuštěno silové napětí. Jak zařídit spuštění silového napětí je popsáno v kapitole číslo 8.1.



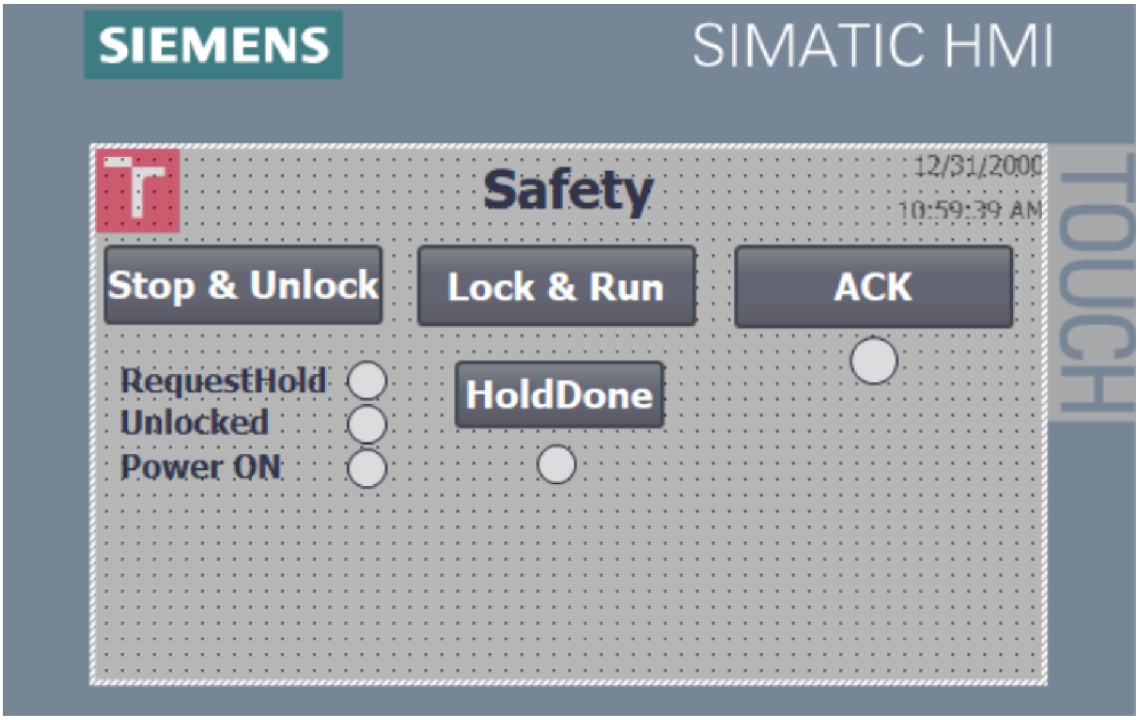
Obr. 30: Diagram pro požadavek na odemknutí dveří

Na obrázku číslo třicet je možné vidět diagram znázorňující způsob, jak dochází k odemknutí zámků. Nejdříve je stisknuto tlačítko, které způsobí, že v programu je následně nastaven bit *RequestHold* do stavu jedna. Nastavení tohoto bitu si přečte

nadřazený systém MES, který následně pro všechny buňky nastaví *SetHold*, který zajistí, aby se všechny buňky přeply do stavu *Hold*. Nejvhodnější variantou je, že by daná buňka dokončila práci, kterou právě dělá, pokud nějakou dělá a až potom co skončí, nastaví svůj stav do stavu *Hold*. V momentě, kdy všechny buňky nastaví svůj stav na *Hold*, tak MES nastaví bit *HoldDone*, který zařídí odemknutí zámků. Když operátor ukončí činnost, při které potřeboval odemknout, stiskne tlačítko pro zamknutí a spuštění činnosti, následně ihned dojde k zamknutí zámků. Čeká se až na to, kdy je spuštěno silové napětí, potom je nastaven bit *RequestStart*, který řekne systému MES, že může spustit provoz všech buněk. Silové napětí je spuštěno tak, že dojde k přechodu bitu ACK z hodnoty nula do jedna a musí být splněny všechny požadavky pro možné spuštění. Požadavky pro možné spuštění jsou nezmáčknutá žádná z tlačítek nouzového zastavení, zavřené všechny dveře a zamknuté zámky do třiceti sekund od zavření dveří. Pokud by byl rozšířen datový blok *CommBlock* například o proměnné *RequestStartCell* a *ACK*, tak by mohlo dojít k úplnému spuštění z každé buňky. Proměnná *RequestStartCell* by značila to, že některá z buněk žádá o znovuobnovení běhu, na tomto základě by došlo k uzamčení dveří a pokud by byly splněny všechny podmínky a došlo k přechodu bitu ACK ze stavu nula do jedna, byl nastaven bit *RequestStrat*. Tento bit by byl předán do nadřazeného systému MES, který by následně spustil chod všech buněk.

8.3 HMI panel pro bezpečnost

Pro možnost povelů odemknutí a zamknutí byla rozšířena vizualizace o další obrazovku, na tuto obrazovku je možné se dostat přes obrazovku *Main Setting* po stisknutí tlačítka *Safety*. Na této obrazovce je možné po stisknutí tlačítka *Stop & Unlock* vydat povel k zastavení buněk a odemknutí zámků. Stávalo s někdy, že HMI panel nezareagoval na stisknutí tlačítka, i přesto že vydal zvuk po stisknutí. Z toho důvodu je zde indikace stavu *RequestHold*, díky které je možné zjistit, jestli došlo k vznesení požadavku na zastavení buněk. Dále je zde indikace toho, že došlo k odemčení zámků a jestli je povoleno silové napětí. Další tlačítko zařídí zamknutí zámků, a pokud jsou splněny všechny podmínky pro zapnutí silového napětí a bylo následně stisknuto tlačítko ACK, dojde k odeslání povelu pro spuštění všech buněk. Nachází se zde i indikace toho, v jakém stavu je bit ACK. Důvodem je taktéž obtížnější ovládání HMI panelu a fakt, že pro potvrzení je nutné přejít ze stavu nula do jedna. Vzhledem k tomu, že momentálně není možné zařídit, aby systém MES nastavil bit *HoldDone*, nachází se na této obrazovce také tlačítko *HoldDone*, aby mohlo dojít k odemknutí zámků, nachází se zde i indikace tohoto stavu.



Obr. 31: HMI obrazovka Safety

9. ZÁVĚR

V první kapitole této diplomové práce jsou rozebrány normy, jaké organizace vydávají dané normy, rozdíl mezi normami ISO a IEC. Ke konci je vysvětleno, s jakými typy norem je možné přijít do styku, a které normy spadají do těchto kategorií.

Druhá kapitola rozebírá normu ČSN EN ISO 12100, je zde popsáno k čemu slouží a postup od identifikace, zhodnocení až po snížení rizika podle této normy.

V následující kapitole se píše o normě ČSN EN ISO 13849-1, jsou zde rozebrány aspekty definování PL, $MTTF_D$, DC, CCF až po kategorie určitých zapojení.

Ve čtvrté kapitole byly vytvořeny analýzy rizik pro dávkovač ledu, shaker, sklad skleniček, sodovač, sklad kapalin, sklad alkoholu a pro testbed samotný. Struktura analýzy vychází z normy ČSN EN ISO 12100. Důvodem vypracování analýzy rizik i přesto, že již jedna byla vypracována, je to, že ve vypracované analýze kolega udával někdy až téměř nevhodné návrhy řešení. Z toho důvodu byla zvolena varianta vypracovat vlastní analýzu rizik.

Tato kapitola je zaměřena na realizaci dané bezpečnosti na základě vypracované analýzy rizik. Byla vytvořena bezpečnostní opatření, která zlepší bezpečnost daného pracoviště. Daného barman bohužel není možné zabezpečit, protože některá opatření nemohou být momentálně použita. Jedná se v první řadě o tunel dopravníkového pásu, který nemůže být namontován, kvůli momentální trase pokládání sklenice na dopravníkový pás. Největší problém je ovšem robotický manipulátor, tento robot disponuje pouze jedním kanálem pro bezpečné zastavení robota. Z toho důvodu nejlepší PL, kterého lze dosáhnout je *c*, což je nevyhovující. Z toho důvodu je nutné vyměnit použitého robota za variantu, která bude splňovat potřebné požadavky.

V další kapitole následuje výčet použitých komponent pro zajištění potřebné bezpečnosti. Ke všem komponentám je zde jejich popis a následný výpočet $MTTF_d$. Bohužel nebylo možné použít všechny zmíněné komponenty, nebyly dodány komponenty bezpečnostní vstupů a výstupů.

Sedmá kapitola je věnována elektrickému schématu, které bylo nutné vytvořit. Bylo vytvořeno schéma již existujícího rozváděče, ke kterému dané schéma nebylo vytvořeno, následně překreslit schéma z práce na kterou tato diplomová práce navazuje a poté doplnit komponenty, které jsou využívány pro požadovanou bezpečnost.

V poslední kapitole je popsán program pro bezpečnost, dále velice jednoduchý program pro žádost o zastavení všech buněk a následného odemčení zámků, případně zamčení a znovuspuštění chodu buněk. Je zde diagram popisující komunikaci mezi buňkami a nadřazeným systémem MES pro následné odemčení zámků, případně zamčení. Je zde také popsaná nově vzniknutá obrazovka pro bezpečnost.

Literatura

[1] Často kladené otázky – Technická normalizace. *Často kladené otázky – Technická normalizace* [online]. [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: Často kladené otázky – Technická normalizace

[2] A Beginner's Guide to Product Safety Standards. *A Beginner's Guide to Product Safety Standards* [online]. Clever Compliance AB, c2016-2021 [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: https://blog.clevercompliance.io/product-compliance/product-safety-standards-en-iso-iec/

[3] Bezpečnost strojů - 1. díl – úvod, normy, posouzení rizika. *Bezpečnost strojů – 1. díl – úvod, normy, posouzení rizika* [online]. 2015 [cit. 2022-05-13]. Dostupné z: https://automatizace.hw.cz//bezpecnost-stroju/bezpecnost-stroju-1-dil-normy-rizika.html

[4] Základní bezpečnostní normy strojních zařízení. *Základní bezpečnostní normy strojních zařízení* [online]. ElektroPrůmysl.cz, 2018 [cit. 2022-05-14]. Dostupné z: https://www.elektroprumysl.cz/legislativa/zakladni-bezpecnostni-normy-strojnich-zarizeni

[5] Použití a rozdělení bezpečnostních norem pro strojní zařízení. *Použití a rozdělení bezpečnostních norem pro strojní zařízení* [online]. ElektroPrůmysl.cz, 2019 [cit. 2022-05-14]. Dostupné z: https://www.elektroprumysl.cz/legislativa/pouziti-a-rozdeleni-bezpecnostnich-norem-pro-strojni-zarizeni

[6] Bezpečnost a rizika strojních zařízení, část 1. *Bezpečnost a rizika strojních zařízení, část 1* [online]. MM Průmyslové spektrum, 2013 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: https://www.mmspektrum.com/clanek/bezpecnost-a-rizika-strojnich-zarizeni-cast-1

[7] ČSN EN ISO 12100. *Bezpečnost strojních zařízení – Všeobecné zásady pro konstrukci – Posouzení rizika a snižování rizika*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

[8] Bezpečnost a rizika strojních zařízení, část 2. *Bezpečnost a rizika strojních zařízení, část 2* [online]. MM Průmyslové spektrum, 2013 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: https://www.mmspektrum.com/clanek/bezpecnost-a-rizika-strojnich-zarizeni-cast-2

[9] Bezpečnost a rizika strojních zařízení, část 3. *Bezpečnost a rizika strojních zařízení, část 3* [online]. MM Průmyslové spektrum, 2013 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: https://www.mmspektrum.com/clanek/bezpecnost-a-rizika-strojnich-zarizeni-cast-3

[10] Bezpečnost strojů - 2. díl - PL vs. SIL. *Bezpečnost strojů - 2. díl - PL vs. SIL* [online]. 2015 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: https://automatizace.hw.cz/bezpecnost-stroju/bezpecnost-stroju-2-dil-pl-vs-sil.html

[11] *MSAB-Norma ČSN EN ISO 13849-1* [online]. Brno: Systemotronic, s. 17 [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/studenti/predmety/detail/200144?armsgt=TVsGc7ujfP

[12] ČSN EN ISO 13849-1. *Bezpečnost strojních zařízení – Bezpečnostní části ovládacích systémů – Část 1: Obecné zásady pro konstrukci*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.

[13] KROULÍK, Matěj. *Analýza rizik a návrh zabezpečení pro testbed Průmyslu 4.0* [online]. Brno, 2019 [cit. 2022-06-14]. Dostupné z: http://hdl.handle.net/11012/173739. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Petr Fiedler.

[14] ČSN EN ISO 10218-1. *Roboty a robotická zařízení – Požadavky na bezpečnost průmyslových robotů – Část 1: Roboty*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.

[15] Jaký je rozdíl mezi polykarbonátem a Plexisklem? *Jaký je rozdíl mezi polykarbonátem a Plexisklem?* [online]. 2018 [cit. 2022-11-20]. Dostupné z: https://www.buildex.cz/jaky-je-rozdil-mezi-polykarbonatem-a-plexisklem

[16] Makrolon® – chemická odolnost. *Makrolon® – chemická odolnost* [online]. Praha, 2004 [cit. 2022-04-16]. Dostupné z: http://www.zenit.cz/public/media/Plasty/Zenit_Technicky_List_Plasty_Polykarbonat_Chemicka_Odolnost_Makrolon_CZ.pdf

[17] Lepené sklo čiré 8,8mm - VSG 44.2(Connex). *Lepené sklo čiré 8,8mm - VSG 44.2(Connex)* [online]. c2022 [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: https://sklenarstvinonstop.cz/lepene-sklo-cire-8-8mm-vsg-44-2-connex.htm

[18] Kalené sklo vs. nekalené sklo – co je vlastně levnější? – několik praktických rad. *Kalené sklo vs. nekalené sklo – co je vlastně levnější? – několik praktických rad* [online]. [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: http://www.greytech.cz/blog/kalene-sklo-vs-nekalene-sklo-co-je-vlastne-levnejsi-nekolik-praktickych-rad/

[19] Kalené a lepené sklo Brno - Sklenářství Rosprim: Kalené sklo Brno. *Kalené a lepené sklo Brno - Sklenářství Rosprim: Kalené sklo Brno* [online]. [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: http://kalenesklo-brno.cz/

[20] Chemická odolnost materiálů pro 3D tisk. *Chemická odolnost materiálů pro 3D tisk* [online]. Prusa Polymers a.s, 2021 [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: https://prusament.com/cs/chemicka-odolnost-materialu-pro-3d-tisk/

[21] ČSN EN ISO 13850. *Bezpečnost strojních zařízení – Funkce nouzového zastavení – Zásady pro konstrukci*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.

[22] ČSN EN ISO 13857. Bezpečnost strojních zařízení – Bezpečné vzdálenosti k zamezení dosahu do nebezpečných zón horními a dolními končetinami. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2021.

[23] MAŘAS, Michael. *Autonomní buňka "Dávkovač ledových kostek" pro testbed Průmyslu 4.0* [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-06-30]. Dostupné z:

http://hdl.handle.net/11012/205648. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Tomáš Sýkora.

[24] KARNIŠ, Radim. *Návrh, konstrukce a programové vybavení autonomní buňky "Shaker" pro testbed Průmyslu 4.0* [online]. Brno, 2019 [cit. 2022-07-09]. Dostupné z: http://hdl.handle.net/11012/173716. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Jan Pásek.

[25] BYRTUSOVÁ, Lucie. *Výrobní buňka pro testbed Průmyslu 4.0* [online]. Brno, 2019 [cit. 2022-07-14]. Dostupné z: http://hdl.handle.net/11012/173748. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Ondřej Baštán.

[26] DVORSKÝ, Petr. *Návrh, konstrukce a programové vybavení autonomní buňky "Sodovač" pro testbed Průmyslu 4.0* [online]. Brno, 2019 [cit. 2022-07-18]. Dostupné z: http://hdl.handle.net/11012/173711. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Václav Kaczmarczyk.

[27] BOCH, Jan. *Autonomní sklad kapalin s chladicím systémem* [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: http://hdl.handle.net/11012/205651. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Michal Husák.

[28] REJCHLÍK, Lukáš. *Návrh, konstrukce a programové vybavení inteligentního skladu pro testbed Průmyslu 4.0* [online]. Brno, 2019 [cit. 2022-07-26]. Dostupné z: http://hdl.handle.net/11012/177669. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Václav Kaczmarczyk.

[29] SÝKORA, Tomáš. *Konstrukce a programové vybavení transportních entit pro testbed Průmysl 4.0* [online]. Brno, 2019 [cit. 2022-07-28]. Dostupné z: http://hdl.handle.net/11012/177721. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Václav Kaczmarczyk.

[30] PLC AUTOMATIZACE. *SESTAVA PLC* [online]. [cit. 2021-12-20]. Dostupné z: http://plc-automatizace.cz/knihovna/plc/plc-hw-sestava.htm

[31] BLAJA AUTOMATION PORTAL. *Bezpečnostní PLC Simatic S7 - instalace software S7 SAFETY do TIA Portal* [online]. 2016, 08. únor 2016 [cit. 2022-01-03]. Dostupné z: https://www.blaja.cz/plc-automaty/bezpecnostni-plc-simatic-s7-instalace-software-s7-safety-do-tia-portal.html

[32] TME Electronic Components. *6ES7214-1AF40-0XB0 SIEMENS* [online]. [cit. 2021-12-20]. Dostupné z: https://www.tme.eu/cz/details/6es7214-1af40-0xb0/ridici-cleny-plc/siemens/

[33] Mean Time Between Failures (MTBF) - list for SIMATIC products. *Mean Time Between Failures (MTBF) - list for SIMATIC products* [online]. c2009-2022 [cit. 2022-06-26]. Dostupné z: https://support.industry.siemens.com/cs/document/16818490/mean-time-between-failures-(mtbf)-list-for-simatic-products?dti=0&lc=en-WW

[34] *S7-1200 Functional Safety Manual* [online]. In: . 2015, s. 19-22 [cit. 2022-06-27]. Dostupné z: https://franklinempire.com/media/document/s/i/simatic_6es7_226_6ba32_0xb0_catalog.pdf

[35] SIEMENS. *6ES7226-6BA32-0XB0* [online]. c2021 [cit. 2021-12-21]. Dostupné z: https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7226-6BA32-0XB0

[36] 6ES7226-6DA32-0XB0. *6ES7226-6DA32-0XB0* [online]. [cit. 2022-04-11]. Dostupné z: https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7226-6DA32-0XB0

[37] CONRAD. *PILZ PSEN me1S / 1AR bezpečnostní spínač 24 V/DC 2.5 A mechanická aretace IP67 1 ks* [online]. c2021 [cit. 2021-12-22]. Dostupné z: https://www.conrad.cz/p/pilz-psen-me1s-1ar-bezpecnostni-spinac-24-vdc-25-a-mechanicka-aretace-ip67-1-ks-2182998

[38] Bezpečnostní světelný závěs OY002S. In: *Bezpečnostní světelný závěs OY002S* [online]. [cit. 2022-04-12]. Dostupné z: https://www.ifm.com/cz/cs/product/OY002S

[39] Eaton DILEM-10-G(24VDC) stykač 3 spínací kontakty 4 kW 24 V/DC 9 A 1 ks. In: *Eaton DILEM-10-G(24VDC) stykač 3 spínací kontakty 4 kW 24 V/DC 9 A 1 ks* [online]. [cit. 2022-04-14]. Dostupné z: https://www.conrad.cz/p/eaton-dilem-10-g24vdc-stykac-3-spinaci-kontakty-4-kw-24-vdc-9-a-1-ks-507236

[40] Eaton 22DILE blok pomocných spínačů 2 spínací kontakty, 2 rozpínací kontakty 4 A zásuvné 1 ks. In: *Eaton 22DILE blok pomocných spínačů 2 spínací kontakty, 2 rozpínací kontakty 4 A zásuvné 1 ks* [online]. [cit. 2022-04-14]. Dostupné z: https://www.conrad.cz/p/eaton-22dile-blok-pomocnych-spinacu-2-spinaci-kontakty-2-rozpinaci-kontakty-4-a-zasuvne-1-ks-507218

[41] 7S.12.9.024.5110 FINDER. In: *7S.12.9.024.5110 FINDER* [online]. [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: https://www.tme.eu/cz/details/7s.12.9.024.5110/bezpecnostni-vypinace-ridici-moduly/finder/

[42] Bezpečnostní relé PNOZsigma. *PILZ* [online]. [cit. 2022-06-29]. Dostupné z: https://www.pilz.com/cs-CZ/products/relay-modules/safety-relays-protection-relays/pnozsigma-safety-relays

[43] SCHNEIDER Ovladač XALK178F nouzový. *SCHNEIDER* [online]. [cit. 2022-06-29]. Dostupné z: https://www.elfetex.cz/10-070-048-schneider-ovladac-xalk178f-nouzovy

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA A - OBSAH PŘILOŽENÉHO CD **113**

PŘÍLOHA B - ELEKTRO SCHÉMA **114**

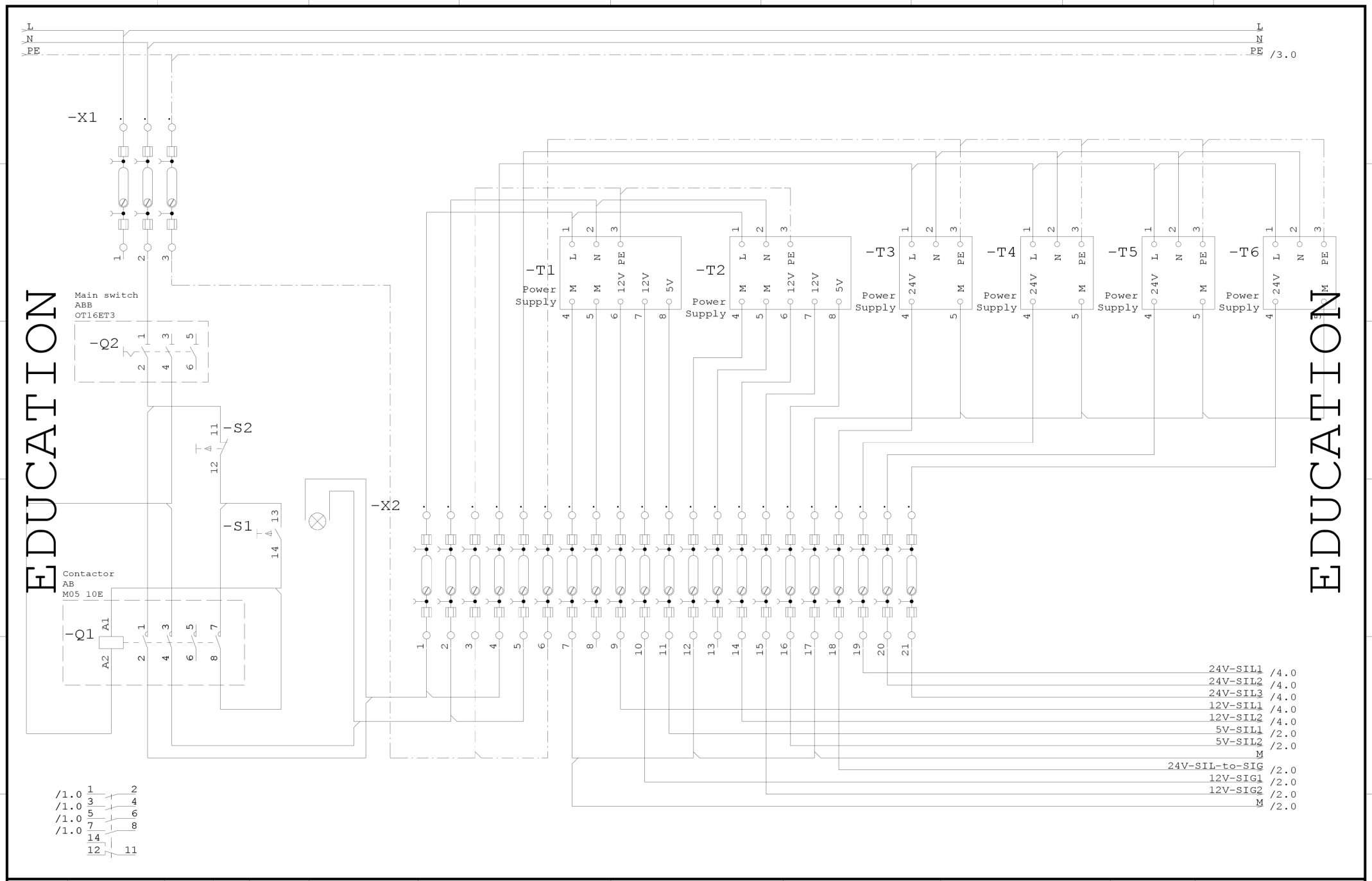
Příloha A - Obsah přiloženého CD

Přiložené CD obsahuje:

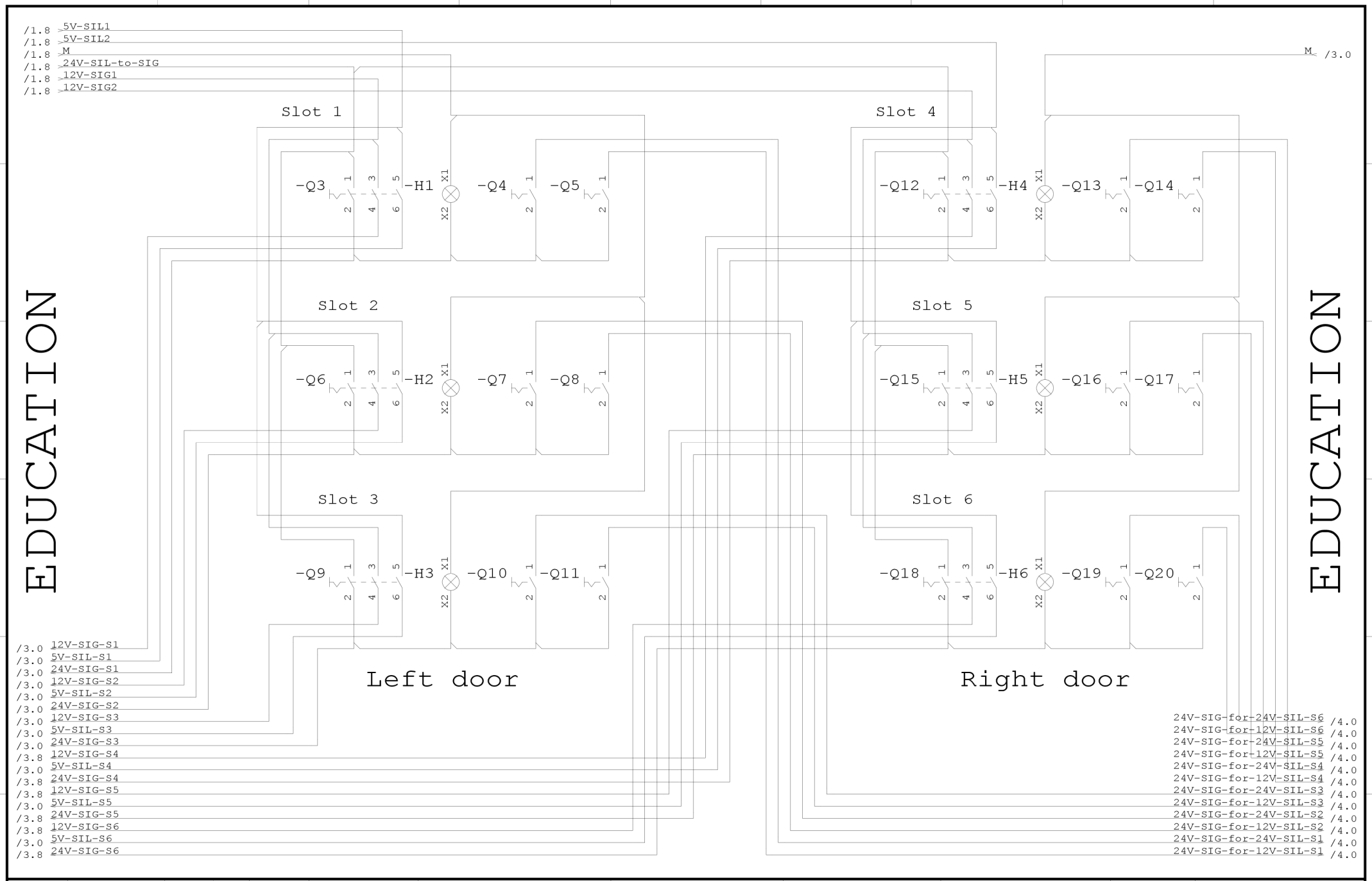
- Elektrickou podobu diplomová práce
    - Ve složce *Diplomová práce*
- Elektrické schéma
    - Ve složce *schema dopravnik*
- PDF reálného elektro schématu černobílé (nemožnost exportu do barevného)
    - Ve složce *Elektro PDF*
- Elektrické schéma s bezpečnostními komponentami
    - Ve složce *schema dopravnik safety*
- PDF elektro schématu s bezpečnostními komponentami černobílé (nemožnost exportu do barevného)
    - Ve složce *Elektro PDF safety*
- Vytvořený program
    - Ve složce *Program*
- Všechny vytvořené modely
    - Ve složce *Modely*

Příloha B - Elektro schéma

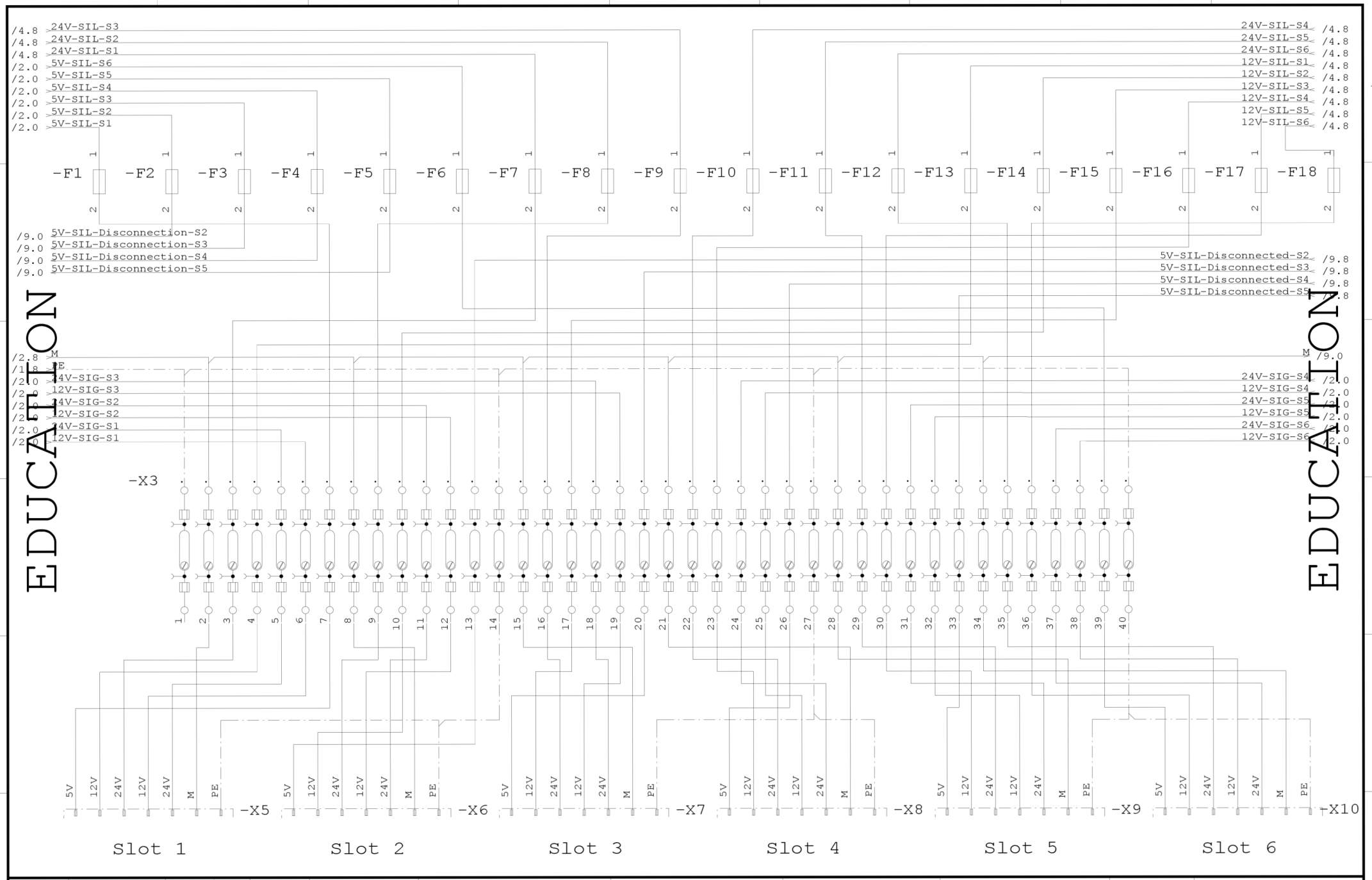
Dané elektro schéma je černobíle, protože při pokusu exportovat z programu WS CAD v barevné verzi program udělal vždy jenom černobíle. Z toho důvodu je vhodné použít otevřít schéma v programu WS CAD.



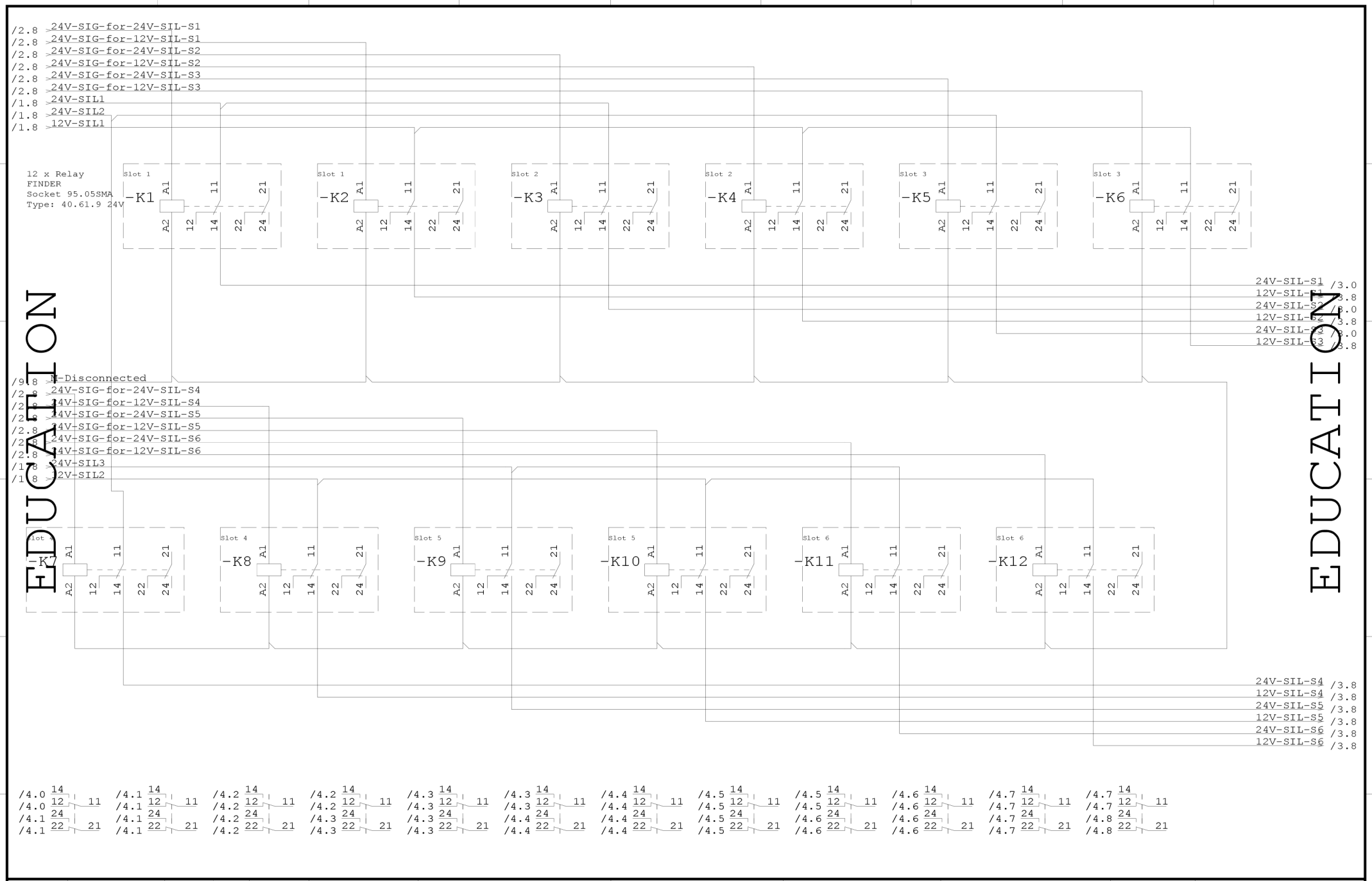
				Date	05.05.22			Project number	Unit	=
				Work					Field	+
				Check						
Status	Rev.	Date	Name	Norm	DIN 81346	Created for	Created by		Drawing number	sheet 1 of 10



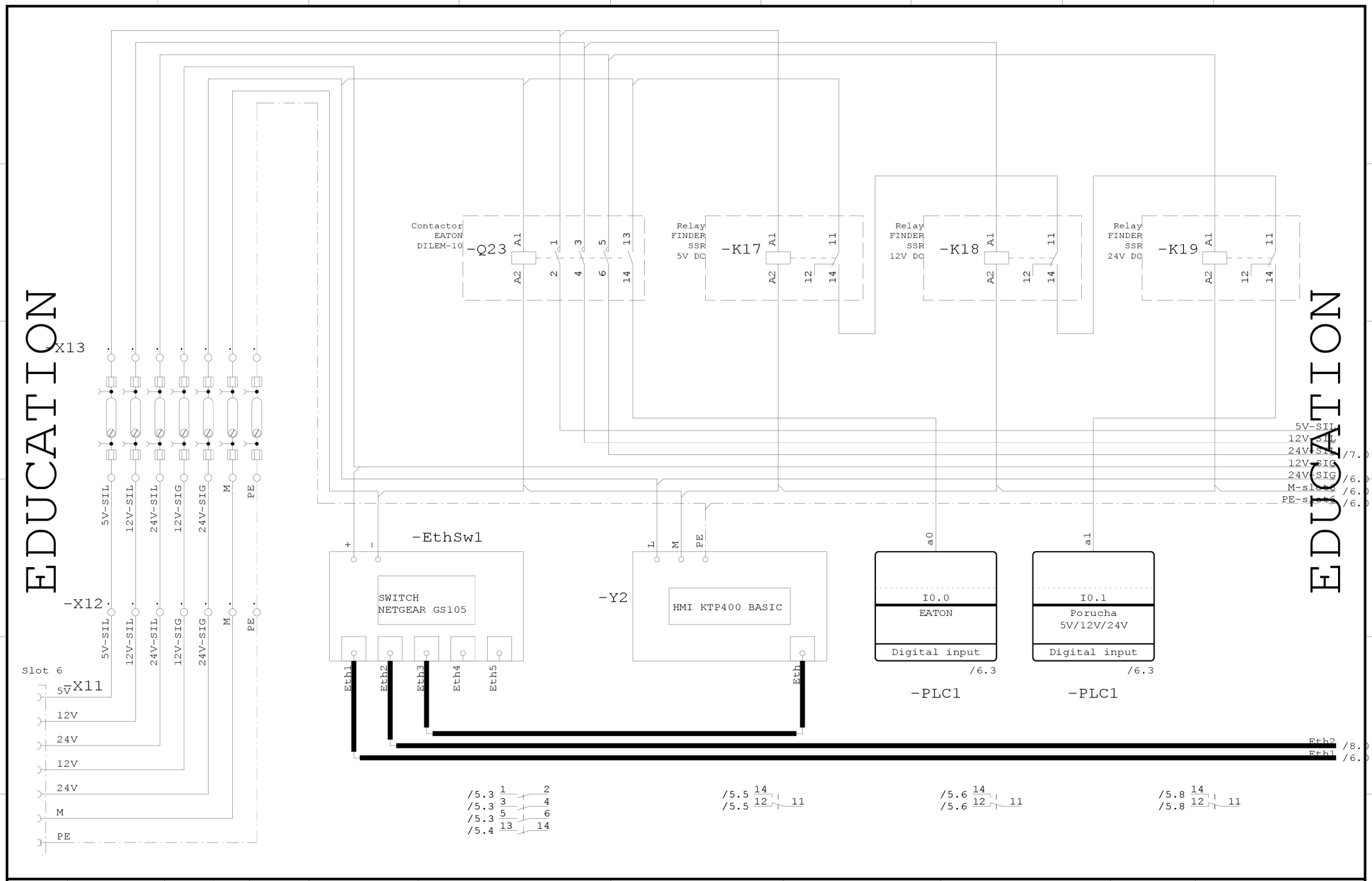
				Date	05.05.22		WS CAD ELECTRICAL ENGINEERING	Project number	Unit	=	
				Work					Field	+	
				Check					Drawing number		sheet 2
Status	Rev.	Date	Name	Norm	DIN 81346	Created for	Created by				of 10



				Date	05.05.22		WS CAD ELECTRICAL ENGINEERING	Project number	Unit	=
				Work					Field	+
				Check					Drawing number	sheet 3
Status	Rev.	Date	Name	Norm	DIN 81346	Created for	Created by			of 10

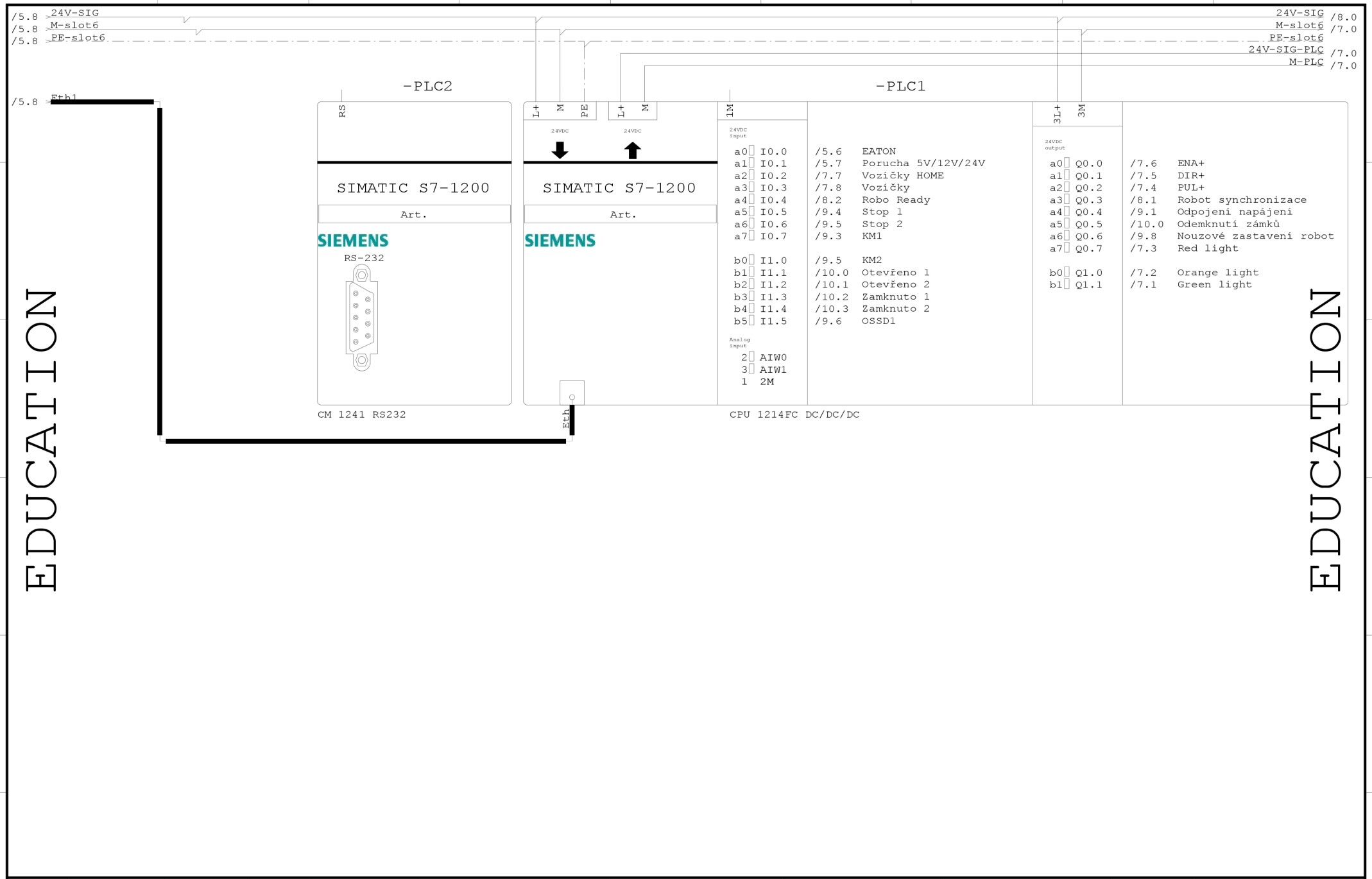


				Date	05.05.22		WS CAD ELECTRICAL ENGINEERING	Project number	Unit	=	
				Work					Field	+	
				Check					Drawing number		sheet 4
Status	Rev.	Date	Name	Norm	DIN 81346	Created for	Created by				of 10

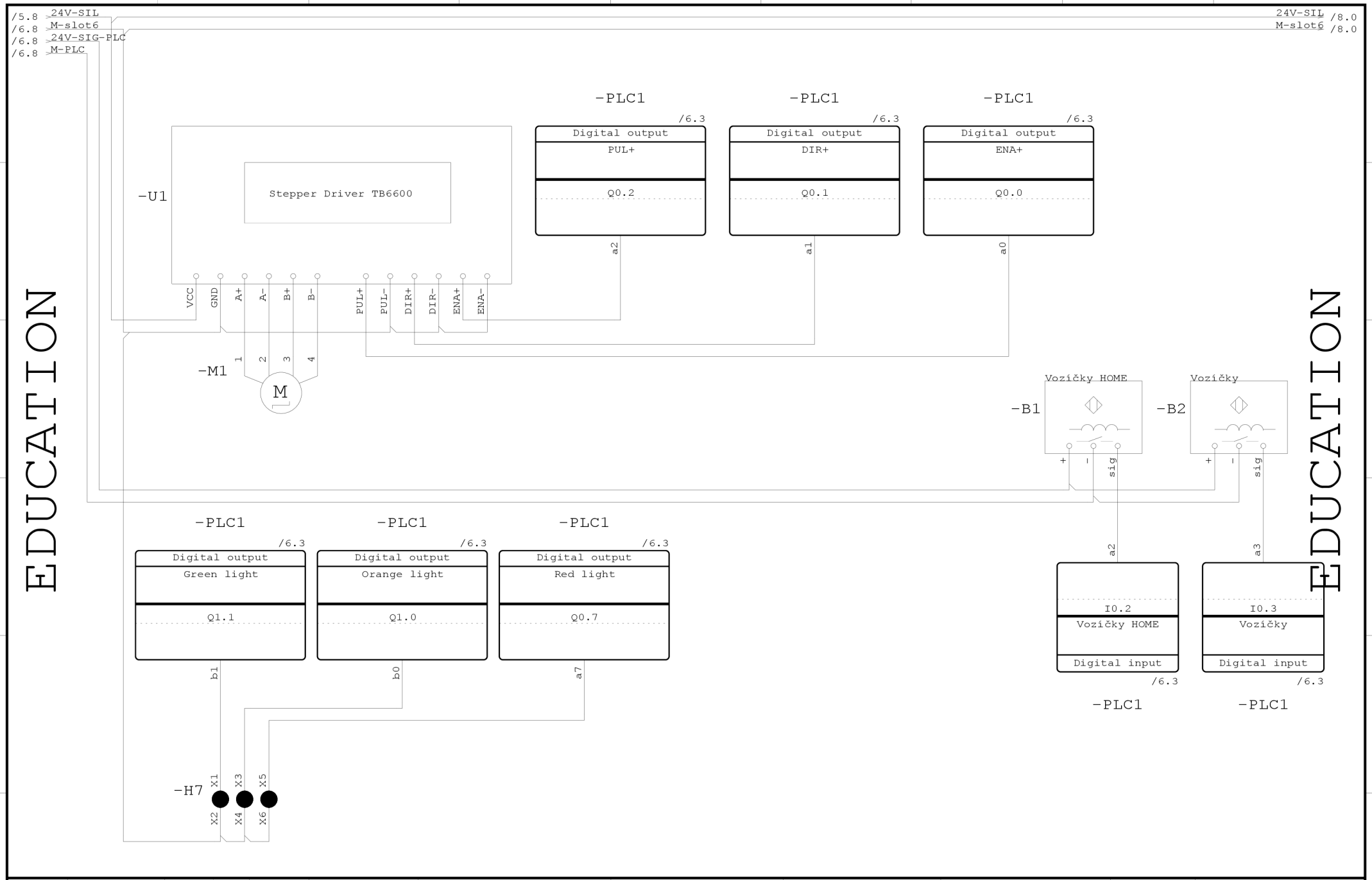


				Date	05.05.22			Project number	Unit	=	
				Work					Field	+	
				Check					Drawing number		sheet 5
Status	Rev.	Date	Name	Norm	DIN 81346	Created for	Created by				of 10

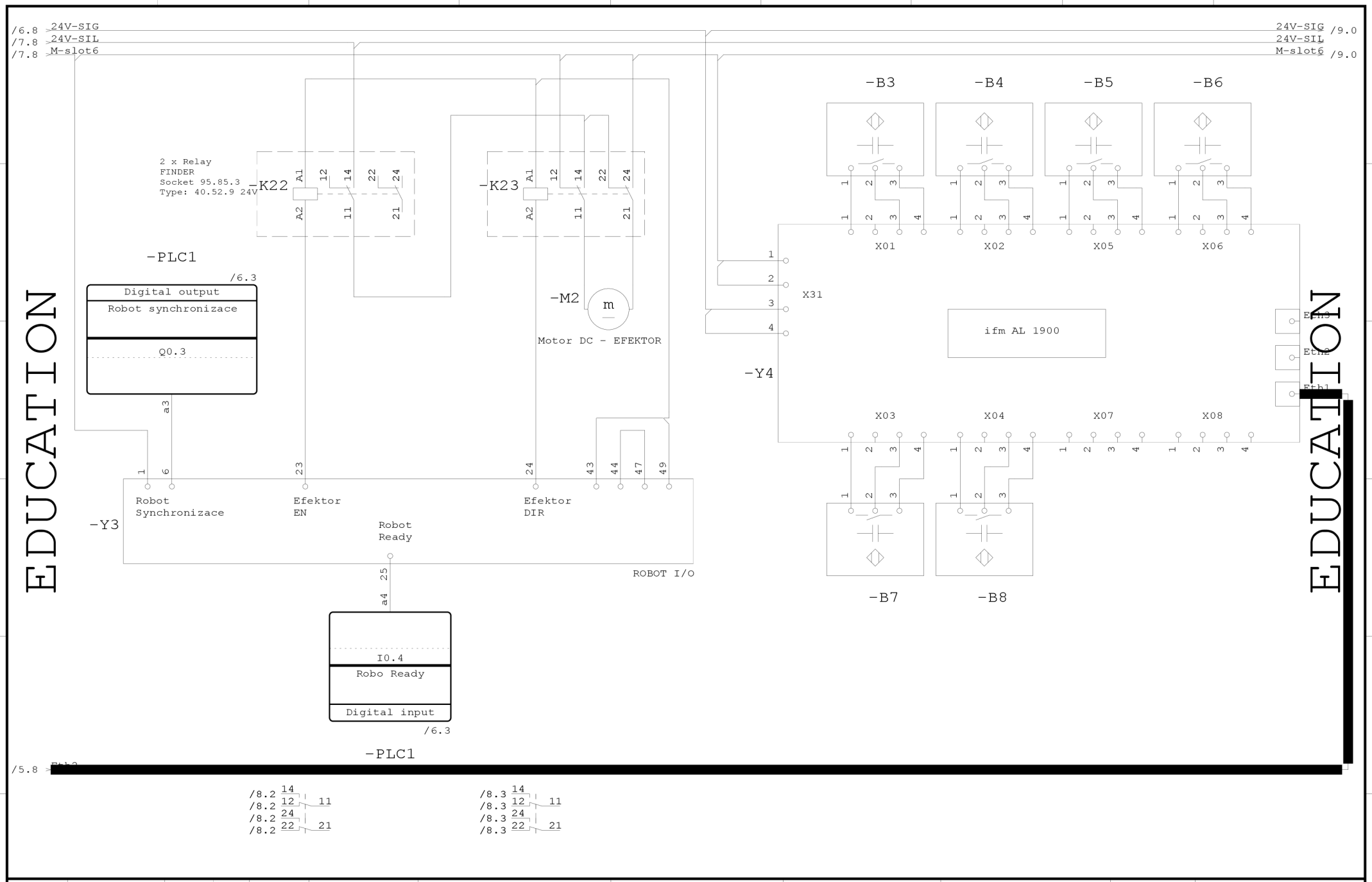
WS CAD ELECTRICAL ENGINEERING



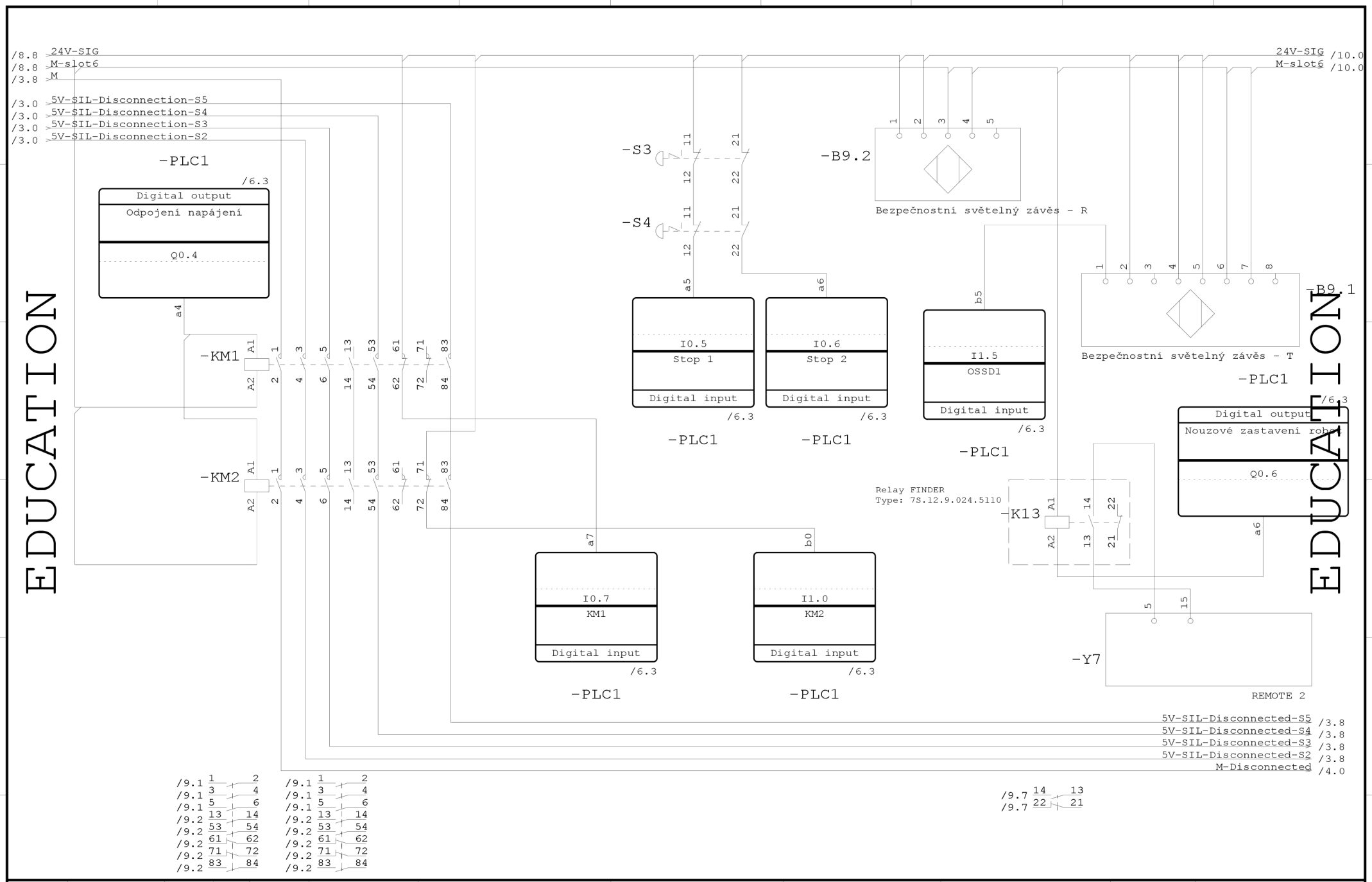
				Date	05.05.22		WS CAD ELECTRICAL ENGINEERING	Project number	Unit	=	
				Work					Field	+	
				Check					Drawing number	sheet	6
Status	Rev.	Date	Name	Norm	DIN 81346	Created for	Created by			of	10



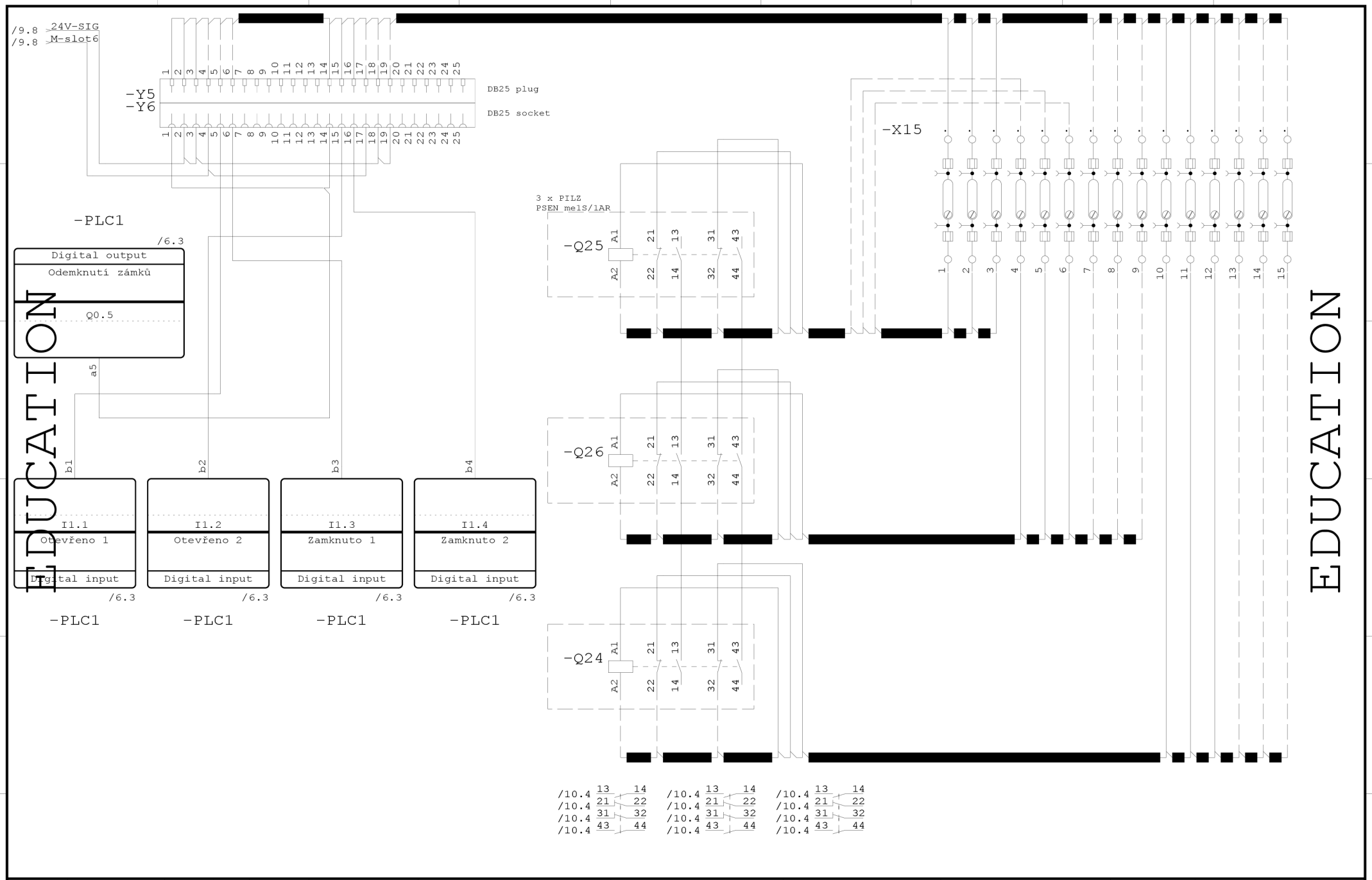
				Date	05.05.22		WS CAD ELECTRICAL ENGINEERING	Project number	Unit	=	
				Work					Field	+	
				Check					Drawing number	sheet	7
Status	Rev.	Date	Name	Norm	DIN 81346	Created for	Created by			of	10



				Date	05.05.22			Project number	Unit	=	
				Work					Field	+	
				Check					Drawing number		sheet 8
Status	Rev.	Date	Name	Norm	DIN 81346	Created for	Created by				of 10



				Date	05.05.22			Project number	Unit	=	
				Work					Field	+	
				Check							
Status	Rev.	Date	Name	Norm	DIN 81346	Created for	Created by		Drawing number	sheet	9
										of	10



				Date	05.05.22			Project number	Unit	=	
				Work					Field	+	
				Check					Drawing number	sheet	10
Status	Rev.	Date	Name	Norm	DIN 81346	Created for	Created by			of	10

WS CAD ELECTRICAL ENGINEERING