



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

ANALÝZA RIZIK A NÁVRH ZABEZPEČENÍ PRO TESTBED PRŮMYSLU 4.0

SAFETY ANALYSIS AND SAFETY MEASURES FOR INDUSTRY 4.0 TESTBED

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Matěj Kroulík

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Petr Fiedler, Ph.D.

BRNO 2019



Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Automatizační a měřicí technika**
Ústav automatizace a měřicí techniky

Student: Matěj Kroulík

ID: 192220

Ročník: 3

Akademický rok: 2018/19

NÁZEV TÉMATU:

Analýza rizik a návrh zabezpečení pro testbed Průmyslu 4.0

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Cílem práce je analýza rizik výukového testbedu Průmyslu 4.0.

1. Seznamte se s relevantními normami a požadavky na zajištění funkční bezpečnosti.
2. Seznamte se detailně s koncepcí testbedu Průmyslu 4.0.
3. Na základě získaných poznatků proveďte analýzu rizik podle vybraných norem.
4. Na základě analýzy rizik navrhnete opatření pro zajištění bezpečnosti.
5. Ověřte, že navržená opatření zajistí dostatečné snížení rizika.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] IEC 61508

[2] Smith, J. et al.: Functional Safety: A Straightforward Guide to Applying IEC 61508 and Related Standards

Termín zadání: 4.2.2019

Termín odevzdání: 20.5.2019

Vedoucí práce: doc. Ing. Petr Fiedler, Ph.D.

Konzultant:

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.
předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské 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 práce se zabývá požadavky na zajištění bezpečnosti strojního zařízení s ohledem na platné bezpečnostní normy. Zaměřuje se na normy EN ISO 12100 a EN ISO 13849-1. Dále práce obsahuje přehled v průmyslu využívaných bezpečnostních prvků pro strojní zařízení a seznamuje s koncepcí testbedu průmyslu 4.0. V poslední části jsou využity tyto teoretické poznatky k analýze a posouzení rizik a teoretického návrhu zabezpečení na testbedu průmyslu 4.0.

Klíčová slova

bezpečnost, testbed, průmysl 4.0, norma, analýza rizik, posouzení rizik

Abstract

This thesis deals with the requirements of security of machinery with respect to valid security standards. Especially it focusses on standards EN ISO 12100 and EN ISO 13849-1. Further the paper contains overview of security elements of machinery used in industry, also introduce the conception of Industry 4.0 testbed. In the last section, the theoretical findings are used to analyze and evaluate risks and theoretical proposal of security on Industry 4.0 testbed.

Keywords

safety, testbedu, industry 4.0, standard, risk analysis, risk assessment

Bibliografická citace:

KROULÍK, Matěj. Analýza rizik a návrh zabezpečení pro testbed Průmyslu 4.0 [online]. Brno, 2019 [cit. 2019-05-19]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/119304>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Petr Fiedler.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma *Analýza rizik a návrh zabezpečení pro testbed Průmyslu 4.0* jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské 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: **20. května 2019**

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Petru Fiedlerovi, Ph.D. za účinné, metodické, pedagogické a odborné vedení a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat všem lidem, kteří se podílí na projektu barman, za poskytnuté informace, odbornou pomoc a cenné rady.

V Brně dne: **20. května 2019**

.....
podpis autora

Obsah

1.	Úvod.....	14
2.	Technické normy.....	15
2.1	Harmonizované evropské bezpečnostní normy	15
2.1.1	A-normy.....	15
2.1.2	B-normy	16
2.1.3	C-normy.....	16
3.	Bezpečnost Strojního Zařízení	17
4.	Norma EN ISO 12100.....	18
4.1	Strategie posouzení a snížení rizika podle normy EN ISO 12100	18
4.2	Posouzení rizika	20
4.2.1	Všeobecně.....	21
4.2.2	Určení mezních hodnot strojního zařízení	21
4.3	Odhad rizika	22
4.4	Prvky rizika	22
4.4.1	Závažnost úrazu	22
4.4.2	Pravděpodobnost výskytu zranění	23
4.4.3	Hlediska uvažovaná při odhadu rizika.....	24
4.4.4	Zhodnocení rizika	25
4.5	Snížení rizika.....	25
4.5.1	Zabudovaná konstrukční bezpečnostní opatření.....	25
4.5.2	Doplňková ochranná opatření	26
4.5.3	Informace pro používání	26
5.	Norma EN ISO 13849-1.....	27
5.1	Stanovení požadované úrovně vlastností	27
5.2	Úroveň vlastností	28
5.2.1	Střední doba do nebezpečné poruchy	29
5.2.2	Diagnostické pokrytí.....	29
5.2.3	Poruchy se společnou příčinou	30
5.2.4	Kategorie.....	32
6.	Norma EN ISO 10218-2.....	37
6.1	Identifikace nebezpečí a posouzení rizika.....	37

6.1.1	Všeobecné požadavky.....	37
6.1.2	Návrh uspořádání.....	37
6.1.3	Posouzení rizika.....	38
6.1.4	Identifikace nebezpečí.....	38
6.2	Bezpečnostní požadavky a ochranná opatření.....	38
6.2.1	Vlastnosti ovládacího systému (hardware/software) vztahující se k nebezpečí.....	38
6.2.2	Návrh a instalace.....	38
6.2.3	Aplikace provozního režimu systému robotu.....	40
6.2.4	Údržba a oprava.....	41
6.2.5	Bezpečnostní ochrana.....	41
6.3	Ověření a validace bezpečnostních požadavků a ochranných opatření.....	41
6.4	Informace pro použití.....	41
6.4.1	Návod k použití.....	42
7.	Bezpečnostní prvky pro strojní zařízení.....	43
7.1	Bezpečnostní vstupní zařízení.....	43
7.2	Bezpečnostní logické řídicí systémy.....	44
7.3	Bezpečnostní výstupní zařízení.....	44
8.	Testbed Průmyslu 4.0.....	45
8.1	Konfigurace testbedu.....	46
9.	Analýza rizik a návrh zabezpečení pro Testbed průmyslu 4.0.....	47
9.1	Drtič ledu.....	48
9.1.1	Všeobecné informace.....	48
9.1.2	Rozměry zařízení.....	49
9.1.3	Nedostatky konstrukce.....	50
9.1.4	Identifikace nebezpečí a zhodnocení rizika.....	51
9.1.5	Návrh řešení.....	53
9.1.6	Doporučené intervaly údržby.....	55
9.2	Sklad skleniček.....	56
9.2.1	Všeobecné informace.....	56
9.2.2	Rozměry zařízení.....	57
9.2.3	Nedostatky konstrukce.....	57

9.2.4	Identifikace nebezpečí a zhodnocení rizika	58
9.2.5	Návrh řešení	59
9.2.6	Doporučené intervaly údržby.....	61
9.3	Šejkr	61
9.3.1	Všeobecné informace.....	61
9.3.2	Rozměry zařízení	62
9.3.3	Nedostatky konstrukce.....	63
9.3.4	Identifikace nebezpečí a zhodnocení rizika	64
9.3.5	Návrh řešení	65
9.3.6	Doporučené intervaly údržby.....	67
9.4	Sklad alkoholických nápojů	67
9.4.1	Všeobecné informace.....	68
9.4.2	Rozměry zařízení	69
9.4.3	Nedostatky konstrukce.....	70
9.4.4	Identifikace nebezpečí a zhodnocení rizika	71
9.4.5	Návrh řešení	71
9.4.6	Doporučené intervaly údržby.....	73
9.5	Sodovač	74
9.5.1	Všeobecné informace.....	74
9.5.2	Rozměry zařízení:	75
9.5.3	Nedostatky konstrukce.....	75
9.5.4	Identifikace nebezpečí a zhodnocení rizika	76
9.5.5	Návrh řešení	76
9.5.6	Doporučené intervaly údržby.....	78
9.6	Stůl	78
9.6.1	Všeobecné informace.....	78
9.6.2	Rozměry zařízení:	79
9.6.3	Nedostatky konstrukce.....	79
9.6.4	Identifikace nebezpečí a zhodnocení rizika	80
9.6.5	Návrh řešení	81
9.6.6	Doporučené intervaly údržby.....	83
9.7	Všeobecné informace pro všechny buňky.....	83

10. Závěr	85
11. Literatura.....	87

Seznam symbolů a zkratek

Zkratky:

CCF	Porucha se společnou příčinou
ČSN	Česká technická norma
DC	Diagnostická pokrytí
EEA	European economic area
EN	Evropské normy
ERP	Enterprise resource planning
FEKT	Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
HMI	Human Machine Interface
IEC	International electrotechnical commission
ISO	International organization for standartization
MES	Manufacturing execution systems
MTTFd	Střední doba do nebezpečné situace
NFC	Near field communication
OZ	Ochranná zařízení
PL	Performance level
PLC	Programmable Logic Controller
PLr	Požadovaná úroveň vlastností
SRP/CS	Bezpečnostní části ovládacího systému
VUT	Vysoké učení technické v Brně

Symboly:

HRN	Hazard Rating Number
DPH	Degree of Possible Harm
LO	Likelihood of Occurrence
FE	Frequency of Exposure
NP	Number of Person at risk

Seznam obrázků

Obrázek 1: Proces snižování rizika včetně opakovací tříkrokové metody [4].....	19
Obrázek 2: Proces snižování rizika z hlediska konstruktéra [4]	20
Obrázek 3: Graf pro učení požadovaného PL_r [6]	28
Obrázek 4: Architektura kategorie B	32
Obrázek 5: Architektura kategorie 1	33
Obrázek 6: Architektura kategorie 2.....	34
Obrázek 7: Architektura kategorie 3.....	35
Obrázek 8: Architektura kategorie 4.....	36
Obrázek 9: Testbed průmyslu 4.0. Foceno 7.5.2019[12].....	45
Obrázek 10: Drtič ledu-z leva: pohled zepředu, ze shora, zezadu. Foceno 7.5.2019[12].....	48
Obrázek 11: Sklad skleniček-z leva: pohled zepředu, z boku, zezadu. Foceno 15.5.2019.	56
Obrázek 12: Šejkr-z leva: pohled zepředu, z boku, zezadu. Foceno 7.5.2019[12]...	61
Obrázek 13: Sklad alkoholických nápojů-z leva: pohled zezadu, z boku. Foceno 7.5.2019[12].....	67
Obrázek 14: Sodovač-zleva: pohled zepředu, z boku, zezadu. Foceno 7.5.2019[12].	74

Seznam tabulek

Tabulka 1: Střední doba do nebezpečné poruchy každého kanálu	29
Tabulka 2: Diagnostické pokrytí.....	30
Tabulka 3: Proces působení a kvantifikace opatření proti CCF	31

1. ÚVOD

Cílem práce je seznámit se s požadavky na zajištění bezpečnosti strojních zařízení s ohledem na platné bezpečnostní normy. Obeznámit se s bezpečnostními prvky, které jsou využívány pro bezpečnost strojních zařízení v průmyslu a s koncepcí testbedu průmyslu 4.0. Následně podle získaných poznatků vytvořit analýzu a posouzení rizik. Na základě toho navrhnout zabezpečení na testbedu průmyslu 4.0.

V první části je provedeno seznámení s organizacemi, které vytvářejí normy. Dále je v této části uvedeno dělení těchto norem.

Poté je provedena rešerše tří nejpodstatnějších norem pro zajištění bezpečnosti, které budou v poslední části využity pro analýzu a návrh zabezpečení.

Následuje seznámení s nejčastěji používanými bezpečnostními prvky, které jsou využívány v průmyslu pro bezpečnost strojních zařízení.

Předposlední část bakalářské práce je věnována stručnému představení koncepce testbedu průmyslu 4.0, kde je uvedeno proč vznikl tento testbed a jaké bude jeho využití.

Následuje poslední a nejdůležitější část této práce. Zde jsou nejprve podrobně popsány jednotlivé buňky. Poté je provedena analýza rizik na jednotlivých buňkách, která je rozdělena na dvě části. V první části jsou zmíněny konstrukční nedostatky, které neodpovídají normám. Druhá část se zabývá riziky, které vycházejí z podstaty strojního zařízení. Následně je proveden návrh zabezpečení pro jednotlivé buňky. Závěr kapitoly je věnován celkovému zhodnocení testbedu.

2. TECHNICKÉ NORMY

Snahou zemí na celém světě je globální harmonizace všech norem. To je patrné zvláště v oblasti bezpečnosti strojních zařízení. Celosvětové bezpečnostní normy pro strojní zařízení jsou řízeny dvěma organizacemi: International Organization for Standardization (ISO) a International Electrotechnical Commission (IEC). Regionální a národní normy stále existují a nadále prosazují místní požadavky, avšak v mnoha zemích se již začaly používat mezinárodní normy vydané organizacemi ISO a IEC [1].

Například evropské normy (EN) se používají ve všech zemích EEA. Všechny nové evropské normy jsou uspořádány dle norem ISO a IEC a ve většině případů je jejich text s těmito normami totožný. Rovněž v USA se v současnosti často odkazují na normy IEC a ISO [1].

Organizace IEC vydává normy pro oblasti elektrické a elektronické technologie a další technologie, které s nimi souvisejí. Organizace ISO vytváří normy pro efektivnější, bezpečnější a čistší navrhování, výrobu a používání strojních zařízení. Členy organizací IEC a ISO je většina průmyslových zemí. Bezpečnostní normy pro strojní zařízení píší pracovní skupiny složené z odborníků z mnoha průmyslových zemí na světě [1].

2.1 Harmonizované evropské bezpečnostní normy

Evropské bezpečnostní normy pro strojní zařízení jsou rozděleny do tří základních skupin, kterými jsou A-normy, B-normy, C-normy.

2.1.1 A-normy

A-normy (základní bezpečnostní normy) určují základní pravidla, terminologii a zásady pro projektování, konstrukci a obecné faktory vztahující se na všechna strojní zařízení. Mezi tyto normy patří například:

- EN ISO 12100 (Bezpečnost strojních zařízení – základní pojmy a všeobecné zásady pro konstrukci),
- IEC 61508 (Funkční bezpečnost elektrických, elektronických a programovatelných elektrických systémů souvisejících s bezpečností) [1][2].

2.1.2 B-normy

B-normy (skupinové bezpečnostní normy) se zabývají bezpečnostními opatřeními, která mohou být použita pro větší počet strojů. Z tohoto důvodu jsou normy typu B dále rozděleny na dvě části [1][2].

Normy typu B1

Normy typu B1 se zabývají se jednotlivými bezpečnostními aspekty (např. bezpečné vzdálenosti, teploty povrchu, hluk, umístění ochranných zařízení atd.). Mezi tyto normy patří například:

- ČSN EN ISO 13855 (umístění ochranného zařízení (OZ)),
- ČSN EN ISO 13857 (bezpečné vzdálenosti) [1][2].

Normy typu B2

Normy typu B2 se zabývají konkrétními bezpečnostními součástmi nebo zařízeními (např. dvouručním ovládacím zařízením, blokovacím zařízením, tlakově citlivým zařízením apod.). Mezi tyto normy patří například:

- ČSN EN ISO 13 850 (nouzové zastavení),
- ČSN EN ISO 14120 (ochranné kryty) [1][2].

2.1.3 C-normy

C-normy (speciální bezpečnostní normy pro stroje) se zabývají detailními technickými a bezpečnostními požadavky pro jednotlivé stroje.

Pokud se norma typu C liší v jednom nebo více bodech od normy typu B, má v takovém případě vždy přednost dodržení normy typu C. Mezi tyto normy patří například:

- ČSN EN 692 (Mechanické lisy – Bezpečnost),
- ČSN EN ISO 10218 (Roboty pro výrobní prostředí – Požadavky na bezpečnost) [1][2].

3. BEZPEČNOST STROJNÍHO ZAŘÍZENÍ

V dnešní době je kladen velký důraz na efektivitu stroje. Aby však byl stroj opravdu efektivní, musí být bezpečný. Bezpečnost stroje je nutné pokládat za jedno z nejdůležitějších hledisek. Při navrhování vhodné bezpečnostní strategie mají zásadní význam dva kroky, které se navzájem ovlivňují.

Prvním krokem je **POSOUZENÍ RIZIK**, které je založené na jasném pochopení limitů stroje a jeho funkcí i rozsahu úkolů, které bude možné na stroji během celé jeho životnosti vykonat. Při tomto kroku musí posuzovatel velmi vhodně předpokládat možná rizika.

V případě potřeby se poté provede **SNÍŽENÍ RIZIK** a na základě informací vyplývajících z posouzení rizik se vyberou vhodná bezpečnostní opatření. Způsob, kterým se provede výběr vhodného bezpečnostního opatření, tvoří základ **BEZPEČNOSTNÍ STRATEGIE** pro stroj [1].

4. NORMA EN ISO 12100

Základní harmonizovaná bezpečnostní norma pro strojní zařízení je EN ISO 12100 Bezpečnost strojních zařízení – Všeobecné zásady pro konstrukci – Posouzení a snižování rizika, která byla převzata do soustavy ČSN překladem. Je to norma typu A. Specifikuje základní terminologii, zásady a metody pro dosažení bezpečnosti při konstrukci stroje. Dále pak popisuje postupy pro identifikaci a eliminaci rizik. Text kapitoly vychází z normy EN ISO 12100 a norma tak již není v této kapitole citována [3].

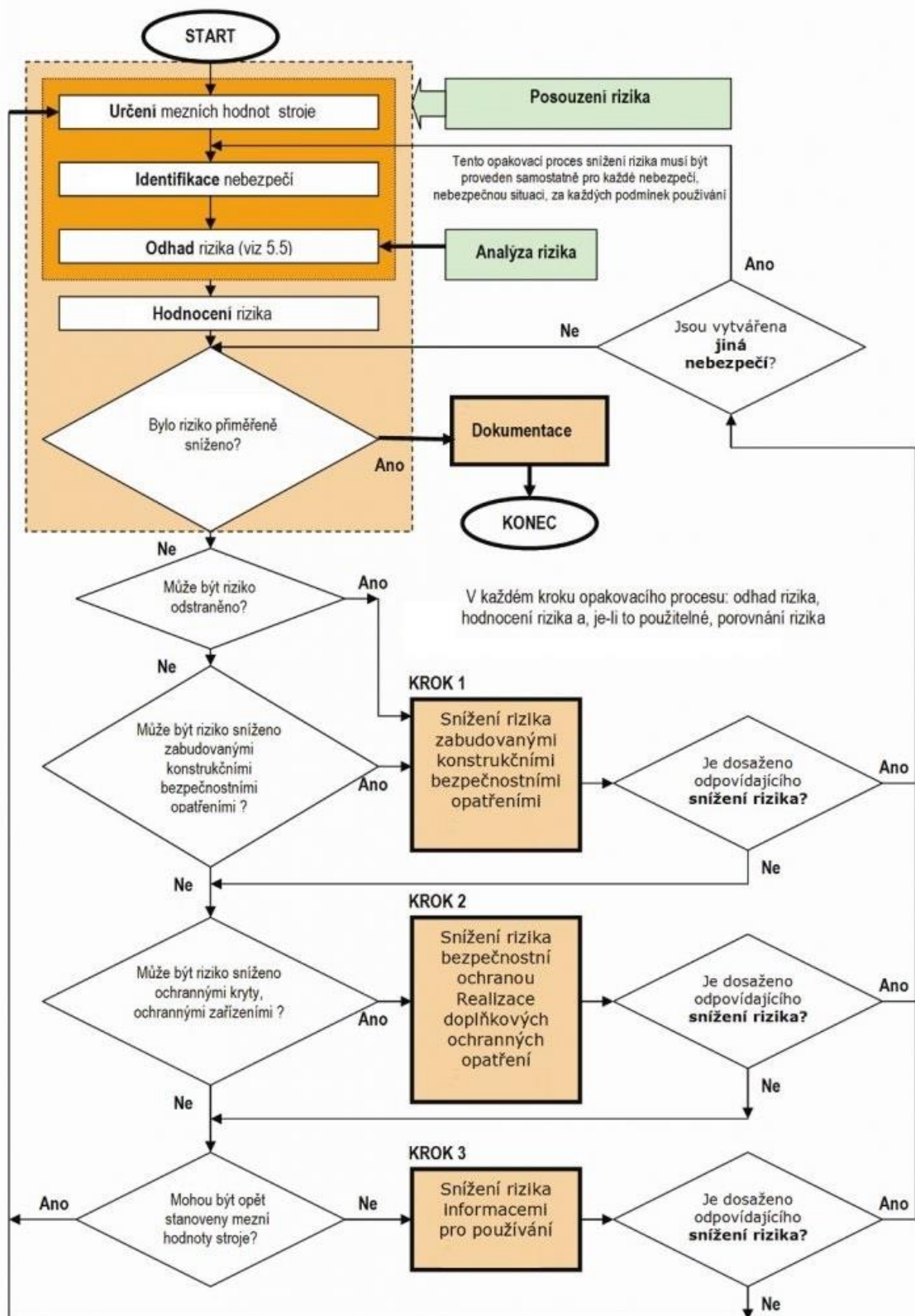
4.1 Strategie posouzení a snížení rizika podle normy EN ISO 12100

Strategie posouzení a snížení rizika vychází z pěti kroků v následujícím pořadí:

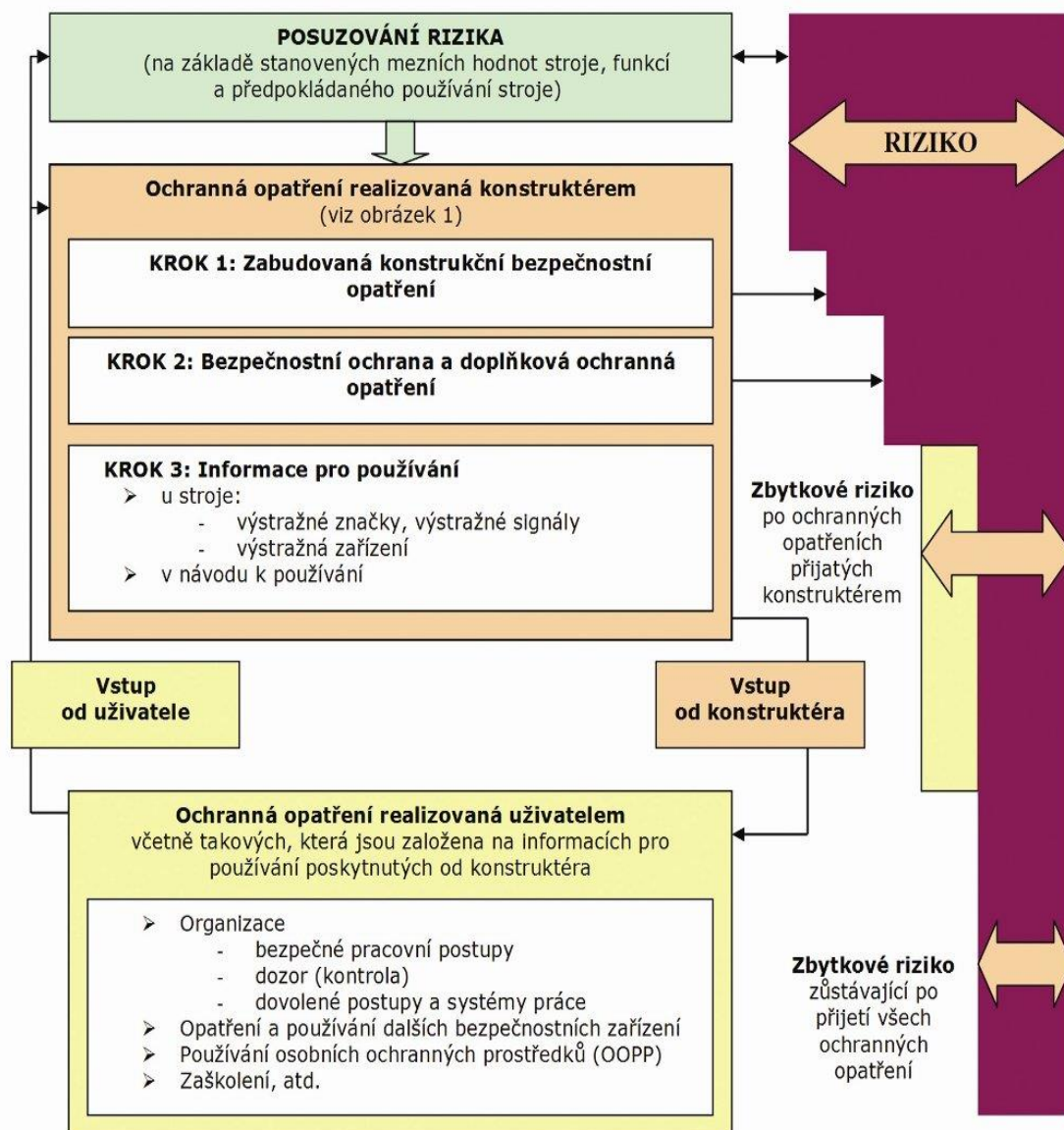
- 1) určení mezních hodnot strojního zařízení, které zahrnují předpokládané používání a jakékoli předvídatelné nesprávné použití,
- 2) identifikace nebezpečí a příslušné nebezpečné situace,
- 3) odhad rizika pro každé identifikované nebezpečí a nebezpečnou situaci,
- 4) zhodnocení rizika a rozhodnutí o nutnosti snížení rizika,
- 5) vyloučení nebezpečí nebo snížení rizika spojeného s nebezpečím ochrannými opatřeními.

Body 1–4 se vztahují k posouzení rizika a bod 5 ke snížení rizika.

Tento proces je zobrazen na obrázku 1: Proces snižování rizika včetně opakovací tříkrokové metody.



Obrázek 1: Proces snižování rizika včetně opakovací tříkrokové metody [4]



Obrázek 2: Proces snižování rizika z hlediska konstruktéra [4]

4.2 Posouzení rizika

Posouzení rizik spočívá v provedení řady logických kroků, umožňujících systematickým způsobem zanalyzovat a zhodnotit rizika spojená se strojním zařízením. Po posouzení rizika následuje, Vždy když je to nezbytné, následuje po posouzení rizika snížení rizika. Opakování tohoto procesu může být nutné pro vyloučení nebezpečí a k dostatečnému snížení rizika. Snížení rizika se provádí pomocí ochranných opatření. Ochranná opatření jsou kombinací opatření konstruktéra a uživatele dle obrázku 2: Proces snižování rizika z hlediska

konstruktéra. Opatření, která mohou být provedena při konstrukci, mají přednost a jsou účinnější než opatření realizovaná uživatelem.

Pro maximální snížení rizika je nutné vzít v úvahu níže uvedené čtyři faktory. Musí se dodržet pořadí, ve kterém jsou uvedeny:

- bezpečnost stroje během všech fází jeho životnosti,
- schopnost stroje vykonávat svou funkci,
- účel použití stroje,
- výrobní a provozní náklady stroje a náklady na jeho vyřazení.

4.2.1 Všeobecně

Posouzení rizika (viz Obrázek 1: Proces snižování rizika včetně opakovací tříkrokové metody [4]) zahrnuje:

- 1) určení mezních hodnot strojního zařízení,
- 2) odhad rizika (analýza rizika),
- 3) zhodnocení rizika.

Analýza rizika poskytuje informace požadované pro zhodnocení rizika, podle kterého je možné rozhodnout, zda je nebo není potřeba jeho snížení rizika.

4.2.2 Určení mezních hodnot strojního zařízení

Obnáší shromáždění a analýzu informací mezních hodnot strojního zařízení, které se týkají funkcí strojního zařízení, mechanismu a jeho součástí. Cílem je jasné porozumění principu strojního zařízení a jeho používání, a to ve všech fázích životnosti strojního zařízení.

Důležité je zvážit všechny limity strojního zařízení při všech fázích jeho života, jako jsou například instalace, uvedení do provozu a údržby, správného používání, ale také nesmíme zapomenout na následky rozumně předvídatelného nesprávného použití stroje nebo jeho chybné funkce. Vzít v potaz musíme i různé očekávané úrovně zácviku, zkušeností nebo schopností uživatelů jako je obsluhující personál, údržbáři nebo technici, učni a jiní. Například přítomnost vysoce zkušeného a vyškoleného údržbáře může mít jiný dopad než přítomnost nezkušené uklízečky, která o strojním zařízení nic neví. V této situaci, pokud je každý případ uveden a řešen samostatně, může být možné zdůvodnit jiná ochranná opatření pro údržbáře a jiná

pro uklízečku. Pokud není sestaven seznam těchto případů a každý z nich nebude řešen samostatně, je nutno vyjít z nejhoršího případu a pro údržbáře i uklízečku použít totéž ochranné opatření.

4.3 Odhad rizika

Odhad rizika je jeden z nejdůležitějších aspektů posouzení rizik. Jakékoli strojní zařízení, které může přivodit nebezpečnou situaci, představuje riziko výskytu nebezpečné události (například škody). Čím je toto riziko vyšší, tím důležitější je s ním něco udělat. U jednoho druhu nebezpečí může být riziko tak malé, že je můžeme tolerovat a přijmout, avšak u jiného druhu nebezpečí může být riziko tak velké, že je na ochranu před ním nutné použít mimořádná opatření. Proto abychom mohli rozhodnout, zda a co bude zapotřebí udělat s rizikem, musíme být schopni je kvantifikovat.

Rizikem se často myslí pouze závažnosti zranění a nehody, avšak při odhadování rizika je třeba vzít v potaz jak závažnost možné škody, tak pravděpodobnost jejího výskytu.

4.4 Prvky rizika

Rizika spojené s jednotlivou nebezpečnou situací závisí na následujících prvcích:

- a) závažnosti úrazu,
- b) pravděpodobnosti výskytu tohoto úrazu, která je funkcí:
 1. vystavení osoby nebo osob nebezpečím,
 2. výskytu nebezpečí události,
 3. technických a lidských možností vyvarovat se úrazu.

4.4.1 Závažnost úrazu

V této úvaze předpokládáme, že zranění je nevyhnutelné a zabýváme se pouze jeho závažností. Měli bychom předpokládat, že obsluha je vystavena nebezpečnému pohybu nebo procesu. Závažnost zranění by měla být posouzena podle faktorů daných ve zvolené metodologii.

Závažnost může být odhadnuta s přihlédnutím ke dvěma faktorům. Buď k závažnosti zranění nebo poškození zdraví, jako je například:

- lehké zranění vyžadující první pomoc,
- těžké zranění vyžadující lékařský zásah (buď bez nebo s trvalými následky),
- smrt.

Nebo k rozsahu úrazu, jako například:

- u jedné osoby,
- u několika osob.

4.4.2 Pravděpodobnost výskytu zranění

Vystavení osob nebezpečím

Vystavení osob nebezpečím je ovlivněno pravděpodobností výskytu úrazu.

Ovlivňující faktory jsou:

- nutnost přístupu do nebezpečného prostoru,
- povaha přístupu,
- doba strávená v nebezpečném prostoru,
- počet osob, jejichž přístup je vyžadován,
- četnost přístupu a jiné.

Výskyt nebezpečné události

Pravděpodobnost výskytu úrazu je ovlivněna výskytem nebezpečné události. Výskyt nebezpečné události je ovlivněn následujícími faktory:

- spolehlivost stroje,
- historie úrazů,
- historie poškození zdraví,
- porovnání rizik.

Možnosti vyvarování se nebo omezení úrazu

Možnosti, které ovlivňují pravděpodobnost výskytu úrazu. Nejdůležitější faktory jsou:

- a) Osoby, které mohou být vystaveny nebezpečí:
 - kvalifikované osoby,
 - nekvalifikované osoby.

- b) Jakou rychlostí může vést nebezpečná situace k úrazu:
- neočekávaně,
 - rychle,
 - pomalu.
- c) Identifikace rizika:
- všeobecnými informacemi,
 - pozorováním,
 - pomocí výstražných a sdělovacích zařízení.
- d) Lidské schopnosti jako je reflexivnost, hbitost a jiné.
- e) Zkušenosti a znalosti:
- daného strojního zařízení,
 - podobného strojního zařízení,
 - nezkušenost.

4.4.3 Hlediska uvažovaná při odhadu rizika

Vystavené osoby

Všechny osoby, u kterých je předvídatelné, že mohou být vystaveny nebezpečím, musí být brány v potaz při odhadu rizika.

Četnost a doba trvání vystavení

Udává, jak často je osoba vystavena riziku a případně jak dlouho. Analýza musí brát v potaz vystavení při všech režimech stroje jako je běžný provoz, záběh, čištění nebo seřizování. Nesmí se zapomenout na úkoly, při kterých je nutné vyřadit ochranná opatření z provozu.

Lidské faktory

Nejvíce riziko nebezpečné události ovlivňují lidské faktory, proto při odhadu rizika musí být vzaty v potaz tyto hlediska:

- psychická hlediska (stres),
- ergonomická hlediska,
- hlediska omezených schopností (invalidita, věk atd.),
- hlediska únavy,
- jiná hlediska.

Možnost vyřazení nebo obejití ochranných opatření

Aby byl provoz strojního zařízení nepřetržitě bezpečný je důležité, aby navržená ochranná opatření nebránila k jeho snadnému používání nebo dokonce nebránila v jeho provozu. Jinak je tu velmi velká pravděpodobnost, že budou tyto ochranná opatření obcházena, ne-li přímo vyřazena, aby se dosáhlo maximálního využití stroje.

4.4.4 Zhodnocení rizika

Po dokončení odhadu rizika musí být provedeno zhodnocení rizika, a to z toho důvodu, aby se určilo, zda je nutné snížit riziko či nikoli. Pokud je nutné snížit riziko, musí se zvolit vhodná ochranná opatření (viz Snížení rizika). Při opakování postupu snížení rizika viz Obrázek 1: Proces snižování rizika včetně opakovací tříkrokové metody, musí konstruktér vždy zkontrolovat, zda se novým ochranným opatřením nezvýšilo nějaké nebezpečí či dokonce nevzniklo nové.

4.5 Snížení rizika

Musíme vzít každé zařízení a s ním spojená rizika samostatně a učinit opatření ke snížení rizika.

Snížení rizika může být dosaženo za předpokladu, že se podaří vyloučit daná nebezpečí nebo jednotlivým či současným snížením následujících prvků:

- závažnost úrazu od daného nebezpečí,
- pravděpodobnost úrazu.

Pro dosažení daného cíle musí být použita metoda tří kroků v následujícím sledu:

- 1. Zabudovaná konstrukční bezpečnostní opatření,**
- 2. Doplňková ochranná opatření,**
- 3. Informace pro používání.**

4.5.1 Zabudovaná konstrukční bezpečnostní opatření

Ve fázi návrhu stroje je možné vyloučit mnoho možných rizik. Jedná se o nejefektivnější ochranná opatření, protože rizika jsou snížena nebo dokonce vyloučena samotnou konstrukcí stroje. Zabudované konstrukční opatření je například zajištění stability strojního zařízení, vyloučení ostrých hran nebo střížných míst.

Například pokud není k nebezpečné oblasti nutný přístup, jednoduše tuto oblast uzavřeme v samotném tělese strojního zařízení.

4.5.2 Doplnková ochranná opatření

Doplnková ochranná opatření jsou do stroje přidána, aby došlo k snížení rizika. Do této kategorie patří například uzavření zdrojů hluku, ochrana proti vysoké či nízké teplotě, ochranné kryty a jiné.

4.5.3 Informace pro používání

Informování uživatelů o zbytkových rizicích nebo technologických postupech je možné například formou informačních cedulí, výstražných cedulí, zákazových cedulí, akustickými či světelnými signály nebo definováním pracovního postupu. Možností je mnoho, avšak nevýhodou tohoto kroku je, že spolehlivost je závislá na kázni obsluhy a z tohoto důvodu nesmí být tento krok náhradou za správné aplikování předchozích kroků. Veškeré informace musí být uvedeny v návodu k obsluze.

5. NORMA EN ISO 13849-1

Norma EN ISO 13849-1 Bezpečnost strojních zařízení – Bezpečnostní části ovládacích systémů – Část 1: Obecné zásady pro konstrukci je norma typu B1, jak je stanoveno v EN ISO 12100. Pomocí normy EN ISO 13849-1 se stanoví úrovně vlastností. Tato norma je určena jako návod pro ty, kteří se zabývají konstrukcí a posuzováním ovládacích systémů, které jsou důležité pro splnění základních bezpečnostních požadavků přílohy I směrnice 2006/42/ES. Části ovládacího systému, jenž jsou určeny k plnění bezpečnostních funkcí, nazýváme bezpečnostní části ovládacího systému (SRP/CS). Dále mohou SRP/CS poskytovat provozní funkce.

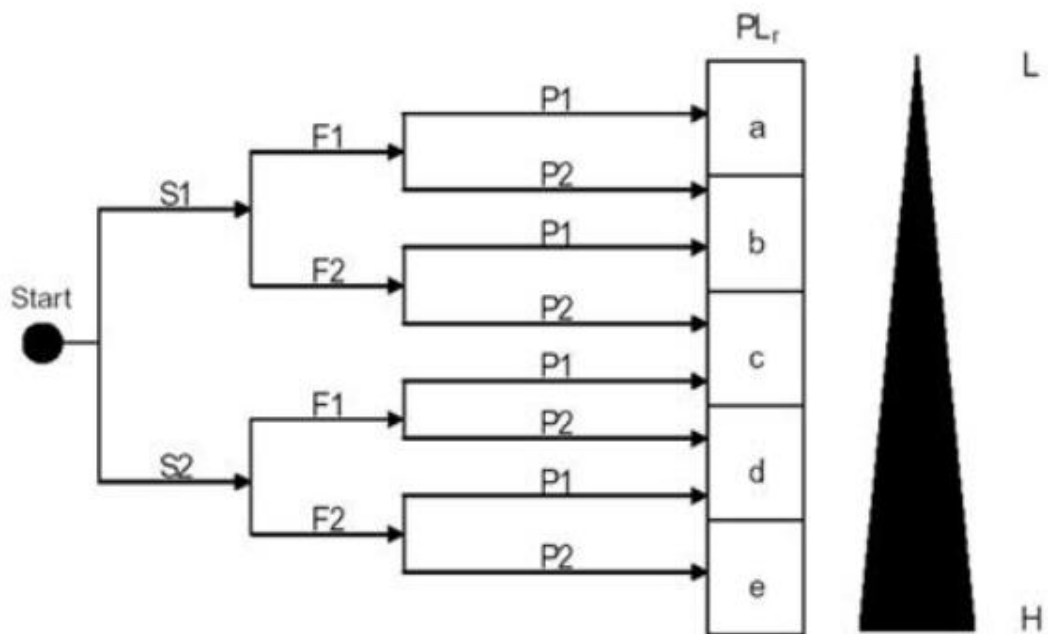
Schopnosti bezpečnostních částí ovládacích systémů k vykonání bezpečnostní funkce je přidělena jedna z pěti úrovní, které se nazývají úrovně vlastností (PL – Performance Level). Tyto úrovně vlastností jsou definovány pravděpodobností nebezpečné poruchy za hodinu.

Pravděpodobnost nebezpečné poruchy bezpečnostní funkce závisí na několika faktorech: hardwaru a softwaru, rozsahu mechanismů detekce závady (diagnostické pokrytí (DC)), spolehlivosti součástí (střední doba do nebezpečné poruchy ($MTTF_d$)), poruše se společnou příčinou (CCF), procesu konstrukce, provozním zatížením, podmínkách prostředí a pracovních postupech.

Pro usnadnění posouzení dosažené úrovně vlastností (PL), používá tento dokument metodologii, která je založena na kategorizaci struktur podle specifických konstrukčních kritérií a specifikovaného chování v podmínkách závady. Těmto kategoriím je přidělena jedna z pěti úrovní, označených jako kategorie B, 1, 2, 3 a 4. Text kapitoly vychází z normy EN ISO 13849-1 a norma tak již není v této kapitole citována [5].

5.1 Stanovení požadované úrovně vlastností

Každé zvolené bezpečnostní funkci, která vykonává SRP/CS, musí být určena požadovaná úroveň vlastností (PL_r). Schopnosti bezpečnostních částí ovládacích systémů k vykonávání bezpečnostní funkce je přidělena jedna z pěti úrovní podle obrázku 3.



Obrázek 3: Graf pro učení požadovaného PL_r [6]

S závažnost zranění

S1 lehké (s přechodnými následky)

S2 závažné (s trvalými následky) včetně smrti

F četnost nebo doba ohrožení rizikem

F1 řídká až málo častá nebo doba ohrožení je krátká

F2 častá až nepřetržitá nebo doba ohrožení je dlouhá

P možnost vyvarování se riziku

P1 možné za určitých podmínek

P2 sotva možné

5.2 Úroveň vlastností

Pro každou bezpečnostní část ovládacího systému anebo kombinaci několika bezpečnostních částí ovládacího systému musí být proveden odhad úrovně vlastností (performance level).

Odhad úrovně vlastností pro SRP/CS se provádí odhadem následujících parametrů:

- hodnoty střední doby do nebezpečné poruchy (MTTF_d),
- diagnostické pokrytí (DC),
- poruchy se společnou příčinou (CCF),
- kategorie SRP/CS,
- chování bezpečnostní funkce v podmínce,
- bezpečnostní software,
- systematické poruchy,
- schopnosti vykonávat bezpečnostní funkci v očekávaných podmínkách prostředí.

5.2.1 Střední doba do nebezpečné poruchy

Hodnota střední doby do nebezpečné poruchy (MTTF_d) každého kanálu je dána ve třech úrovních viz Tabulka 1 a musí být vzata individuálně pro každý kanál.

MTTF _d	
Označení doby každého kanálu	Rozsah doby do nebezpečné poruchy každého kanálu
Krátká	3 roky ≤ MTTF _d < 10 roků
Střední	10 roků ≤ MTTF _d < 30 roků
Dlouhá	30 roků ≤ MTTF _d < 100 roků

Tabulka 1: Střední doba do nebezpečné poruchy každého kanálu

Pro určení odhadu MTTF_d komponentů se musí provést postup pro zjištění údajů v uvedeném pořadí:

1. použít údaje od výrobce,
2. použít metody v příloze C a příloze D z normy EN ISO 13849-1,
3. zvolit 10 let.

5.2.2 Diagnostické pokrytí

Diagnostické pokrytí (DC – Diagnostic Coverage) je poměr mezi počtem detekovaných nebezpečných závad a celkovým počtem nebezpečných závad. Jeho hodnota je definována ve čtyřech úrovních viz Tabulka 2.

DC	
Označení	Rozsah
Žádné	DC <60 %
Nízké	60 % <=DC <90 %
Střední	90 % <= DC <99 %
Vysoké	99 % <= DC

Tabulka 2: Diagnostické pokrytí

Příklady odhadu DC jsou uvedeny v příloze E z normy EN ISO 13849-1.

5.2.3 Poruchy se společnou příčinou

Přehled poruch se společnou příčinou je uveden v příloze F normy EN ISO 13849-1. Seznam opatření, která přispívají ke snížení poruchy se společnou příčinou (CCF – Common Cause Failures) jsou v tabulce 3. V případě, že je opatření splněno pouze částečně, je počet bodů podle tohoto opatření nula.

Číslo	Opatření proti CCF	Počet bodů
1	Oddělení/Segregace	
	Je provedeno fyzické oddělení mezi jednotlivými dráhami signálu.	15
2	Diverzita	
	Jsou použity různé technologie, návrhy, fyzikální principy nebo komponenty různých výrobců.	20
3	Návrh/použití/zkušenosti	
3.1	Je použita ochrana proti přepětí, přetlaku, nadproudu, nadteploty atd.	15
3.2	Jsou použity osvědčené komponenty.	5
4	Posouzení/Analýza	
	Byla provedena analýza vlivu poruchy režimu, aby bylo zabráněno v návrhu poruše se společnou příčinou.	5
5	Způsobilost/Zácvik	
	Byl proveden zácvik konstruktérů k pochopení příčin a následků poruch se společnou příčinou.	5
6	Prostředí	
6.1	Zabránění kontaminace a elektromagnetické kompatibility (EMC) proti CCF v souladu s příslušnými normami.	25
6.2	Ostatní vlivy Byly uvažovány požadavky na odolnost proti všem vlivům prostředí (teplota, rázy, vibrace atd.), tak jak je specifikováno v příslušných normách.	10
	Celkem	100

Tabulka 3: Proces působení a kvantifikace opatření proti CCF

Celkový počet, který má hodnotu 65 a vyšší, znamená splnění požadavků. Naopak méně než 65 bodů znamená, že proces selhal a je nutná volba dalších opatření.

5.2.4 Kategorie

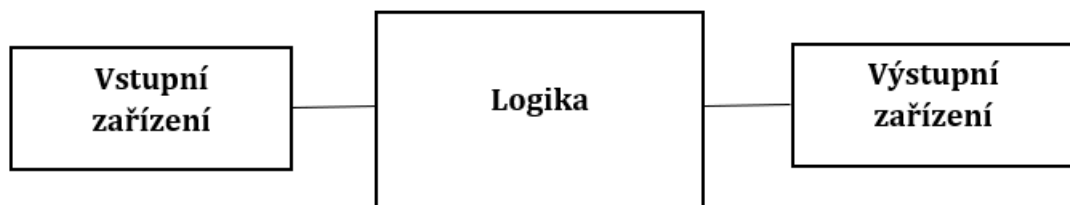
Kategorie bezpečnostních částí ovládacího systému (SRP/CS) jsou základními parametry používanými pro dosažení specifické úrovně vlastností PL. Stanovují požadované chování SRP/CS s ohledem na jejich odolnost proti závadám. Norma ISO 13849-1 definuje kategorie B, 1, 2, 3, přičemž na kategorii B jsou kladeny nejmenší nároky z hlediska bezpečnosti a na kategorii 3 jsou kladeny nejvyšší nároky. Jednotlivé kategorie jsou popsány níže v textu.

Kategorie B

Bezpečnostní části ovládacího systému stroje musí být navrženy, konstruovány, vybrány, navzájem uspořádány a kombinovány tak, aby byly v souladu s danými normami. V případě použití základních bezpečnostních zásad pro specifické použití musí odolávat:

- očekávanému provoznímu namáhání,
- vlivu zpracovaného materiálu,
- jiným vnějším vlivům (vibrace, rušení atd.).

Maximální dosažitelný PL pro kategorii B je **b**. Výskyt závady může vést ke ztrátě bezpečnostní funkce.



Obrázek 4: Architektura kategorie B

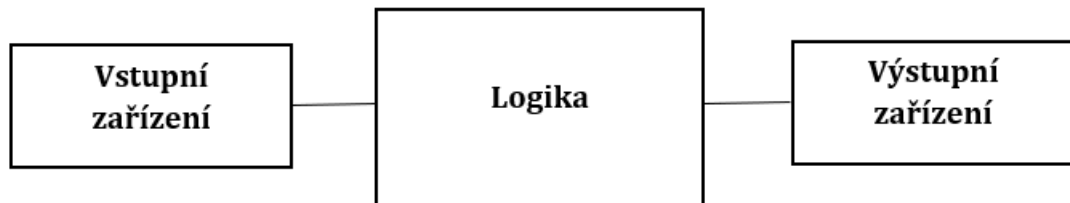
Pro kategorii B platí:

- $MTTF_d$ – každého kanálu může být krátká až střední,
- DC_{avg} – není žádné,
- CCF – není nutné uvažovat.

Kategorie 1

U kategorie 1 musí být splněny požadavky jako pro kategorii B. Dále musí být pro kategorii 1 navrženy a konstruovány bezpečnostní části ovládacího systému stroje za pomoci osvědčených komponentů, principů a zásad. “Osvědčený komponent”

je takový komponent, který byl již v minulosti široce používán s úspěšnými výsledky v obdobných situacích. Může to být také komponent vyrobený a ověřený při použití zásad, které mohou prokázat jeho vhodnost a spolehlivost pro bezpečné použití. Maximální dosažitelný PL pro kategorii 1 je c.



Obrázek 5: Architektura kategorie 1

Výskyt závady může vést ke ztrátě bezpečnostní funkce, ale pravděpodobnost výskytu je menší než v kategorii B. To je způsobeno tím, že $MTTF_d$ každého kanálu je delší.

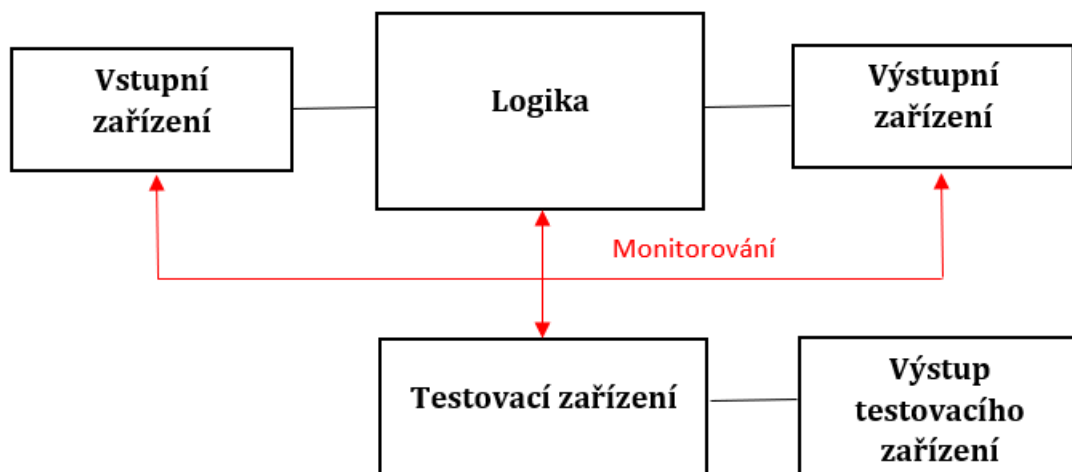
Pro kategorii 1 platí:

- $MTTF_d$ – každého kanálu musí být dlouhá,
- DC_{avg} – není žádné,
- CCF – není nutné uvažovat.

Kategorie 2

Musí být splněny požadavky kategorie B a také dodrženy osvědčené bezpečnostní zásady. Dále musí být SRP/CS kategorie 2 navrženy tak, aby ve vhodných časových intervalech byla kontrolována řídicím systémem stroje. Kontrola bezpečnostní funkce musí být provedena:

- při spuštění stroje,
- před iniciováním jakéhokoliv nebezpečné situace.



Obrázek 6: Architektura kategorie 2

Někdy není vhodné použít kategorii 2, protože kontrola bezpečnostních funkcí nemůže být realizována u všech součástí. Maximální dosažitelný PL pro kategorii 2 je **d**.

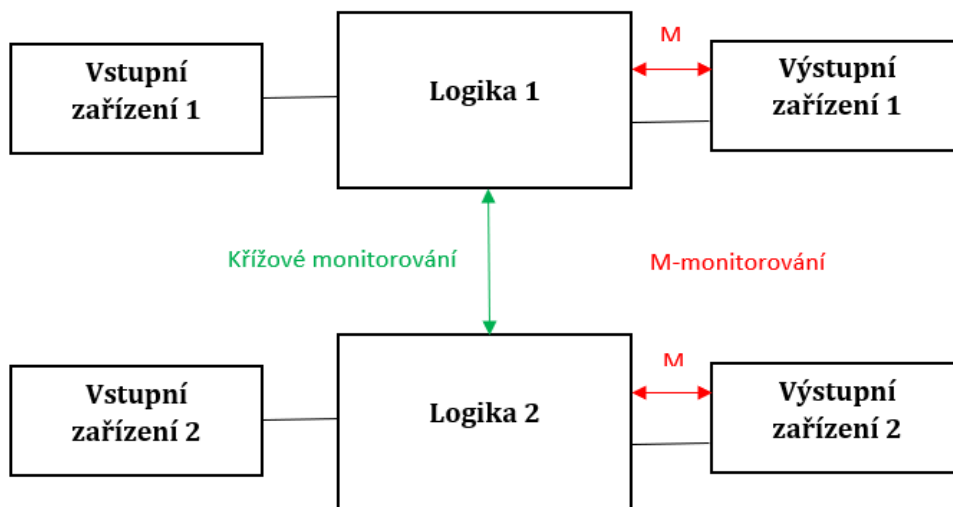
Výskyt závady může vést ke ztrátě bezpečnostní funkce mezi kontrolami. Ztráta bezpečnostní funkce je detekována kontrolou.

Pro kategorii 2 platí:

- $MTTF_d$ – musí být v závislosti na PL_r krátká až dlouhá,
- DC_{avg} – funkčního kanálu by mělo být alespoň nízké,
- CCF – musí být použita opatření proti CCF.

Kategorie 3

Musí být splněny požadavky kategorie B a také dodrženy osvědčené bezpečnostní zásady. Dále musí být SRP/CS kategorie 3 navrženy tak, aby nemohlo dojít ke ztrátě bezpečnostní funkce příčinou závady v jakékoliv z těchto částí. Pokaždé, kdy je to přijatelně možné, se musí detekovat jednotlivá závada při nebo před nejbližší požadovanou bezpečnostní funkcí.



Obrázek 7: Architektura kategorie 3

Vyskytne-li se jednotlivá závada, bezpečnostní funkce je vždy zachována. Avšak ne všechny závady jsou detekovány. V důsledku nahromaděných nedetekovaných závad může dojít ke ztrátě bezpečnostní funkce.

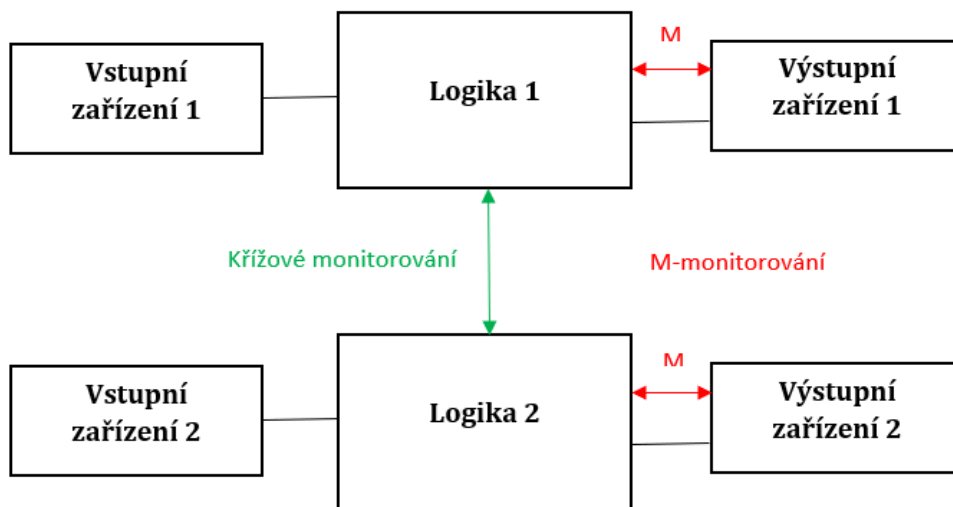
Pro kategorii 3 platí:

- $MTTF_d$ – musí být u každého ze zálohovaných kanálů v závislosti na PL_r krátká až dlouhá,
- DC_{avg} – musí být u všech SRP/CS nízké,
- CCF – musí být použita opatření proti CCF.

Kategorie 4

Pro dosažení kategorie 4 musí být splněny požadavky kategorie B. Musí být použity osvědčené bezpečnostní zásady. Dále musí být SRP/CS kategorie 4 navrženy tak, aby:

- Jednotlivá závada v kterékoliv této části nevedla ke ztrátě bezpečnostní funkce.
- Jednotlivá závada byla detekována při nebo před následujícími požadovanými bezpečnostními funkcemi.
- Pokud detekce není možná, nesmí dojít ke ztrátě bezpečnostní funkce, příčinou nahromaděných závad.



Obrázek 8: Architektura kategorie 4

Vyskytne-li se jednotlivá závada, bezpečnostní funkce je vždy zachována. Závady budou detekovány včas, aby bylo zabráněno ztrátě bezpečnostní funkce.

Pro kategorii 4 platí:

- $MTTF_d$ – musí být u každého ze zálohovaných kanálů dlouhá,
- DC_{avg} – musí být u všech SRP/CS vysoké,
- CCF – musí být použita opatření proti CCF.

6. NORMA EN ISO 10218-2

Norma EN ISO 10218-2 udává bezpečnostní požadavky pro integraci průmyslových robotů a průmyslových systémů robota. Integrace zahrnuje:

- 1) konstrukci, výrobu, instalaci, provoz, údržbu a v poslední řadě vyřazení z provozu průmyslového systému robota, případně buňky,
- 2) nezbytné informace pro všechny procesy v předchozím bodě,
- 3) součásti zařízení průmyslového systému robota nebo buňky.

Text kapitoly vychází z normy EN ISO 10218-2 a norma tak již není v této kapitole citována [7].

6.1 Identifikace nebezpečí a posouzení rizika

6.1.1 Všeobecné požadavky

Charakteristika provozu robotů je významně odlišná od charakteristik jiných strojů a zařízení a to následovně:

- a) roboti jsou schopni vykonávat pohyb s vysokou energií,
- b) obtížné předvídání dráhy ruky robota nebo zahájení pohybu robota, které se navíc může lišit,
- c) provozní prostor robota se může překrývat s provozním prostorem jiných robotů nebo strojů,
- d) při aktivovaném přívodu energie ke stroji může být vyžadováno po obsluze pracovat v blízkosti systému robota.

Je nutné identifikovat nebezpečí a posoudit rizika, která jsou spojená s robotem a jeho aplikací. Tyto údaje poté využít pro navržení vhodného zabezpečení, aby došlo k přiměřenému snížení rizika, a to například zamezením nebezpečí pomocí samotné konstrukce, zamezením kontaktu obsluhy s nebezpečím nebo jiné.

6.1.2 Návrh uspořádání

Návrh uspořádání robota nebo buňky je klíčový proces pro optimální zamezení nebezpečí a tím snížení rizika. Musí být vzaty všechny faktory uvedené v normě ISO 10218-2 v kapitole 4.

6.1.3 Posouzení rizika

System roboty je vždy zapojen do zvláštní aplikace. Z tohoto důvodu musí být vždy provedeno posouzení rizika pro danou aplikaci.

6.1.4 Identifikace nebezpečí

Významná nebezpečí pro roboty a systémy roboty najdeme v příloze A této nomy. Jsou výsledkem identifikace nebezpečí a posouzení rizika podle ISO 12100.

Pro zjištění všech potenciálních nebezpečných situací, a to včetně nepřímých interakcí, je nezbytné identifikovat úkoly, které má vykonávat jak samotná obsluha systému roboty, tak i obsluha připojených zařízení.

6.2 Bezpečnostní požadavky a ochranná opatření

Integrace buněk a systémů roboty musí vyhovovat normám ISO 10218 a ISO 12100.

6.2.1 Vlastnosti ovládacího systému (hardware/software) vztahující se k nebezpečí

Jednotlivé části ovládacího systému ovládající bezpečnostní prvky musí splňovat PL=d se strukturou kategorie 3 normy ISO 13849-1.

6.2.2 Návrh a instalace

Robot, systém roboty a součásti buňky musí být takové, aby odolávaly předpokládaným provozním podmínkám a prostředí.

Ovladače

Zařízení a ovladače vyžadující přístup během automatického režimu musí být instalovány uvnitř zabezpečeného prostoru a tak, aby dovolovaly přímý výhled na mezní prostor roboty.

System roboty nesmí reagovat na příkaz nebo podmínku, která by mohla mít za příčinu nebezpečnou situaci.

Požadavky na zdroje energií

Veškeré zdroje použité pro roboty a jiná zařízení musí splňovat požadavky, které udává výrobce těchto strojů nebo jejich součástí.

Izolování zdrojů energie

Nebezpečné zdroje energie musí být izolovány tak, aby osoby nebyly vystaveny nebezpečí. Proto musí být uzamykatelné nebo zajištěné v poloze, ve které není přítomna energie. Systém robota by měl mít pouze jedno místo pro odpojení všech typů zdroje energie.

Funkce zastavení systému robota a buňky

Systém robota nebo buňka musí mít vždy dva typy zastavení.

1) Nouzové zastavení

Po aktivaci nouzového zastavení musí dojít k zastavení všech pohybů robota a všech nebezpečných funkcí v buňce, případně v rozhraní mezi buňkami.

2) Ochranné zastavení

Systém robota musí mít minimálně jeden obvod ochranného zastavení, který musí být navržený pro připojení vnějších ochranných zařízení. Výběr kategorie zastavení 0 nebo 1 musí být určen posouzením rizika a je popsán v IEC 60204-1.

Zastavení souvisejících zařízení

Vypnutí souvisejícího zařízení se systémem robota nesmí způsobit nebezpečí nebo nebezpečné podmínky.

Požadavky na koncový efektor

Koncový efektor musí splňovat následující kritéria:

- a) ztráta nebo změna dodávky energie nesmí způsobit uvolnění zatížení,
- b) dynamické a statické síly vytvořené společně zatížením a koncovým efektem musí být v rozmezí, na které bylo zařízení dimenzováno,
- c) montážní příruby a příslušenství musí být správně propojeny,
- d) odnímatelné nástroje musí být při užívání správně připojeny a zajištěny,
- e) uvolnění odnímatelného nástroje musí být možné pouze v určených místech, nebo tak aby uvolnění nezpůsobilo nebezpečnou situaci,
- f) koncový efektor musí odolávat předpokládaným silám po celou dobu své životnosti.

Předpokládaná životnost koncového efektoru musí být obsažena v informacích pro použití.

Nebezpečí aplikací

Integrace systému robota musí brát v potaz nebezpečí spojená s procesem (kouř, plyny, chemikálie atd.) a nebezpečí spojená s použitými nástroji.

6.2.3 Aplikace provozního režimu systému robota

Pomocí vhodných prostředků musí být zamezeno nechtěným volbám režimu. Tyto prostředky musí umožnit pouze vybraný režim a samy nesmí iniciovat režim provozu robota. Musí být jasně identifikovatelné jaký režim je aktuálně vybrán a změnou režimu provozu nesmí dojít k vytvoření nebezpečné situace.

1) Automatický režim

Při vstupu do nebezpečného prostoru při automatickém režimu musí dojít k ochrannému zastavení všech zařízení, která by mohla způsobit nebezpečí. Při volbě automatického režimu systému robota nesmí dojít k překonání nebo resetování žádného ochranného zastavení ani podmínky nouzového zastavení. Spuštění automatického režimu musí být možné provést jenom mimo nebezpečný prostor.

V případě, že je přerušeno a znovu obnoveno napájení energií, musí být blokováno automatické spuštění nebezpečných provozů. Ovládání spuštění a opětovného spuštění musí být ovládáno pouze ručně a musí být umístěno mimo nebezpečný prostor, tak aby nebylo možné ho aktivovat zevnitř nebezpečného prostoru. Dále musí být osoby chráněny před spuštěním a opětovným spuštěním buňky robota, pokud se nacházejí uvnitř nebezpečného prostoru. V případě, že z nějakého důvodu není možné snímat přítomnost osob, neočekávanému spuštění musí být zamezeno jinými opatřeními.

2) Ruční režim

Pokud je vyžadován ruční režim, musí být zajištěn jedním ručním ovládacím panelem, který musí splňovat požadavky ISO 10218-1.

Za normálních podmínek by měl být ruční režim prováděn při snížené rychlosti, která by neměla přesáhnout 250 mm/s.

Ruční vysokorychlostní režim může být použit jen k ověření programu. Nesmí být použit pro samotnou výrobu a jakékoli ruční posuvy musí být vykonávány při snížené rychlosti. Vysokorychlostní režim může být povolen pouze za výjimečných okolností, kdy to vyžaduje daná aplikace.

System robotu může mít dálkový přístup pro diagnostiku, zkoušení a jiné. Pokud má být systém robotu dálkově ovládán z místa, které je fyzicky vzdáleno od robotu (např. ze vzdálené kanceláře), pak musí být splněno všech 11 podmínek uvedených v této normě (ISO 1018-2).

6.2.4 Údržba a oprava

Navržený systém robotu musí zahrnovat i postupy pro kontrolu a údržbu, aby byl trvale zajištěn bezpečný provoz. Intervaly kontrol a oprav musí vzít v potaz doporučení daná výrobcem.

6.2.5 Bezpečnostní ochrana

V případě, kdy konstrukcí nejdou odstranit všechna nebezpečí nebo snížit na přiměřené riziko, musí být instalována bezpečnostní ochrana, jako jsou kryty a ochranné prostředky. Někdy mohou být vyžadována i doplňková ochranná opatření, například zaškolení, informace pro použití a jiné.

Všechny kryty musí splňovat ISO 12100 a ISO 14120 a jejich minimální vzdálenost od nebezpečí musí být určena podle požadavků ISO 13857. Kryty spojené s blokovacími zařízeními musí splňovat ISO 14119.

6.3 Ověření a validace bezpečnostních požadavků a ochranných opatření

Provést ověření a validaci návrhu včetně konstrukce systému robotu musí provést výrobce nebo integrátor.

Návod pro ověření a validaci bezpečnostních požadavků a ochranných opatření je uveden v kapitole 6 normy ISO 10218-2 a v ní uvedených přílohách.

6.4 Informace pro použití

Informace pro použití musí obsahovat informace a případně instrukce pro zajištění správného, a především bezpečného použití. Dále zahrnují varování uživatele před zbytkovým rizikem.

Pokud je požadováno zmírnění nebezpečí, musí být definovány požadavky na:

- 1) zaškolení,
- 2) osobní ochranné pomůcky,
- 3) dodatečné kryty nebo ochranná zařízení.

6.4.1 Návod k použití

- a) V návodu k použití musí být uvedeny informace pro všechny fáze použití systému robota. Musí zde být definovány informace a případně kroky při následujících operacích:
 - b) manipulace,
 - c) instalace a uvedení do provozu,
 - d) informace pro zkoušky pro uvedení do provozu,
 - e) systémové informace,
 - f) použití systému,
 - g) údržba,
 - h) vyřazení z provozu,
 - i) specifické znaky robota,
 - j) značení.

Přesně definované požadavky jsou uvedené v kapitole 7.2 normy ISO 10218-2.

7. BEZPEČNOSTNÍ PRVKY PRO STROJNÍ ZAŘÍZENÍ

Bezpečnostní části ovládacích systémů jsou zahrnuty do celého řetězce bezpečnostní funkce a dělí se do tří skupin. Mezi tyto skupiny patří:

- bezpečnostní vstupní zařízení,
- bezpečnostní logické řídicí systémy – zařízení, které zpracovávají signál a na základě bezpečnostní funkce ho vyhodnotí (bezpečnostní relé, bezpečnostní řídicí relé),
- bezpečnostní výstupní zařízení – zařízení, které spínají a odpínají silovou část (stykače, ventily atd.) [1][8].

7.1 Bezpečnostní vstupní zařízení

Bezpečnostní vstupní zařízení jsou zařízení, které detekují nebezpečné situace (tlačítko nouzového zastavení, polohový spínač atd).

Bezpečnostní zařízení pro detekci přítomnosti

Bezpečnostní zařízení pro detekci přítomnosti slouží k detekci přítomnosti objektů nebo osob v blízkosti nebezpečné oblasti. Mezi tyto zařízení se řadí:

- bezpečnostní světelné závory,
- bezpečnostní laserové skenery,
- bezpečnostní senzory pro detekci rukou,
- rohože citlivé na tlak [1][8].

Bezpečnostní blokovací spínače

Bezpečnostní blokovací spínače se dělí na:

- koncové spínače,
- ochranné spínače,
- spínače nouzového zastavení [1][8].

Zařízení pro nouzové zastavení a vypnutí

Mezi zařízení pro nouzové zastavení a vypnutí spadají:

- vypínače nouzového zastavení,
- povolovací spínače a lankové spínače – funkce nouzového vypnutí v rámci celé aplikace [1][8].

7.2 Bezpečnostní logické řídicí systémy

Bezpečnostní relé

Bezpečnostní relé slouží ke kontrole a monitorování bezpečnostních systémů a podle situace buď dovolí spuštění stroje, nebo ho zastaví. U menších strojů, kde je k vykonávání bezpečnostní funkce zapotřebí vyhrazené logické zařízení, jsou neekonomičtější bezpečnostní relé s jednou funkcí. Na místech, kde je potřeba velký počet ochranných zařízení a minimální řízení zóny, je výhodnější a ekonomičtější použít konfigurovatelná relé [1][8].

Integrované bezpečnostní procesory

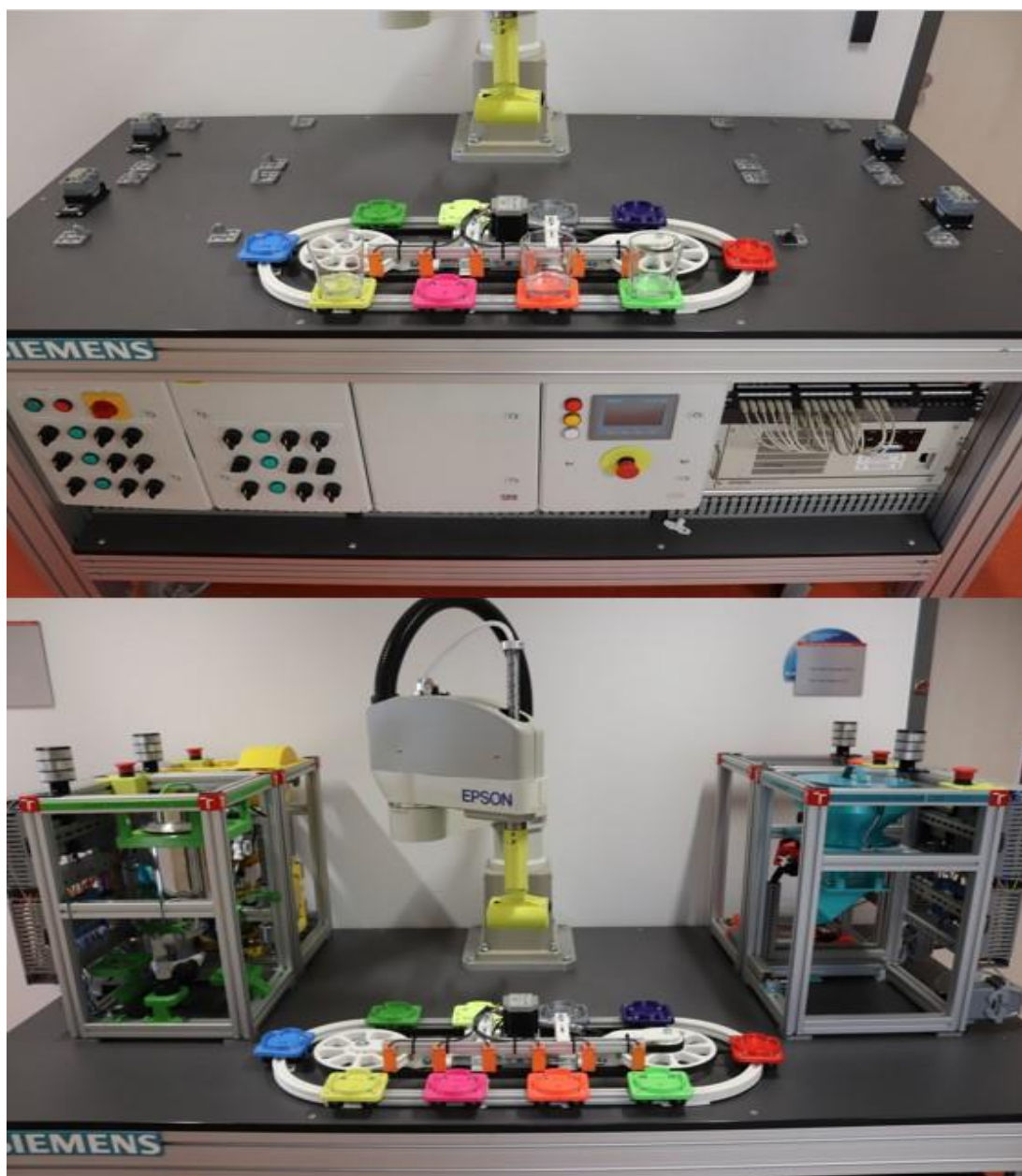
Integrované bezpečnostní procesory nabízejí výhody tradičních procesorových systémů a nahrazují pevně zapojené reléové systémy. Umožňují, aby byly standardní a bezpečnostní programy umístěny v šasi jediného procesoru. Díky tomu poskytují flexibilitu z hlediska programování a použitelné a známé prostředí pro programátory. Bezpečnostní procesory poskytují otevřené a integrované řízení, jenž pomůže zajistit bezpečnost strojního zařízení a ochranu provozních zdrojů [1][8].

7.3 Bezpečnostní výstupní zařízení

Do kategorie bezpečnostních výstupních zařízení patří například bezpečnostní stykače, spouštěče a řídicí relé, které napomáhají chránit personál před nezamýšlenými rozběhy stroje a ztrátou bezpečnostních funkcí [1][8].

8. TESTBED PRŮMYSLU 4.0

Projekt s pracovním názvem Barman vznikl za účelem umožnit studentům využít své získané teoretické poznatky v praxi při řešení reálných úkolů a problémů. Funkce testbedu je plně automatizovaný barman. Studenti pracující na tomto projektu mají možnost vyzkoušet si všechny úrovně řídicího procesu automatizace (řídicí algoritmy, čtení senzorů, MES, ERP, komunikace s cloudovou platformou, rozšířenou realitu a jiné principy charakterizující průmysl 4.0) [9].



Obrázek 9: Testbed průmyslu 4.0. Foceno 7.5.2019[11].

8.1 Konfigurace testbedu

Barman je realizován na dvou metrech čtverečních v podobě robotického stanoviště, kde na pracovní ploše ve výšce cca 1 metr nad podlahou jsou umístěny plně autonomní buňky a podpůrné a řídicí prvky jsou umístěny pod pracovní plochou, viz Obrázek 9. Funkce robotického zařízení je koncipována tak, že pomocí mobilní aplikace si zákazník objedná míchaný nápoj (drink) a barman tento drink namíchá do skleničky, které jsou umístěny v zásobníku skleniček. Na každé skleničce je ze spodní strany umístěn NFC čip, do kterého je při zahájení výroby uložen recept nápoje. Každá buňka má čtečku NFC čipů. Proces výroby je koncipován tak, že výroba je realizována na základě informací uložených v tomto čipu. Na základě dat uložených v NFC čipu se zjistí následující výrobní úkol a vyhledá se možný způsob transportu do buňky, která jej vykoná. Celý Barman bude kompletně nasimulován v počítači (v digitální podobě) [9][10].

Momentálně jsou ve vývoji následující buňky:

- sklad skleniček (čistých i špinavých) s vlastním manipulátorem,
- sklad drinků s vlastním robotickým manipulátorem,
- sklad nealko nápojů,
- drtič ledu s mrazákem,
- šejkr,
- výrobník sody s vlastním chlazením a automatickým doplňováním vody,
- hlavní robotický manipulátor,
- dopravní pás pro distribuci hotových produktů [9][10].

9. ANALÝZA RIZIK A NÁVRH ZABEZPEČENÍ PRO TESTBED PRŮMYSLU 4.0

S ohledem na to, že strojní zařízení jsou stále ve vývoji, nejsou k dispozici žádné přesné průvodní dokumenty k vyvíjeným strojním zařízením. Posouzení rizik a návrh zabezpečení byl proto vypracován na základě informací a relevantních požadavků dodaných uživateli a konstruktéry daného strojního zařízení VUT Brno FEKT Ústav automatizace.

Jednotlivá strojní zařízení se mohou provozovat buď každé samostatně nebo společně se stolem demonstrátoru průmyslu 4.0 jako jedno robotické pracoviště. S ohledem na tuto věc musí být provedena analýza rizik, posouzení rizik a návrh zabezpečení pro každé strojní zařízení samostatně, aby bylo možné odhalit všechna nebezpečí. Pro analýzu rizik, posouzení rizik a návrh zabezpečení byly využity normy:

- EN ISO 12 100:2011 (Bezpečnost strojních zařízení – Všeobecné zásady pro konstrukci – Posouzení rizika a snižování rizika),
- EN 60 204-1 ed. 2 (Bezpečnost strojních zařízení – Elektrická zařízení strojů – Část 1: Všeobecné požadavky),
- EN 61 439-1 ed. 2 (Rozvaděče nízkého napětí – Část 1: Všeobecná ustanovení),
- EN ISO 14 119:2014 (Bezpečnost strojních zařízení – Obecné požadavky pro konstrukci a výrobu pevných a pohyblivých ochranných krytů),
- EN ISO 14 120:2017 (Bezpečnost strojních zařízení – Blokovací zařízení spojená s ochrannými kryty – Zásady pro konstrukci a volbu),
- EN ISO 13 849-1 (Bezpečnost strojních zařízení – Bezpečnostní části ovládacích systémů – Část 1: Všeobecné zásady pro konstrukci),
- EN ISO 13 849-2 (Bezpečnost strojních zařízení – Bezpečnostní části ovládacích systémů – Část 2: Ověřování platnosti).

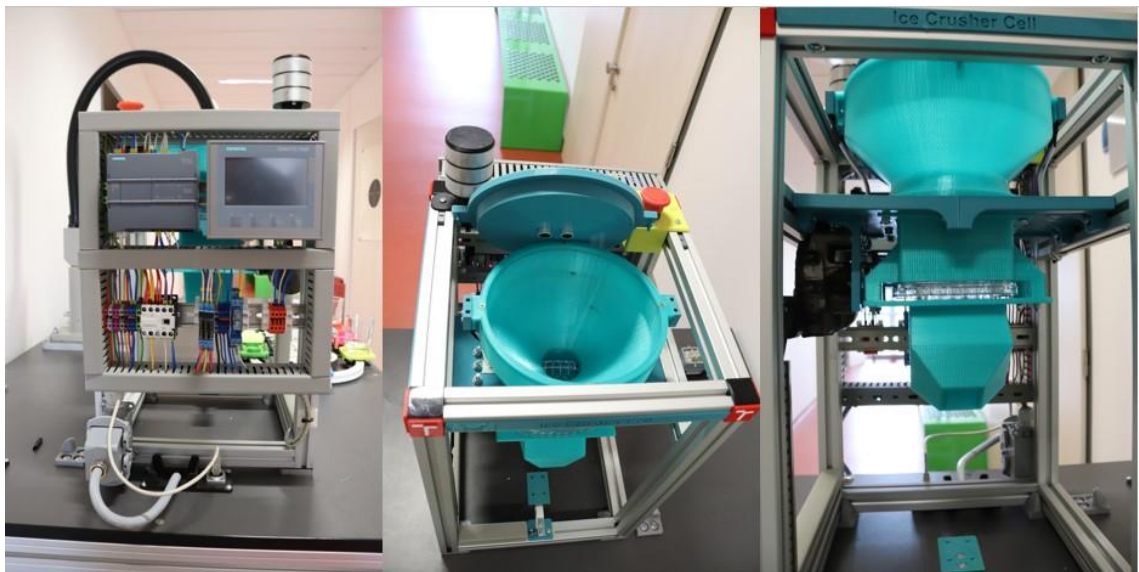
Identifikace nebezpečí byla provedena pro všechny fáze životnosti stroje, tj.:

- doprava, montáž a instalace,
- uvedení do provozu,
- používání, seřizování, údržba a oprava,
- demontáž, likvidace.

V návrhu pro zabezpečení není vytvořen žádný detailní návrh pro zabezpečení testbedu. Přesné návrhy nebylo prakticky možné udělat, protože celý projekt se rychle vyvíjí a každou chvíli se stále něco mění. Proto je i možné, že se u jednotlivých buněk budou vyskytovat staré informace, které již nebudou pravdivé. Bohužel z časových důvodů nejde čekat na to až bude testbed kompletně hotový. Poté by bylo teprve možné udělat přesnou analýzu a návrh na zabezpečení.

Kapitola 9 je inspirována protokolem o posouzení rizik dle EN ISO 12 100 a EN ISO 13 849-1[11]. Protokol tak již není dále citován.

9.1 Drtič ledu



Obrázek 10: Drtič ledu-z leva: pohled zepředu, ze shora, zezadu. Foceno 7.5.2019[11].

9.1.1 Všeobecné informace

Strojní zařízení s názvem drtič ledu se momentálně nachází ve vývoji. Je vyvíjeno pro veletrhy, prezentace či podobné reprezentační akce a pro školní výuku na VUT v Brně. Drtič ledu je určen k drcení ledu do připravené prázdné skleničky

v uzavřeném provozu. Uzavřeným provozem se v tomto případě rozumí zastřešený, uzavřený a vytápěný prostor. Drtič ledu není určen pro venkovní použití. Buňka drtiče ledu je schopna pracovat samostatně nebo společně s ostatními buňkami na stole demonstrátoru průmyslu 4.0.

Strojní zařízení má hliníkový rám, který tvoří základ buňky. V tomto rámu je umístěno samotné tělo drtiče ledu a podstavec pro skleničku. Tělo drtiče ledu se skládá z vrchního násypného místa, které je kryté víkem. Toto víko je blokováno dvěma mikrospínači, umístěnými proti sobě z boku těla drtiče ledu. Uvnitř těla jsou umístěny nože a mřížka nožů, které se společně s motorem, který je umístěn na vnější straně těla drtiče ledu, starají o samotné drcení ledu. Rozdrcený led dále putuje pomocí tunelu přímo do připravené skleničky na podstavci pro ni určeném. Podstavec skleničky je připevněn na tenzometru. Tenzometr slouží pro odměřování daného množství ledu a pro dohled, zda je opravdu přítomná sklenička, do které se má dávkovat led. Na čelní straně buňky jsou umístěny řadové svorky, stykač, relé, PLC a HMI panel. Všechny tyto komponenty jsou namontovány na dvou DIN lištách, které jsou připevněny přímo na hliníkový profil rámu. Na vrchní části hliníkového rámu je umístěno tlačítko nouzového zastavení a majáček se třemi barvami. Buňka je určena pro napájení ze zdroje 24V DC (laboratorní zdroj nebo zdroj ve stole demonstrátoru průmyslu 4.0). Připojení ke zdroji nebo ke stolu demonstrátoru je provedeno pomocí průmyslového 10 pinového konektoru a potřebného počtu vodičů. Tento konektor je umístěn na čelní straně buňky ve spodní části na hliníkové konstrukci.

9.1.2 Rozměry zařízení

Rozměry hliníkové konstrukce drtiče ledu jsou:

- šířka 330 milimetrů,
- výška 500 milimetrů,
- hloubka 330 milimetrů.

Jako rozměr rozvaděče je brána elektronika na přední straně strojního zařízení včetně jejího ohraničení kabelovými žlaby. Hloubka rozvaděče je měřena od hliníkové konstrukce po okraj nejvíce vyčnívajícího komponentu.

V tomto případě se jedná o panel HMI. Rozměry rozvaděče jsou:

- šířka 330 milimetrů,
- výška 370 milimetrů,
- hloubka 90 milimetrů.

Váha konstrukce bez provozních kapalin a skleničky je přibližně 12 kilogramů. Drtič ledu je navržen pro použití skleničky IKEA-Godis 23cl nebo skleničky stejného rozměru.

9.1.3 Nedostatky konstrukce

Nedostatky konstrukce, které mají vliv na bezpečnost drtiče ledu nebo nesplňují normy:

- Použitý motor je bez jakéhokoli označení, tudíž není možné zjistit přesný typ motoru a jeho parametry.
- Tenzometr, který hlídá přítomnost skleničky, zjišťuje, zda není dodána sklenička prázdná a odměřuje danou dávku ledu, nemá žádnou oficiální dokumentaci od výrobce. Není tedy možné dohledat, zda byl tenzometr validován a jestli má nějaké garantované parametry.
- Použité mikrospínače, které mají vykonávat bezpečnostní funkci, a to zastavení drtiče ledu v případě, že není víko drtiče ledu na správném místě, nemají žádnou oficiální dokumentaci od výrobce. Není tak možné dohledat, zda byly mikrospínače validovány, jaké normy splňují a zda mají garantované nějaké parametry. Nelze ani zjistit jaký počet sepnutí mikrospínače vydrží. Jedná se sice o spínací mikrospínače, které jsou zapojeny tak, aby v případě přerušení vodiče nemohlo dojít k rozběhu daného motoru. Nelze však vyloučit, že nemůže dojít ke spečení kontaktů v sepnuté poloze. Pokud by ke spečení kontaktů v sepnuté poloze došlo, mohlo by to zapříčinit chybnou funkci mikrospínačů.
- Tlačítko nouzového zastavení nemá žádnou oficiální dokumentaci. Není možné tedy dohledat, zda prošlo validací a jaké jsou jeho garantované parametry.
- Použité elektrické komponenty nemají žádnou odolnost proti vniknutí kapalin.
- Barvy vodičů neodpovídají normě EN 60204-1.

- Elektrické komponenty na přední straně drtiče ledu nejsou nijak chráněny proti možnému dotyku na živé části. Drtič ledu je napájen 24V DC, které se považuje za bezpečné napětí. Vzhledem k možnému napájení ze zdrojů, které převádí síťových 230V AC na výstupních 24V DC, nelze zaručit, že se na vstupu drtiče ledu v případě poruchy zdroje neobjeví 230V AC. Někdo také může připojit přírodní vodiče na jiné napětí než 24V DC.

9.1.4 Identifikace nebezpečí a zhodnocení rizika

Vzhledem k tomu, že rozběh motoru bez víka drtiče ledu je blokován mikrospínači, které neprošly řádnou validací, je na drtič ledu nahlíženo, jako by nebyl nijak blokován.

Největší bezpečnostní riziko představují nože a mřížka drtiče ledu. Může zde dojít ke stlačení, pořezání a oddělení částí těla (například prstů), případně k navinutí, vtažení nebo zachycení vlasů, přívěšků, řetízků, oblečení a dalších volně visících předmětů.

Pro zhodnocení rizika je, nutné vypočítat součin HRN (Hazard Rating Number), který závisí na následujících prvcích:

- **DPH** – závažnosti úrazu na základě nebezpečné události,
- **LO** – pravděpodobnost výskytu tohoto úrazu,
- **NP** – počet osob, které jsou vystaveny nebezpečné události,
- **FE** – četnosti výskytu nebezpečné události.

Možnost vyvarování se nebo omezení úrazu je hodnocena v rámci parametru **LO**.

DPH – závažnosti zranění na základě nebezpečné události

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 nebezpečné události

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 vystavujících se nebezpečné události

1–2 lidé	1
3–7 lidí	2
8–15 lidí	4
16–50 lidí	8
více než 50 lidí	12

FE – četnosti výskytu nebezpečné události Error! Reference source not found.

Ročně	0,5
Měsíčně	1
Týdně	1,5
Denně	2,5
Co hodinu	4
	5 Error!
	Reference
Stále	source
	not
	found.

$$\text{HRN} = \text{DPH} \times \text{LO} \times \text{NP} \times \text{FE}$$

Rovnice 1: Výpočet Hazard Rating Number

Vyhodnocení HRN je rozděleno do skupin:

0–1	Zanedbatelné riziko
1–5	Velmi nízké riziko
5–10	Nízké riziko
10–50	Významné riziko
50–100	Vysoké riziko
100–500	Velmi vysoké riziko
500 – 1 000	Extrémní riziko
Více než 1 000	Neakceptovatelné riziko

Výpočet se musí provést v souladu s normou ISO / TR 14 121-2 před navržením ochranných opatření k zajištění bezpečnosti, tak i k ověření vhodnosti a účinnosti navržených ochranných opatření po provedeném návrhu ochranných opatření.

Různými druhy aplikovaných ochranných opatření k zajištění bezpečnosti jsou postupně snižovány jednotliví činitelé součinu HRN, dokud není snížen součin HRN minimálně na 5.

Výpočet HRN pro identifikované nebezpečí:

- DPH: 6
- LO: 10
- NP: 1
- FE: 5

$$\text{HRN}=6*10*1*5=300$$

Rovnice 2: Výpočet HRN pro identifikované nebezpečí na drtiči ledu

Číslo 150 odpovídá velmi vysokému riziku.

9.1.5 Návrh řešení

U komponentů, u kterých není možné identifikovat označení a výrobce nebo u kterých není jistota, zda mají potřebnou validaci, je nutné kontaktovat prodejce, aby doložil potřebné dokumenty k těmto komponentům. Je potřeba doložit dokumenty prokazující jaké normy tyto komponenty splňují, jakou validaci mají, že na těchto komponentech bylo vytvořeno ES prohlášení o shodě a dodat návod k obsluze. Pokud prodejce nebude schopen tyto dokumenty doložit u nějakého komponentu, je nutné tento komponent nahradit. Pokud v návrhu zabezpečení nebude dáno jinak,

nahrazení musí být provedeno pokaždé za osvědčený komponent nebo alespoň komponent

od relevantního výrobce s odpovídající validací, s potřebnými parametry a dokumentací. Osvědčený komponent je takový komponent, který má výrobce strojního zařízení již vyzkoušený například na jiných zařízeních. Jako další možnost má výrobce strojního zařízení nechat tyto komponenty validovat podle daných norem. Avšak tato možnost by byla nákladnější než tyto komponenty vyměnit za relevantní náhrady. Není také jisté, zda by tyto komponenty prošly testováním při validaci (tak jak byly zakoupeny).

Po výměně motoru za relevantní náhradu bude muset být provedeno certifikované měření doběhu motoru. Z měření vyplyne, zda je vzdálenost víka od nožů drtiče ledu dostatečná nebo zda bude nutné tuto vzdálenost zvětšit.

Funkce nouzového zastavení má požadovanou úroveň vlastností PL_r **d**.

Elektrické komponenty na přední straně drtiče ledu namontovat do rozvaděče se stupněm krytí před vniknutím kapalin minimálně IPx4 a pro průchod kabelů použít průchodky také s minimálně IPx4.

Elektrické komponenty, které nebudou uvnitř rozvaděče, koupit alespoň s odolností proti vniknutí kapalin IPx4 anebo by se měly dodat kryty, které by tento požadavek splňovaly.

Vytvořit blokování víka drtiče ledu jako samostatný bezpečnostní obvod, pomocí safety relátka a mechanických spínačů, nebo místo mechanických spínačů použít bezpečnostní zámky. U blokování víka drtiče ledu je požadovaná úroveň bezpečnosti PL_r **d**. Tímto se zabrání největšímu možnému riziku, co se týče možného úrazu na drtiči ledu.

V poslední řadě vytvořit průvodní dokumentaci a návod k obsluze ke strojnímu zařízení.

V návodu k obsluze bude nutné:

- Uvést rozměry skleničky, které mohou být použity.
- Zmínit význam jednotlivých barev majáčku.
- Definovat přemísťování drtiče ledu pouze se zajištěnými komponenty bez ledu a skleničky.

- Upozornit, že obsluha drtiče ledu musí být seznámena s návodem k obsluze drtiče ledu a s bezpečnostními požadavky drtiče ledu.
- Důrazně upozornit obsluhu drtiče ledu na přísný zákaz konzumace alkoholických nápojů a dodržování bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.
- Uvést doporučení 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 drtiče ledu. Tyto práce mohou provádět pouze pracovníci s oprávněním pro samostatnou činnost § 6 vyhláška č. 50/1978 Sb. Pracemi údržby se rozumí např. výměna snímačů nebo výměna poškozených mechanických částí. V případě závažnější poruchy, např. bezpečnostních relé je nutné zajistit si odbornou opravu.

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

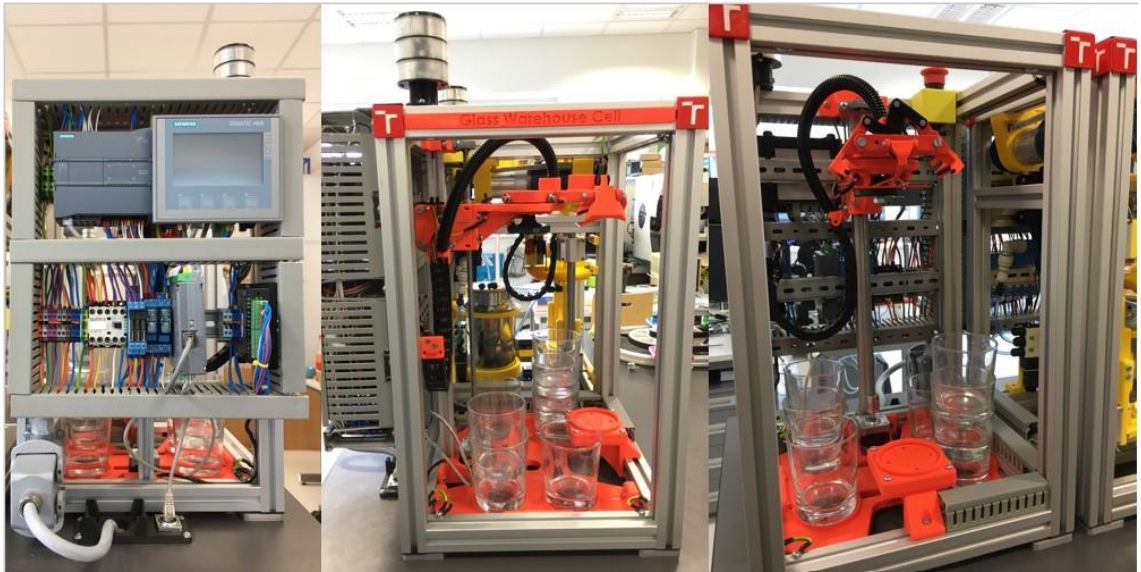
9.1.6 Doporučené intervaly údržby

Kontrola celistvosti a nepoškozených částí drtiče ledu musí být vykonána obsluhou před každým uvedením zařízení do provozu. Kontrolu funkčnosti ochranných prvků k zajištění bezpečnosti, tj. zkoušku ovladače nouzového zastavení a zkoušku funkčnosti snímačů, je nutné provádět minimálně po každém přemístění a opětovné instalaci.

DŮLEŽITÉ UPOZORNĚNÍ!

Zařízení nesmí být uvedeno do provozu s poškozenými nebo demontovanými částmi mechanismu drtiče ledu.

9.2 Sklad skleniček



**Obrázek 11: Sklad skleniček-z leva: pohled zepředu, z boku, zezadu.
Foceno 15.5.2019.**

9.2.1 Všeobecné informace

Strojní zařízení s názvem sklad skleniček se momentálně nachází ve vývoji. Je vyvíjeno pro veletrhy, prezentace či podobné reprezentační akce a pro školní výuku na VUT v Brně. Sklad skleniček je určen pro skladování/ukládání špinavých skleniček a pro skladování/vydávání čistých skleniček v uzavřeném provozu. Uzavřeným provozem se v tomto případě rozumí zastřešený, uzavřený a vytápěný prostor. Drtič ledu není určen pro venkovní použití. Buňka je schopna pracovat samostatně nebo společně s ostatními buňkami na stole demonstrátoru průmyslu 4.0.

Strojní zařízení má hliníkový rám, který tvoří základ buňky. V tomto rámu je umístěn samotný mechanismus skladu skleniček a podstavec pro vydávání a uskladňování skleniček. Ve spodu buňky jsou vytvořeny 4 skladovací prostory pro skleničky. Skleničky jsou podávány pomocí pohyblivého manipulátoru. Manipulátor se pohybuje ve vertikální ose po šroubové tyči poháněné krokovým motorem. Maximální výška je detekována pomocí optické závory ve tvaru U. Jiný údaj o výšce není detekován. Maximální zdvih skleničky pomocí manipulátoru je přibližně 360 milimetrů. V horizontální ose se manipulátor může otáčet maximálně o 280° pomocí DC motorku spojeného pomocí řemenu a řemenového kola s osou manipulátoru. Maximální natočení je hlídáno pomocí optické závory ve tvaru U.

Na čelní straně buňky jsou umístěny řadové svorky, magnetový stykač, relé, PLC a HMI panel. Všechny tyto komponenty jsou namontovány na dvou DIN lištách, které jsou připevněny přímo na hliníkový profil rámu. Na vrchní části hliníkového rámu je umístěno tlačítko nouzového zastavení tlačítko a majáček se třemi barvami. Buňka je určena pro napájení ze zdroje 24V DC (laboratorní zdroj, nebo zdroj ve stole demonstrátoru průmyslu 4.0). Připojení ke zdroji nebo ke stolu demonstrátoru je provedeno pomocí průmyslového 10 pinového konektoru a potřebného počtu vodičů. Tento konektor je umístěn na čelní straně buňky ve spodní části na hliníkové konstrukci.

9.2.2 Rozměry zařízení

Rozměry hliníkové konstrukce strojního zařízení jsou:

- šířka 330 milimetrů,
- výška 500 milimetrů
- hloubka 330 milimetrů.

Jako rozměr rozvaděče je brána elektronika na přední straně strojního zařízení včetně jejího ohraničení kabelovými žlaby. Hloubka rozvaděče je měřena od hliníkové konstrukce po okraj nejvíce vyčnívajícího komponentu, v tomto případě panelu HMI. Rozměry rozvaděče jsou:

- šířka 330 milimetrů
- výška 370 milimetrů
- hloubka 90 milimetrů.

Váha konstrukce bez provozních kapalin a skleničky je přibližně 12 kilogramů. Sklad skleniček je navržen pro použití skleničky IKEA-Godis 23cl nebo skleničky stejného rozměru.

9.2.3 Nedostatky konstrukce

Nedostatky konstrukce, které mají vliv na bezpečnost drtiče ledu nebo nesplňují normy:

- Použité motory nemají žádnou dohledatelnou dokumentaci. Není možné dohledat, zda byly motory validovány, jaké normy splňují a zda mají garantované nějaké parametry.

- Optické senzory, které slouží k hlídání maximální výšky a maximálního natočení manipulátoru, nemají žádnou dokumentaci. Není možné tedy dohledat, zda byl použitý optický senzor validován a jestli má nějaké garantované parametry.
- Tlačítko nouzového zastavení nemá žádnou oficiální dokumentaci. Není možné tedy dohledat, zda prošlo validací a jaké jsou jeho garantované parametry.
- Použité elektrické komponenty nemají žádnou odolnost proti vniknutí kapalin.
- V případě výpadku napájení manipulátor neudrží skleničku a ta mu vypadne.
- Barvy vodičů neodpovídají normě EN 60204-1.
- Elektrické komponenty na přední straně skladu skleniček nejsou nijak chráněny proti možnému dotyku na živé části. Sklad skleniček je napájen 24V DC, které se považuje za bezpečné napětí. Vzhledem k možnému napájení ze zdrojů, které převádí síťových 230V AC na výstupních 24V DC, nelze zaručit, že se na vstupu drtiče ledu v případě poruchy zdroje neobjeví 230V AC. Někdo také může připojit přívodní vodiče na jiné napětí než 24V DC.

9.2.4 Identifikace nebezpečí a zhodnocení rizika

Největší bezpečnostní riziko představuje volný přístup do skladu skleniček. Může dojít ke stlačení a stříhu. Případně k navinutí vtažení, zachycení vlasů, přívěšků, řetízku, oblečení a dalších volně visících.

Výpočet HRN pro identifikované nebezpečí:

- DPH: 0,5
- LO: 10
- NP: 2
- FE: 5

$$\text{HRN} = 0,5 * 10 * 2 * 5 = 50$$

Rovnice 3: Výpočet HRN pro identifikované nebezpečí na skladu skleniček

Číslo 50 je přelom významného rizika a vysokého rizika.

9.2.5 Návrh řešení

U komponentů, u kterých není možné identifikovat označení a výrobce nebo u kterých není jistota, zda mají potřebnou validaci, je nutné kontaktovat prodejce, aby doložil potřebné dokumenty k těmto komponentům. Je potřeba doložit dokumenty prokazující jaké normy tyto komponenty splňují, jakou validaci mají, že na těchto komponentech bylo vytvořeno ES prohlášení o shodě a dodat návod k obsluze. Pokud prodejce nebude schopen tyto dokumenty doložit u nějakého komponentu, je nutné tento komponent nahradit. Pokud v návrhu zabezpečení nebude dáno jinak, nahrazení musí být provedeno pokaždé za osvědčený komponent nebo alespoň komponent od relevantního výrobce s odpovídající validací, s potřebnými parametry a dokumentací. Jako další možnost má výrobce strojního zařízení nechat tyto komponenty validovat podle daných norem. Avšak tato možnost by byla nákladnější než tyto komponenty vyměnit za relevantní náhrady. Není také jisté, zda by tyto komponenty prošly testováním při validaci (tak jak byly zakoupeny).

Funkce nouzového zastavení má požadovanou úroveň vlastností PL_r **b**.

Elektrické komponenty na přední straně drtiče ledu namontovat do rozvaděče se stupněm krytí před vniknutím kapalin minimálně IPx4 a pro průchod kabelů použít průchodky také s minimálně IPx4.

Elektrické komponenty, které nebudou uvnitř rozvaděče, koupit alespoň s odolností proti vniknutí kapalin IPx4 anebo jim dodat kryty, které by tento požadavek splňovaly.

Vytvořit kompletní zakrytování skladu skleniček ze všech stran pomocí průhledného polykarbonátu. Ze strany, kde je výdejní stojánek skleničky, musí být vytvořen pohyblivý ochranný kryt s blokováním. Tento ochranný kryt musí být jednoduše demontovatelný. Kryt musí být pohyblivý, aby bylo možné skleničky vkládat a brát z podstavce pro skleničku při samostatném provozu. Zároveň musí jít pohyblivý kryt jednoduše sundat pro případ, že bude buňka pracovat na stole demonstrátoru průmyslu 4.0, aby měl robot přístup do buňky. Pro snadnější zakládání čistých skleniček a vyndávání špinavých skleniček se musí vytvořit na vrchní straně pohyblivý kryt s blokováním. Poté ostatní kryty připevnit napevno pomocí safety torxů minimálně na čtyřech místech (v každém rohu). Zakrytování musí být provedeno i pod rozvaděčem. Rozvaděč bude poté umístěn až na krytu. Názvy buněk

a logo školy bude muset být umístěno až na krytech. Pro průchod kabelů skrz kryty se musí použít průchodky minimálně s IPx4. Z konstrukčních důvodů není možné umístit polykarbonát do hliníkových profilů.

V poslední řadě vytvořit průvodní dokumentaci a návod k obsluze ke strojnímu zařízení.

V návodu k obsluze bude nutné:

- Uvést rozměry skleničky, které mohou být použity.
- Stanovit maximální počet skleniček na sobě v jednom sloupci na 7.
- Zmínit význam jednotlivých barev majáčku.
- Definovat přemístování skladu skleniček pouze se zajištěnými komponenty a bez skleničky.
- Upozornit, že obsluha skladu skleniček musí být seznámena s návodem k obsluze drtiče ledu a s bezpečnostními požadavky skladu 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 skladu skleniček. Tyto práce mohou provádět pouze pracovníci s oprávněním pro samostatnou činnost § 6 vyhláška č. 50/1978 Sb. Pracemi údržby se rozumí např. výměna snímačů nebo výměna poškozených mechanických částí. V případě závažnější poruchy, např. bezpečnostních relé je nutné zajistit si odbornou opravu.

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

9.2.6 Doporučené intervaly údržby

Kontrola celistvosti a nepoškozených částí skladu skleniček musí být vykonána obsluhou před každým uvedením zařízení do provozu. Kontrolu funkčnosti ochranných prvků k zajištění bezpečnosti, tj. zkoušku ovladače nouzového zastavení a zkoušku funkčnosti snímačů, je nutné provádět minimálně po každém přemístění a opětovné instalaci.

DŮLEŽITÉ UPOZORNĚNÍ!

Zařízení nesmí být uvedeno do provozu s poškozenými nebo demontovanými částmi mechanismu drtiče ledu.

9.3 Šejkr



**Obrázek 12: Šejkr-z leva: pohled zepředu, z boku, zezadu.
Foceno 7.5.2019[11].**

9.3.1 Všeobecné informace

Strojní zařízení s názvem šejkr se momentálně nachází ve vývoji. Je vyvíjeno pro veletrhy, prezentace či podobné reprezentační akce a pro školní výuku na VUT v Brně. Šejkr je určen k promíchání drinku v připravené skleničce v uzavřeném provozu. Uzavřeným provozem se v tomto případě rozumí zastřešený, uzavřený a vytápěný prostor. Šejkr není určen pro venkovní použití. Buňka šejkru je schopna

pracovat samostatně nebo společně s ostatními buňkami na stole demonstrátoru průmyslu 4.0.

Strojní zařízení má hliníkový rám, který tvoří základ buňky. V tomto rámu je umístěn samotný mechanismus šejkru. Podstavec pro skleničku je umístěn pomocí uchycení s lineárním kuličkovým pouzdrům k vodící tyči. Nad ním na vodících tyčích se nachází víčko šejkru, které je vybavené dvěma elektromagnetickými zámky. Podél vodící tyče jsou umístěny tři indukční senzory, které zajišťují správné pozice podstavce pro skleničku a víčka šejkru. Víčko šejkru je připevněno k otočnému mechanismu poháněného pomocí DC motoru. Víčko šejkru má svůj otočný odkapávač, pomocí kterého se dá víčko opláchnout vodou. Odkapávač se otáčí pomocí DC motorku přibližně o 180°, kdy jsou jeho krajní polohy, ve kterých se má zastavit vymezeny mikrosplínači. Z odkapávače vedou dvě hadičky. Jedna hadička je určena pro odstříkávání vodou a druhá pro odtok vody do tanku. Za mechanismem šejkru je na spodní části umístěn tank na vodu. V této nádobě je čistá voda pro oplachování víčka šejkru a zároveň je do ní odváděna kapalina z odkapávače. Vodu z tanku a do tanku je možné čerpat pomocí dvoupolohového pěticestného elektromagnetického ventilu a mikro membránového čerpadla. Na čelní straně buňky jsou umístěny řadové svorky, stykač, relé, PLC a HMI panel. Všechny tyto komponenty jsou namontovány na dvou DIN lištách, které jsou připevněny přímo na hliníkový profil rámu. Na vrchní části hliníkového rámu je umístěno tlačítko nouzového zastavení a majáček se třemi barvami. Buňka je určena pro napájení ze zdroje 24V DC (laboratorní zdroj nebo zdroj ve stole demonstrátoru průmyslu 4.0). Připojení ke zdroji nebo ke stolu demonstrátoru je provedeno pomocí průmyslového 10 pinového konektoru a potřebného počtu vodičů. Tento konektor je umístěn na čelní straně buňky ve spodní části na hliníkové konstrukci.

9.3.2 Rozměry zařízení

Rozměry hliníkové konstrukce drtiče ledu jsou:

- šířka 330 milimetrů,
- výška 500 milimetrů,
- hloubka 330 milimetrů.

Jako rozměr rozvaděče je brána elektronika na přední straně strojního zařízení včetně jejího ohraničení kabelovými žlaby. Hloubka rozvaděče je měřena od hliníkové konstrukce po okraj nejvíce vyčnívajícího komponentu. V tomto případě se jedná o panel HMI. Rozměry rozvaděče jsou:

- šířka 330 milimetrů,
- výška 370 milimetrů,
- hloubka 90 milimetrů.

Váha konstrukce bez provozních kapalin a skleničky je přibližně 25 kilogramů. Šejkr je navržen pro použití skleničky IKEA-Godis 23cl nebo skleničky stejného rozměru.

9.3.3 Nedostatky konstrukce

Nedostatky konstrukce, které mají vliv na bezpečnost drtiče ledu nebo nesplňují normy:

- Použitý motor pro otáčení odkapávače nemá žádnou dokumentaci. Není možné dohledat, zda byl motor validován, jaké normy splňuje a zda má garantované nějaké parametry.
- Použité mikrospínače nemají žádnou oficiální dokumentaci od výrobce. Není tak možné dohledat, zda byly mikrospínače validovány, jaké normy splňují a zda mají garantované nějaké parametry.
- Elektrické zámky nemají žádnou dokumentaci, ani není znám jeho výrobce. Není možné dohledat, zda byly zámky validovány, jaké normy splňují a zda mají garantované nějaké parametry. Vzhledem k typu použití zámků, musí být garantováno, že při vypnutí napájení zůstanou zámky v pozici, ve které se nacházely těsně před vypnutím.
- Vodní čerpadlo nemá žádnou dokumentaci ani není znám jeho výrobce. Není možné tedy dohledat, zda prošlo validací a jaké jsou jeho garantované parametry.
- Víčko šejkru není v horní poloze nijak brzděno ani blokováno proti samovolnému sjetí. Mohlo by dojít k naražení nebo stlačení částí lidského těla.

- Tlačítko nouzového zastavení nemá žádnou oficiální dokumentaci. Není možné tedy dohledat, zda prošlo validací a jaké jsou jeho garantované parametry.
- Použitý dvoupolohový pěticestný elektromagnetický ventil je používán pro vypouštění a napouštění vody. Tento ventil byl však zkonstruován pro pneumatické systémy. To znamená, že je ventil používán v rozporu s jeho návodem.
- Nádoba na vodu nemá snímač maximální výšky hladiny. Může dojít k přetečení vody ven z nádoby.
- Použité elektrické komponenty nemají žádnou odolnost proti vniknutí kapalin.
- Barvy vodičů neodpovídají normě EN 60204-1.
- Elektrické komponenty na přední straně drtiče ledu nejsou nijak chráněny proti možnému dotyku na živé části. Drtič ledu je napájen 24V DC, které se považuje za bezpečné napětí. Vzhledem k možnému napájení ze zdrojů, které převádí síťových 230V AC na výstupních 24V DC, nelze zaručit, že se na vstupu drtiče ledu v případě poruchy zdroje neobjeví 230V AC. Někdo také může připojit přívodní vodiče na jiné napětí než 24V DC.

9.3.4 Identifikace nebezpečí a zhodnocení rizika

Největší bezpečnostní riziko představuje volný přístup do šejkru. Může zde dojít ke stlačení, stříhu a naražení lidských částí těla nebo k navinutí, vtažení, zachycení vlasů, přívěšků, řetízku, oblečení a dalších volně visících předmětů.

Výpočet HRN pro identifikované nebezpečí:

- DPH: 2
- LO: 10
- NP: 2
- Fe: 5

$$\text{HRN} = 2 * 10 * 2 * 5 = 200$$

Rovnice 4: Výpočet HRN pro identifikované nebezpečí na šejkru

Číslo 200 odpovídá velmi vysokému riziku.

9.3.5 Návrh řešení

U komponentů, u kterých není možné identifikovat označení a výrobce nebo u kterých není jistota, zda mají potřebnou validaci, je nutné kontaktovat prodejce, aby doložil potřebné dokumenty k těmto komponentům. Je potřeba doložit dokumenty prokazující jaké normy tyto komponenty splňují, jakou validaci mají, že na těchto komponentech bylo vytvořeno ES prohlášení o shodě a dodat návod k obsluze. Pokud prodejce nebude schopen tyto dokumenty doložit u nějakého komponentu, je nutné tento komponent nahradit. Pokud v návrhu zabezpečení nebude dáno jinak, nahrazení musí být provedeno pokaždé za osvědčený komponent nebo alespoň komponent od relevantního výrobce s odpovídající validací, s potřebnými parametry a dokumentací. Jako další možnost má výrobce strojního zařízení nechat tyto komponenty validovat podle daných norem. Avšak tato možnost by byla nákladnější než tyto komponenty vyměnit za relevantní náhrady. Není také jisté, zda by tyto komponenty prošly testováním při validaci (tak jak byly zakoupeny).

Funkce nouzového zastavení má požadovanou úroveň vlastností $PL_r c$.

Elektrické komponenty na přední straně drtiče ledu namontovat do rozvaděče se stupněm krytí před vniknutím kapalin minimálně IPx4 a pro průchod kabelů použít průchodky také s minimálně IPx4.

Elektrické komponenty, které nebudou uvnitř rozvaděče, koupit alespoň s odolností proti vniknutí kapalin IPx4 anebo jim dodat kryty, které by tento požadavek splňovaly.

Vytvořit kompletní zakrytování šejkru ze všech stran pomocí průhledného polykarbonátu. Ze strany, kde je stojánek skleničky, musí být vytvořen pohyblivý ochranný kryt s blokováním a tento kryt musí být jednoduše demontovatelný. Pohyblivý kryt z důvodu, aby bylo možné skleničky vkládat a brát z podstavce pro skleničku při samostatném provozu. Zároveň musí jít pohyblivý kryt jednoduše sundat pro případ, že bude buňka pracovat na stole demonstrátoru průmyslu 4.0, aby měl robot přístup do buňky. Ostatní kryty připevnit napevno pomocí safety torxů minimálně na čtyřech místech (v každém rohu). Zakrytování musí být provedeno i pod rozvaděčem. Rozvaděč bude poté umístěn až na krytu. Názvy buněk a logo školy bude muset být umístěno až na krytech. Pro průchod kabelů skrz kryty použít

průchodky minimálně s IPx4. Z konstrukčních důvodů není možné umístit polykarbonát do hliníkových profilů.

Vyrobít protikusy k zámkům a nainstalovat naproti zámkům v horní poloze víčka šejkru. Při dojetí víčka do horní polohy uzamknout zámky do instalovaných protikusů. Tím bude zamezeno samovolnému sjetí víčka.

Pěticečný elektromagnetický ventil nahradit za variantu, která je určena pro tekutiny.

Nádobu na vodu doplnit o snímač maximální hladiny. Zapojení provést tak, aby při dosažení maximální hladiny přestalo čerpadlo čerpat vodu do nádoby.

V poslední řadě vytvořit průvodní dokumentaci a návod k obsluze ke strojnímu zařízení.

V návodu k obsluze bude nutné:

- Uvést rozměry skleničky, které mohou být použity.
- Zmínit význam jednotlivých barev majáčku.
- Definovat přemístování šejkru pouze se zajištěnými komponenty bez skleničky a provozních kapalin.
- Upozornit, že obsluha šejkru musí být seznámena s návodem k obsluze šejkru a s bezpečnostními požadavky šejkru.
- Důrazně upozornit obsluhu šejkru 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 šejkru. Tyto práce mohou provádět pouze pracovníci s oprávněním pro samostatnou činnost § 6 vyhláška č. 50/1978 Sb. Pracemi údržby se rozumí např. výměna snímačů nebo výměna poškozených mechanických částí. V případě závažnější poruchy, např. bezpečnostních relé je nutné zajistit si odbornou opravu.

Přístup ke strojnímu zařízení budou mít i osoby, které mají velmi malé povědomí o nebezpečí stroje nebo o provozních bezpečných postupech např. návštěvníci

nebo veřejnost včetně dětí. Proto je vždy nutné tyto osoby seznámit a poučit o nebezpečí stroje a o provozních bezpečných postupech šejkru. Tato skutečnost musí být uvedena v návodu k obsluze.

9.3.6 Doporučené intervaly údržby

Kontrola celistvosti a nepoškozených částí šejkru musí být vykonána obsluhou před každým uvedením zařízení do provozu. Kontrolu funkčnosti ochranných prvků k zajištění bezpečnosti, tj. zkoušku ovladače nouzového zastavení, zámků a funkčnosti snímačů, je nutné provádět minimálně po každém přemístění a opětovné instalaci.

DŮLEŽITÉ UPOZORNĚNÍ!

Zařízení nesmí být uvedeno do provozu s poškozenými nebo demontovanými částmi mechanismu šejkru.

9.4 Sklad alkoholických nápojů



Obrázek 13: Sklad alkoholických nápojů-z leva: pohled zezadu, z boku.
Foceno 7.5.2019[11].

9.4.1 Všeobecné informace

Strojní zařízení s názvem sklad alkoholických nápojů se momentálně nachází ve vývoji. Je vyvíjeno pro veletrhy, prezentace či podobné reprezentační akce a pro školní výuku na VUT v Brně. Sklad alkoholických nápojů je určen ke skladování alkoholických nápojů a jeho dávkování do připravené prázdné skleničky v uzavřeném provozu. Uzavřeným provozem se v tomto případě rozumí zastřešený, uzavřený a vytápěný prostor. Sklad alkoholických nápojů není určen pro venkovní použití. Buňka je schopna pracovat samostatně nebo společně s ostatními buňkami na stole demonstrátoru průmyslu 4.0.

Strojní zařízení má hliníkový rám, který tvoří základ buňky. V tomto rámu je umístěno samotný systém skladu alkoholu a podstavec pro skleničku. Podstavec na skleničku se nachází na zadní straně buňky. V případě, že je buňka připravena, je manipulátor nad podstavcem na skleničku, tak aby do něj bylo možné vložit skleničku. Manipulátor je umístěn na vodících tyčích, a to pomocí lineárních kuličkových pouzder. Jeho vertikální pohyb je zajištěn pomocí řemenů se závažím umístěným podél vodících tyčích, které jsou propojeny pomocí hřídele a řemenového kola s motorem ve spodní části buňky. Maximální zdvih skleničky pomocí manipulátoru je 1360 mm. O horizontální pohyb se stará motor a soustava řemenů, řemenových kol, vodících tyčích a motoru, které jsou přímo součástí manipulátoru. Řízení motorů na přesně danou polohu je možné pomocí dvou inkrementálních rotačních sensorů, jeden na vertikální a druhý na horizontální polohu. Na zadní straně buňky jsou umístěny držáky pro láhve s alkoholem, které současně slouží jako dávkovače množství. Přítomnost lahví v daných držácích je monitorován pomocí kapacitních sensorů umístěných na držácích pro láhve. Počet lahví není nijak pevně dán, záleží na velikosti láhví, které jsou použity. Na boční straně jsou umístěny řadové svorky, stykač, relé, PLC, HMI panel a 3krát IO-Link master s rozhráním Profinet. Všechny tyto komponenty jsou přidělané na dvou DIN lištách, které jsou připevněny přímo na hliníkový profil rámu a jsou orámovány plastovými žlaby na kabely. Tlačítko nouzového zastavení je umístěno pod těmito komponenty přímo na hliníkovém profilu. Buňka je určena pro napájení ze zdroje 24V DC (laboratorní zdroj nebo zdroj ve stole demonstrátoru průmyslu 4.0). Připojení ke zdroji nebo ke stole demonstrátoru je provedeno pomocí průmyslového 10 pinového

konektoru a potřebného počtu vodičů. Tento konektor je umístěn na boční straně buňky ve spodní části na hliníkové konstrukci.

9.4.2 Rozměry zařízení

Rozměry hliníkové konstrukce drtiče ledu jsou:

- šířka 660 milimetrů,
- výška 1600 milimetrů,
- hloubka 330 milimetrů.

Jako rozměr rozvaděče je brána elektronika na přední straně strojního zařízení včetně jejího ohraničení kabelovými žlaby. Hloubka rozvaděče je měřena od hliníkové konstrukce po okraj nejvíce vyčnívajícího komponentu.

V tomto případě se jedná o panel HMI. Rozměry rozvaděče jsou:

- šířka 330 milimetrů,
- výška 560 milimetrů,
- hloubka 90 milimetrů.

Váha konstrukce bez lahví a skleničky je přibližně 45 kilogramů. Drtič ledu je navržen pro použití skleničky IKEA-Godis 23cl nebo skleničky stejného rozměru.

9.4.3 Nedostatky konstrukce

Nedostatky konstrukce, které mají vliv na bezpečnost drtiče ledu nebo nesplňují normy:

- Motor vodorovného pohybu manipulátoru skleničky nemá žádnou oficiální dokumentaci. Není tedy možné dohledat, zda byl tento motor validován a jestli má nějaké garantované parametry.
- Mikrospínače, které v případě přejetí maximální nebo minimální výšky manipulátoru skladu mají odepnout napájení daného motoru, nemají žádnou oficiální dokumentaci od výrobce. Není tak možné dohledat, zda byly mikrospínače validovány, jaké normy splňují a zda mají garantované nějaké parametry.
- Tlačítko nouzového zastavení nemá žádnou oficiální dokumentaci. Není možné tedy dohledat, zda prošlo validací a jaké jsou jeho garantované parametry.
- Indukční čidla hlídající maximální a minimální výšku manipulátoru skladu alkoholických nápojů nemá žádnou oficiální dokumentaci. Není možné tedy dohledat, zda prošlo validací a jaké jsou jeho garantované parametry.
- Optické senzory, které slouží k hlídání maximálního bočního vychýlení manipulátoru, nemají žádnou dokumentaci. Není možné tedy dohledat, zda byl použitý optický senzor validován a jestli má nějaké garantované parametry.
- Použité elektrické komponenty, kromě inkrementálních rotačních senzorů, nemají žádnou odolnost proti vniknutí kapalin.
- Barvy vodičů neodpovídají normě EN 60204-1.

- Elektrické komponenty na boční straně skladu alkoholických nápojů nejsou nijak chráněny proti možnému dotyku na živé části. Sklad alkoholických nápojů je napájen 24V DC, které se považuje za bezpečné napětí. Vzhledem k možnému napájení ze zdrojů, které převádí síťových 230V AC na výstupních 24V DC, nelze zaručit, že se na vstupu drtiče ledu v případě poruchy zdroje neobjeví 230V AC. Někdo také může připojit přívodní vodiče na jiné napětí než 24V DC.

9.4.4 Identifikace nebezpečí a zhodnocení rizika

Největší bezpečnostní riziko představuje volný přístup do skladu alkoholických nápojů. Může zde dojít ke stlačení, stříhu a naražení lidských částí těla nebo k navinutí, vtažení, zachycení vlasů, přívěšků, řetízku, oblečení a dalších volně visících předmětů.

Výpočet HRN pro identifikované nebezpečí:

- DPH: 0,5
- LO: 10
- NP: 2
- Fe: 5

$$\text{HRN} = 0,5 * 10 * 2 * 5 = 50$$

Rovnice 5: Výpočet HRN pro identifikované nebezpečí na skladu alkoholických nápojů

Číslo 50 je přelom významného rizika a vysokého rizika.

9.4.5 Návrh řešení

U komponentů, u kterých není možné identifikovat označení a výrobce nebo u kterých není jistota, zda mají potřebnou validaci, je nutné kontaktovat prodejce, aby doložil potřebné dokumenty k těmto komponentům. Je potřeba doložit dokumenty prokazující jaké normy tyto komponenty splňují, jakou validaci mají, že na těchto komponentech bylo vytvořeno ES prohlášení o shodě a dodat návod k obsluze. Pokud prodejce nebude schopen tyto dokumenty doložit u nějakého komponentu, je nutné tento komponent nahradit. Pokud v návrhu zabezpečení nebude dáno jinak, nahrazení musí být provedeno pokaždé za osvědčený komponent nebo alespoň

komponent od relevantního výrobce s odpovídající validací, s potřebnými parametry a dokumentací. Jako další možnost má výrobce strojního zařízení nechat tyto komponenty validovat podle daných norem. Avšak tato možnost by byla nákladnější než tyto komponenty vyměnit za relevantní náhrady. Není také jisté, zda by tyto komponenty prošly testováním při validaci (tak jak byly zakoupeny).

Funkce nouzového zastavení má požadovanou úroveň vlastností PL_r **b**.

Elektrické komponenty na boční straně skladu alkoholických nápojů namontovat do rozvaděče se stupněm krytí před vniknutím kapalin minimálně IPx4 a pro průchod kabelů použít průchodky také s minimálně IPx4.

Elektrické komponenty bez dostatečného krytí před vniknutím kapalin koupit alespoň s odolností proti vniknutí kapalin IPx4 anebo jim dodat kryty, které by tento požadavek splňovaly.

Vytvořit kompletní zakrytování skladu alkoholických nápojů ze všech stran pomocí průhledného polykarbonátu. Ze strany, kde je stojánek skleničky, musí být vytvořen pohyblivý ochranný kryt s blokováním a tento kryt musí být jednoduše demontovatelný. Pohyblivý kryt z důvodu, aby bylo možné skleničky vkládat a brát z podstavce pro skleničku při samostatném provozu. Zároveň musí jít pohyblivý kryt jednoduše sundat pro případ, že bude buňka pracovat na stole demonstrátoru průmyslu 4.0,0 aby měl robot přístup do buňky. Na zadní straně vytvořit pohyblivý ochranný kryt s blokováním, aby bylo možné zakládat a vyměňovat láhve s alkoholem. Ostatní kryty připevnit napevno pomocí safety torxů minimálně na čtyřech místech (v každém rohu). Zakrytování musí být provedeno i pod rozvaděčem. Rozvaděč bude poté umístěn až na kryt. Názvy buněk a logo školy bude muset být umístěno až na krytech. Pro průchod kabelů skrz kryty použít průchodky minimálně s IPx4. Z konstrukčních důvodů není možné umístit polykarbonát do hliníkových profilů.

V poslední řadě vytvořit průvodní dokumentaci a návod k obsluze ke strojnímu zařízení.

V návodu k obsluze bude nutné:

- Uvést rozměry skleničky, které mohou být použity.
- Zmínit význam jednotlivých barev majáčku.

- Definovat přemísťování skladu alkoholických nápojů pouze se zajištěnými komponenty bez skleničky a láhví s alkoholem. Přemísťování provádět pomocí vozíčku s dostatečnou nosností.
- Uvést přesný postup pro vyndávání a zandávání láhví do držáku s dávkovačem, tak aby nemohlo dojít k vylití obsahu láhví.
- Upozornit, že obsluha skladu alkoholických nápojů musí být seznámena s návodem k obsluze drtiče ledu a s bezpečnostními požadavky drtiče ledu.
- Důrazně upozornit obsluhu skladu alkoholických nápojů 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 drtiče ledu. Tyto práce mohou provádět pouze pracovníci s oprávněním pro samostatnou činnost § 6 vyhláška č. 50/1978 Sb. Pracemi údržby se rozumí např. výměna snímačů nebo výměna poškozených mechanických částí. V případě závažnější poruchy, např. bezpečnostních relé je nutné zajistit si odbornou opravu.

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

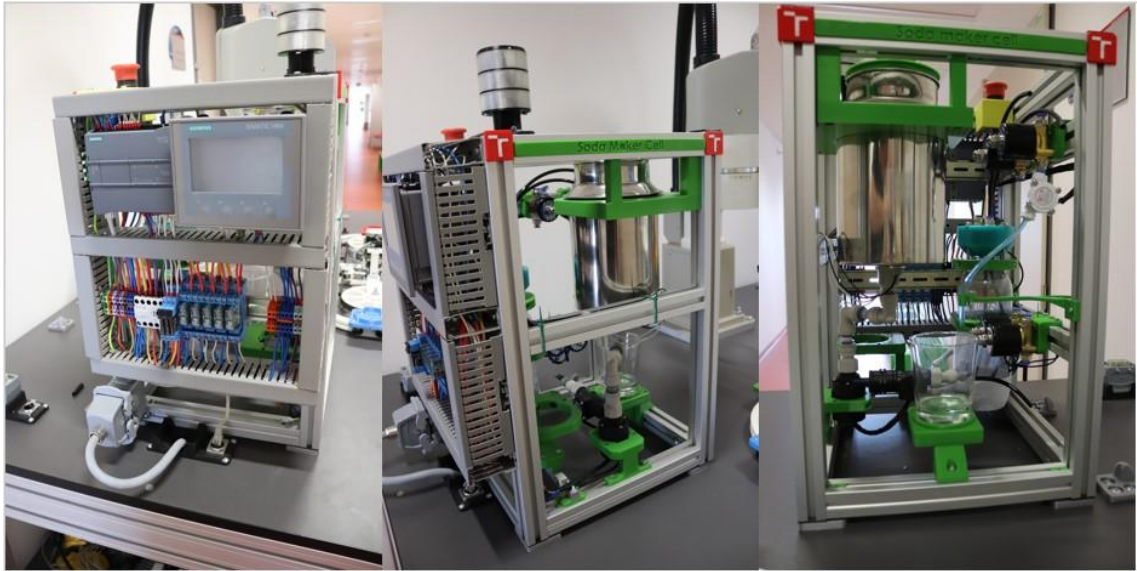
9.4.6 Doporučené intervaly údržby

Kontrola celistvosti a nepoškozených částí skladu alkoholických nápojů musí být vykonána obsluhou před každým uvedením zařízení do provozu. Kontrolu funkčnosti ochranných prvků k zajištění bezpečnosti, tj. zkoušku ovladače nouzového zastavení a zkoušku funkčnosti snímačů, je nutné provádět minimálně po každém přemístění a opětovné instalaci.

DŮLEŽITÉ UPOZORNĚNÍ!

Zařízení nesmí být uvedeno do provozu s poškozenými nebo demontovanými částmi mechanismu skladu alkoholických nápojů.

9.5 Sodovač



Obrázek 14: Sodovač-zleva: pohled zepředu, z boku, zezadu.
Foceno 7.5.2019[11].

9.5.1 Všeobecné informace

Strojní zařízení s názvem sodovač se momentálně nachází ve vývoji. Je vyvíjeno pro veletrhy, prezentace či podobné reprezentační akce a pro školní výuku na VUT v Brně. Sodovač je určen k vytváření a dávkování sody v uzavřeném provozu. Uzavřeným provozem se v tomto případě rozumí zastřešený, uzavřený a vytápěný prostor. Sodovač není určen pro venkovní použití. Buňka je schopna pracovat samostatně nebo společně s ostatními buňkami na stole demonstrátoru průmyslu 4.0.

Strojní zařízení má hliníkový rám, který tvoří základ buňky. V rámu je umístěn tank na vodu s vertikálním snímačem hladiny. Zespod tanku vede potrubí do vodního čerpadla. To vhání vodu přes lopatkový průtokoměr a elektromagnetický ventil do láhve. Naproti láhvi je bombička s redukčním ventilem obsahující plyn CO₂, která je umístěna na tenzometru. Tenzometr zjišťuje, kolik plynu ještě v zůstává v bombičce. Přes další elektromagnetický ventil se vhání CO₂ do láhve a tím se vytváří soda.

Po dostatečném natlakování láhve se přebytečný plyn odfoukne přes další

elektromagnetický ventil. Soda je točena do skleničky pomocí tlaku přes poslední elektromagnetický ventil a lopatkový průtokoměr. Sodovač je vybaven pojistným ventilem na 8,2 baru. Na čelní straně buňky jsou umístěny řadové svorky, stykač, relé, PLC a HMI panel. Všechny tyto komponenty jsou namontovány na dvou DIN lištách, které jsou připevněny přímo na hliníkový profil rámu. Na vrchní části hliníkového rámu je umístěno tlačítko nouzového zastavení a majáček se třemi barvami. Buňka je určena pro napájení ze zdroje 24V DC (laboratorní zdroj, nebo zdroj ve stole demonstrátoru průmyslu 4.0). Připojení ke zdroji nebo ke stolu demonstrátoru je provedeno pomocí průmyslového 10 pinového konektoru a potřebného počtu vodičů. Tento konektor je umístěn na čelní straně buňky ve spodní části na hliníkové konstrukci.

9.5.2 Rozměry zařízení:

Rozměry hliníkové konstrukce drtiče ledu jsou:

- šířka 330 milimetrů,
- výška 500 milimetrů,
- hloubka 330 milimetrů.

Jako rozměr rozvaděče je brána elektronika na přední straně strojního zařízení včetně jejího ohraničení kabelovými žlaby. Hloubka rozvaděče je měřena od hliníkové konstrukce po okraj nejvíce vyčnívajícího komponentu. V tomto případě se jedná o panel HMI. Rozměry rozvaděče jsou:

- šířka 330 milimetrů,
- výška 370 milimetrů,
- hloubka 90 milimetrů.

Váha konstrukce bez provozních kapalin a skleničky je přibližně 12 kilogramů. Sodovač je navržen pro použití skleničky IKEA-Godis 23cl nebo skleničky stejného rozměru.

9.5.3 Nedostatky konstrukce

Nedostatky konstrukce, které mají vliv na bezpečnost drtiče ledu nebo nesplňují normy:

- Tlačítko nouzového zastavení nemá žádnou oficiální dokumentaci. Není možné tedy dohledat, zda prošlo validací a jaké jsou jeho garantované parametry.
- Použité elektrické komponenty nemají žádnou odolnost proti vniknutí kapalin.
- Barvy vodičů neodpovídají normě EN 60204-1.
- U obou průtokoměrů, vertikálního snímače hladiny a pojistného ventilu se nepodařilo dohledat oficiální dokumentaci výrobce, která by dokládala, zda byly průtokoměry validovány.
- Elektromagnetické ventily a čerpadlo nemají žádnou dokumentaci od výrobce. Není možné tedy dohledat, zda prošlo validací a jaké jsou jejich garantované parametry.
- Elektrické komponenty na přední straně drtiče ledu nejsou nijak chráněny proti možnému dotyku na živé části. Drtič ledu je napájen 24V DC, které se považuje za bezpečné napětí. Vzhledem k možnému napájení ze zdrojů, které převádí síťových 230V AC na výstupních 24V DC, nelze zaručit, že se na vstupu drtiče ledu v případě poruchy zdroje neobjeví 230V AC. Někdo také může připojit přívodní vodiče na jiné napětí než 24V DC.

9.5.4 Identifikace nebezpečí a zhodnocení rizika

Žádná nebezpečí nebyla identifikována.

9.5.5 Návrh řešení

U komponentů, u kterých není možné identifikovat označení a výrobce nebo u kterých není jistota, zda mají potřebnou validaci, je nutné kontaktovat prodejce, aby doložil potřebné dokumenty k těmto komponentům. Je potřeba doložit dokumenty prokazující jaké normy tyto komponenty splňují, jakou validaci mají, že na těchto komponentech bylo vytvořeno ES prohlášení o shodě a dodat návod k obsluze. Pokud prodejce nebude schopen tyto dokumenty doložit u nějakého komponentu, je nutné tento komponent nahradit. Pokud v návrhu zabezpečení nebude dáno jinak, nahrazení musí být provedeno pokaždé za osvědčený komponent nebo alespoň komponent od relevantního výrobce s odpovídající validací, s potřebnými parametry a dokumentací. Jako další možnost má výrobce strojního zařízení nechat tyto

komponenty validovat podle daných norem. Avšak tato možnost by byla nákladnější než tyto komponenty vyměnit za relevantní náhrady. Není také jisté, zda by tyto komponenty prošly testováním při validaci (tak jak byly zakoupeny).

Funkce nouzového zastavení má požadovanou úroveň vlastností PL_r **b**.

U vyrobeného víčka láhve na sodu musí být jistota, že odolá maximálnímu tlaku, který může nastat v sodovači.

Elektrické komponenty na přední straně sodovače namontovat do rozvaděče se stupněm krytí před vniknutím kapalin minimálně IPx4 a pro průchod kabelů použít průchodky také s minimálně IPx4.

Elektrické komponenty, které nebudou uvnitř rozvaděče, koupit alespoň s odolností proti vniknutí kapalin IPx4 anebo jim dodat kryty, které by tento požadavek splňovaly.

V poslední řadě vytvořit průvodní dokumentaci a návod k obsluze ke strojnímu zařízení.

V návodu k obsluze bude nutné:

- Uvést rozměry skleničky a láhve s plynem CO₂, které mohou být použity.
- Zmínit význam jednotlivých barev majáčku.
- Definovat přemístování sodovače pouze se zajištěnými komponenty bez provozních kapalin a skleničky.
- Upozornit, že obsluha sodovače musí být seznámena s návodem k obsluze sodovače a s bezpečnostními požadavky sodovače.
- 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.
- Upozornit, že láhev na sodu má datum spotřeby a po jejím vypršení se láhev nesmí dále používat.
- Popsat jednotlivé provozní režimy.
- Definovat význam jednotlivých barev vodičů.
- Uvést, že před zahájením jakýchkoliv prací údržby je nutné odpojit přívod elektrické energie do sodovače. Tyto práce mohou provádět pouze pracovníci s oprávněním pro samostatnou činnost § 6 vyhláška č. 50/1978 Sb. Pracemi

údržby se rozumí např. výměna snímačů nebo výměna poškozených mechanických částí. V případě závažnější poruchy, např. bezpečnostních relé je nutné zajistit si odbornou opravu.

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

9.5.6 Doporučené intervaly údržby

Kontrola celistvosti a nepoškozených částí sodovače musí být vykonána obsluhou před každým uvedením zařízení do provozu. Kontrolu funkčnosti ochranných prvků k zajištění bezpečnosti, tj. zkoušku ovladače nouzového zastavení a zkoušku funkčnosti snímačů, je nutné provádět minimálně po každém přemístění a opětovné instalaci.

DŮLEŽITÉ UPOZORNĚNÍ!

Zařízení nesmí být uvedeno do provozu s poškozenými nebo demontovanými částmi mechanismu drtiče ledu.

9.6 Stůl

Stůl je zobrazen na obrázku 9, kde je zobrazen jak samotný stůl, tak stůl společně s buňkami.

9.6.1 Všeobecné informace

Strojní zařízení s názvem stůl se momentálně nachází ve vývoji. Je vyvíjeno pro veletrhy, prezentace či podobné reprezentační akce a pro školní výuku na VUT v Brně. Stůl se skládá z míst pro buňky, robotického manipulátoru a dopravníku hotových drinků. Hlavní funkcí stolu je dopravit skleničku mezi jednotlivými buňkami a vydat hotový drink pomocí dopravníku. Stůl je určen pro uzavřený provoz. Uzavřeným provozem se v tomto případě rozumí zastřešený, uzavřený a vytápěný prostor. Stůl není určen pro venkovní použití.

Stůl je vytvořen z hliníkového rámu a dvou desek (spodní a vrchní). Na vrchní desce je umístěn hlavní robotický manipulátor, dopravník, 4 vyhraničená místa pro buňky a dvě tlačítka nouzového zastavení (každé v jednom rohu na přední straně stolu). Za stolem jsou ještě dvě místa pro velké buňky. Stůl je napájen 230V AC flexi šnúrou.

Robotický manipulátor tvoří robot Seiko Epson H554BN s vytvořením samosvorným manipulátorem.

Dopravník tvoří kolejnice spojená do oválu, na které je umístěno 10 pojízdných podstavců pro skleničku. Ty jsou spojeny s klínovým řemenem, který je poháněn pomocí dvou ozubených kol, klínového řemene a motoru. Kapacitní snímače na přední straně a indukční snímač na zadní straně zjišťují, jestli je na podstavci sklenička nebo zda je sklenička prázdná a tím určena k dopravení do skladu skleniček.

Místo pro buňku je vymezeno čtyřmi zarážkami. Před každým místem je umístěn konektor pro připojení ethernetového kabelu a kabel s průmyslovým 10 pinovým konektorem, který zajišťuje napájení buňky a komunikaci se stolem.

Pod spodní deskou jsou umístěny rozvaděče pro stůl, robotický manipulátor a dopravník. Dále spínané napájecí zdroje, které vytváří 24V DC potřebné pro napájení jednotlivých buněk a kontrolér robota.

9.6.2 Rozměry zařízení:

Rozměry stolu jsou:

- šířka 1900 milimetrů,
- výška 980 milimetrů,
- hloubka 1000 milimetrů.

Dopravník a manipulátor jsou navrženy pro použití skleničky IKEA-Godis 23cl nebo skleničky stejného rozměru.

9.6.3 Nedostatky konstrukce

Nedostatky konstrukce, které mají vliv na bezpečnost drtiče ledu nebo nesplňují normy:

- Tlačítko nouzového zastavení na rozvaděči robota nemá žádnou oficiální dokumentaci. Není možné tedy dohledat, zda prošlo validací a jaké jsou jeho garantované parametry.
- Krokový motor dopravníku nemá žádnou odolnost proti vniknutí kapalin.
- Barvy vodičů neodpovídají normě EN 60204-1.
- Jednotlivé tlačítka a spínače na rozvaděčích nejsou řádně označena.
- Konektory před místem pro buňky nejsou nijak chráněny proti vniknutí kapalin.
- Po stisknutí jednoho z tlačítek nouzového zastavení na stole se zastaví jen robot. Dopravník a buňky zůstávají v chodu.

9.6.4 Identifikace nebezpečí a zhodnocení rizika

Největší bezpečnostní riziko představuje volný přístup do manipulačního prostoru robotického manipulátoru. Pomocí robotického manipulátoru může dojít ke stlačení, pořezání a skřípnutí částí lidského těla. V nejhorším případě může dojít až k usmrcení člověka. S Dopravník je spojeno riziko skřípnutí, pořezání, navinutí, vtažení, zachycení vlasů, přívěšků, řetízku, oblečení a dalších volně visících předmětů u dopravníku.

Výpočet HRN pro identifikované nebezpečí:

Robotický manipulátor

- DPH: 15
- LO: 10
- NP: 4
- Fe: 5

$$\text{HRN} = 15 * 8 * 4 * 2,5 = 3000$$

Rovnice 6: Výpočet HRN pro identifikované nebezpečí na robotickém manipulátoru

Číslo 3000 odpovídá neakceptovatelnému riziku.

Dopravník

- DPH: 0,5
- LO: 10
- NP: 2
- Fe: 5

$$\text{HRN} = 0,5 * 10 * 2 * 5 = 50$$

Rovnice 7: Výpočet HRN pro identifikované nebezpečí na dopravníku

Číslo 50 je přelom významného rizika a vysokého rizika.

9.6.5 Návrh řešení

Tlačítko nouzového zastavení, které se nachází na rozvaděči robota, vyměnit za variantu s potřebnými parametry a validací. Vzhledem k tomu, že stůl s robotickým manipulátorem a dopravníkem tvoří společně jedno strojní zařízení, tak v případě zmáčknutí nouzového tlačítka musí dojít k nouzovému zastavení celého stolu (tzn. robota, dopravníku a všech buněk). Funkce nouzového zastavení má požadovanou úroveň vlastností $PL_r e$.

Zakrytovat motor dopravníku, tak aby byl chráněn proti vniknutí kapalin.

Vytvořit zakrytování stolu pomocí průhledného polykarbonátu a hliníkových profilů. Ze stran, kde se dávají buňky na stůl vytvořit pohyblivé ochranné kryty s blokováním. Tak aby bylo možné buňky vyndávat a zandávat. Na zadní straně vytvořit odnímatelné kryty, aby bylo možné provozovat stůl s buňkami za stolem i bez nich. Z tohoto důvodu budou muset buňky vědět, zda se za stolem nachází či ne. Vytvořit blokování tak, aby nebylo možné spustit buňky propojené se stolem a stůl samotný, a to v případě, že se na zadní straně nebude nacházet daný kryt ani buňka. Stůl se nesmí rozběhnout ani v případě že bude přítomen buď kryt na buňce nebo na zadní straně stolu. Pokud bude buňka pracovat samostatně mimo stůl, nesmí se rozběhnout bez zadního krytu. Na přední straně vytvořit okénko umožňující pouze odebrání skleničky z dopravníku a následně její vrácení. Nesmí dovést přístup do nebezpečné zóny strojního zařízení. Před okénko umístit bezpečnostní optické závory, tak aby v případě protnutí optické závory došlo k zastavení dopravníku a po opuštění tohoto prostoru k opětovnému rozběhnutí dopravníku. Zakrytování

provést i z vrchní strany. Polykarbonát umístit do drážek v hliníkovém profilu. Polykarbonát musí odolat nárazu robota, aby zabránil průniku robota skrz kryt.

Jednotlivá tlačítka a spínače na rozvaděčích označit tak aby byla jednoznačně identifikovatelná a nemohlo dojít k jejich záměně.

Vytvořit průvodní dokumentaci a návod k obsluze ke strojnímu zařízení.

V návodu k obsluze bude nutné:

- Uvést rozměry skleničky, které mohou být použity.
- Definovat přemístování stolu pouze se zajištěnými komponenty
 - bez skleniček a buněk pomocí koleček umístěných zezdola stolu.
- Upozornit, že obsluha stolu musí být seznámena s návodem
 - k obsluze stolu a s bezpečnostními požadavky stolu.
- Důrazně upozornit obsluhu stolu 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 stolu. Tyto práce mohou provádět pouze pracovníci s oprávněním pro samostatnou činnost § 6 vyhláška č. 50/1978 Sb. Pracemi údržby se rozumí např. výměna snímačů nebo výměna poškozených mechanických částí. V případě závažnější poruchy, např. bezpečnostních relé je nutné zajistit si odbornou opravu.

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

Pokud budou buňky zakrytovány tak, jak je navrženo, bude potřeba vyřešit ještě nebezpečí se zadními kryty buněk. Buňka bude muset umět detekovat, že je nebo není na stole. Tak aby pokud je buňka na stole nebylo možné spustit robotický manipulátor,

dokud bude kryt na zadní straně buňky. V opačném případě, kdy bude buňka pracovat samostatně mimo stůl se nesmí rozběhnout bez zadního krytu.

9.6.6 Doporučené intervaly údržby

Kontrola celistvosti a nepoškozených částí stolu musí být vykonána obsluhou před každým uvedením zařízení do provozu. Kontrolu funkčnosti ochranných prvků k zajištění bezpečnosti, tj. zkoušku ovladače nouzového zastavení a zkoušku funkčnosti snímačů, je nutné provádět minimálně po každém přemístění a opětovné instalaci.

DŮLEŽITÉ UPOZORNĚNÍ!

Zařízení nesmí být uvedeno do provozu s poškozenými nebo demontovanými částmi stolu.

9.7 Všeobecné informace pro všechny buňky

Použitím komponentů bez validace se výrobce strojního zařízení vystavuje velkému riziku. Na strojním zařízení hrozí velké riziko úrazu a materiální škody, za které by plnou odpovědnost nesl výrobce strojního zařízení. Komponenty bez validace nemají správně na strojních zařízeních vůbec být, protože není doloženo, že splňují dané normy. Jejich použití může výrobcí zařízení zařídit značné problémy. Výrobci strojního zařízení hrozí finanční ztráta, pokuty nebo i trestní stíhání, záleží na rozsahu případného poruchy nebo úrazu.

Veškerá tlačítka nouzového zastavení musí být instalována tak aby byli snadno dosažitelná pro všechny. Dále musí jednoznačně identifikovatelná na první pohled.

U majáčků na jednotlivých strojních zařízeních ještě nebyly definovány významy jednotlivých barev. Avšak i na použití barev majáčku se vztahují normy, v tomto případě norma EN 60204-1. Barvy majáčků proto musí být použity následovně:

- červená – pouze pro nouzový nebo nebezpečný stav,
- žlutá – abnormální stav, hrozí-li kritický stav,
- modrá– indikace stavu vyžadující zákrok obsluhy,
- zelená – normální stav,
- bílá – může být použita kdykoliv.

Blikající světla mohou být použita pro:

- upoutání pozornosti,
- vyžádání okamžitého zákroku,
- indikaci změny procesu.

Po konečném návrhu jednotlivých strojních zařízeních (ukončení vývoje) bude nutné provést identifikaci nebezpečí a posouzení rizik znovu, aby bylo zajištěné, že se některými změnami nevytvořila nová rizika. Dále bude muset být vypočítáno HRN a performance level pro přesný návrh opatření. Tím se zjistí, jestli je návrh pro zabezpečení dostatečný nebo ne.

10. ZÁVĚR

V rámci této práce se podařilo seznámit se se základními bezpečnostními normami pro strojní zařízení. Pro zpracování a následné další použití pro analýzu rizik a navržení opatření pro zajištění bezpečnosti jsem vybral normy EN ISO 12100, EN ISO 13849-1 a EN ISO 10218.

Norma EN ISO 12100 byla vybraná z důvodu, že je to základní norma v oblasti bezpečnosti strojních zařízení a je harmonizovaná se strojírenskou směrnicí.

Dále bylo na výběr mezi normami EN 62061 (SIL) a EN ISO 13849-1 (Performance Level). Z těchto dvou norem jsem si vybral EN ISO 13849-1 z důvodu, že je historicky více používá v průmyslu. Je to dáno tím, že nahrazuje normu EN 954-1 a zahrnuje širší spektrum možností realizace, protože uvažuje použití i mechanických, pneumatických a hydraulických prvků. Podle mého názoru mi přijde pro začátečníka v tomto odvětví jednodušší na pochopení a realizaci.

V doporučené literatuře mám sice uvedenu normu IEC 61508, ale jak jsem se dozvěděl, tak tato norma není harmonizovaná se strojírenskou směrnicí a je určena spíše pro výrobce zařízení. Navíc pro uvedení daného zařízení do provozu by se musela kontaktovat notifikovaná osoba a nechat si schválit dané řešení. Samozřejmě za finanční obnos, který je dle zkušeností více než 3 tisíce EUR. Z těchto důvodů nebude tato norma použita ani zpracována.

Vzhledem k tomu, že součástí testbedu je robotické pracoviště, tak musela být použita norma EN ISO 10218. Je to norma typu C a ta má před ostatními normami přednost.

Z analýzy rizik, posouzení rizik a návrhu zabezpečení vyplynuli kroky, které je nutné provést pro zabezpečení testbedu. Jasně je patrné, že v případě takového projektu je důležité řešit bezpečnost už od začátku projektu, a to v úzké spolupráci s konstruktéry. Mnoho věcí, které je potřeba řešit z důvodu zabezpečení by se daly vyřešit už při konstruování strojních zařízení. Například jako výběr správných komponentů a jejich zapojení, dát potřebné elektrické komponenty do rozvaděče a jiné. Výrobci strojního zařízení by to ušetřilo nejen finanční prostředky vynaložené na tento projekt, ale i čas, který bude potřeba věnovat dořešení bezpečnosti na stroji.

Po konečném návrhu jednotlivých strojních zařízeních bude nutné provést analýzu rizik a posouzení znovu, aby bylo zajištěné, že se některými změnami nevytvořila nová rizika.

11. LITERATURA

- [1] *Strojní vybavení-Safebook 5: Bezpečnostní řídicí systémy pro strojní zařízení* [online]. Revize 5 řady publikací Safebook. Rockwell Automation, 2016 [cit. 2018-12-29]. Dostupné z: https://marketing.rockwellautomation.com/safety-solutions/cs/MachineSafety/ToolsAndDownloads/safebook5_Form/
- [2] VOJÁČEK, Antonín. *Bezpečnost strojů - 1. díl: úvod, normy, posouzení rizika*. Automatizace.hw.cz [online]. 2015, 9. říjen 2015 [cit. 2018-12-29]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz//bezpecnost-stroju/bezpecnost-stroju-1-dil-normy-rizika.html>
- [3] *Safety of machinery – General principles for design – Risk assessment and risk reduction*. EN ISO 12100:2010. Brusel: European Committee for Standardization, 2010.
- [4] MOUČKA, Jiří. *Bezpečnost a rizika strojních zařízení, část 1. MM Průmyslové spektrum* [online]. 2013, 07.05.2013, 2013(5) [cit. 2018-12-29]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/bezpecnost-a-rizika-strojnich-zarizeni-cast-1.html>
- [5] *Safety of machinery – Safety – related parts of control systems: Part1: General principles for design*. EN ISO 13849-1:2015. Brusel: European Committee for Standardization, 2015.
- [6] Často kladené otázky – Směrnice a normy. In: *Festo* [online]. Praha [cit. 2019-05-1]. Dostupné z: https://www.festo.com/cms/cs_cz/9832.htm
- [7] *Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots – Part 2: Robot systems and integration*. EN ISO 10218-2:2011. Brusel: European Committee for Standardization, 2011.
- [8] ŠPAČEK, Karel. *Bezpečnostní prvky pro strojní zařízení*. Elektro: Časopis pro elektrotechniku [online]. 2010, 2. 9. 2010, **2. 9. 2010**(8-9) [cit. 2018-12-29]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/bezpecnostni-prvky-pro-strojni-zarizeni--10599>
- [9] KACZMARCZYK, Václav, Ondřej BAŠTÁN, Zdeněk BRADÁČ a Jakub ARM. *An Industry 4.0 Testbed (Self-Acting Barman): Principles and Design* [online]. 2018 [cit. 2018-12-29]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896318309108?via%3Dihub>
- [10] Factory4. *Factory4* [online]. Brno: University of Technology, 2018, 2018 [cit. 2018-12-29]. Dostupné z: <http://www.factory4.eu/>
- [11] *Posouzení rizik dle EN ISO 12 100 a EN ISO 13 849-1* [online]. Brno: Systemotronic, s. 17 [cit. 2019-05-19]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/predmety/detail/200144?armsgt=TVsGc7ujfP>
- [12] Barman: Archiv projektu. VUT FEKT Brno, 2018.