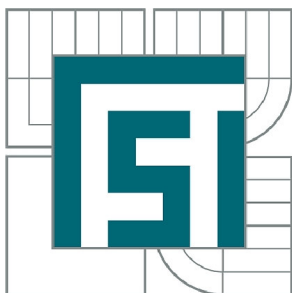


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A  
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND  
ROBOTICS

# KONSTRUKCE MULTIFUNKČNÍHO OBRÁBĚCÍHO CENTRA

DESIGN OF MULTI-FUNCTIONAL MACHINING CENTRE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. PETR CHALOUPKA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. PETR BLECHA, Ph.D.

BRNO 2011



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2010/2011

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

student(ka): Bc. Petr Chaloupka

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Výrobní stroje, systémy a roboty (2301T041)**

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

### **Konstrukce multifunkčního obráběcího centra**

v anglickém jazyce:

### **Design of multi-functional machining centre**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zadání diplomové práce klade důraz na týmovou spolupráci studentů. Členy týmu a jejich úkoly určuje následující výčet:

Bc. Jan Gruník - konstrukce lože a frézovací 2D osy včetně pojezdů;

Bc. Pavel Sedlák - konstrukce vřetene, protivřetene a revolverové hlavy včetně pojezdů;

Bc. Adam Zbožínek - konstrukce automatické výměny nástrojů;

Bc. Petr Chaloupka - konstrukce krytování stroje včetně posouzení bezpečnosti stroje.

Cíle diplomové práce:

Rešerše v oblasti zadané části obráběcího centra.

Volba technických parametrů konstruované části.

Konstrukční návrh zadané části obráběcího centra v 3D modelu.

Výkres sestavy zadané části obráběcího centra.

V elektronické příloze diplomové práce bude 3D model jak zadané části, tak i celého multifunkčního obráběcího centra.

Seznam odborné literatury:

Marek, J. a kol; Konstrukce CNC obráběcích strojů, 2. rozšířené vydání; ISBN 978-80-254-7980-3

Borský, V.; Obráběcí stroje, ISBN 80-214-0470-1

Borský, V.; Základy stavby obráběcích strojů, VUT Brno

www stránky výrobců obráběcích strojů

www.infozdroje.cz

www.mmspektrum.com

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 23.11.2010

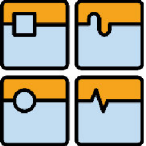
L.S.

---

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 5
	<b>DIPLOMOVÁ PRÁCE</b>	

### **ABSTRAKT**

První část diplomové práce pojednává o managementu rizik, legislativě a bezpečnosti, kterou musí obráběcí stroje splňovat, aby mohly být uvedeny na trh. Dále tato část obsahuje rozbor ochranných krytů, jelikož krytování je nedílnou součástí bezpečného stroje.

Druhá část diplomové práce posuzuje bezpečnost multifunkčního obráběcího centra CNC EcoSMART 1-line. Na základě zjištěných rizik byly navrženy a zkonstruovány vnitřní i vnější kryty.

### **KLÍČOVÁ SLOVA**

Multifunkční obráběcí stroj, bezpečnost, kryty, management rizik, analýza rizik, bezpečnostní normy.

### **ABSTRACT**

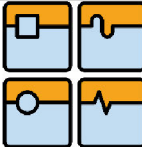
The first part of the thesis deals with risk management, legislation and safety, the machine must meet in order to be placed on the market. This part contains an analysis of the guards, because the guards are an integral part of a safe machine. The second part of the thesis assesses the safety of multifunction machining center CNC EcoSmart 1-line. Based on the identified risks have been designed and built the inner and outer guards.

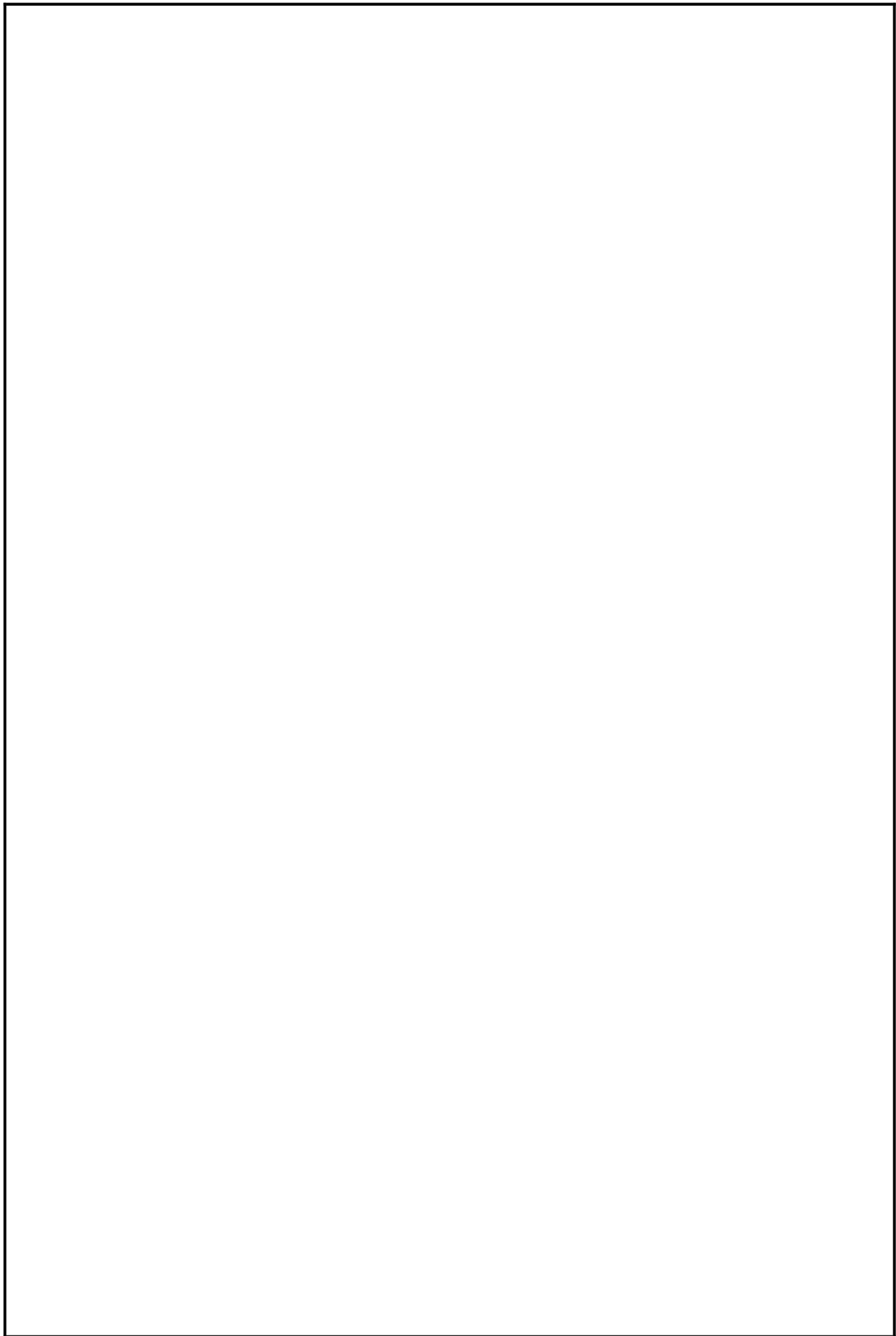
### **KEYWORDS**

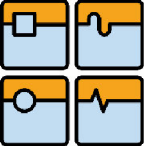
Multifunction machining center, safety, guards, risk management, risk analysis, safety standards.

### **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE DLE ČSN ISO 690**

CHALOUPKA, P. Konstrukce multifunkčního obráběcího centra. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 78 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 6
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	



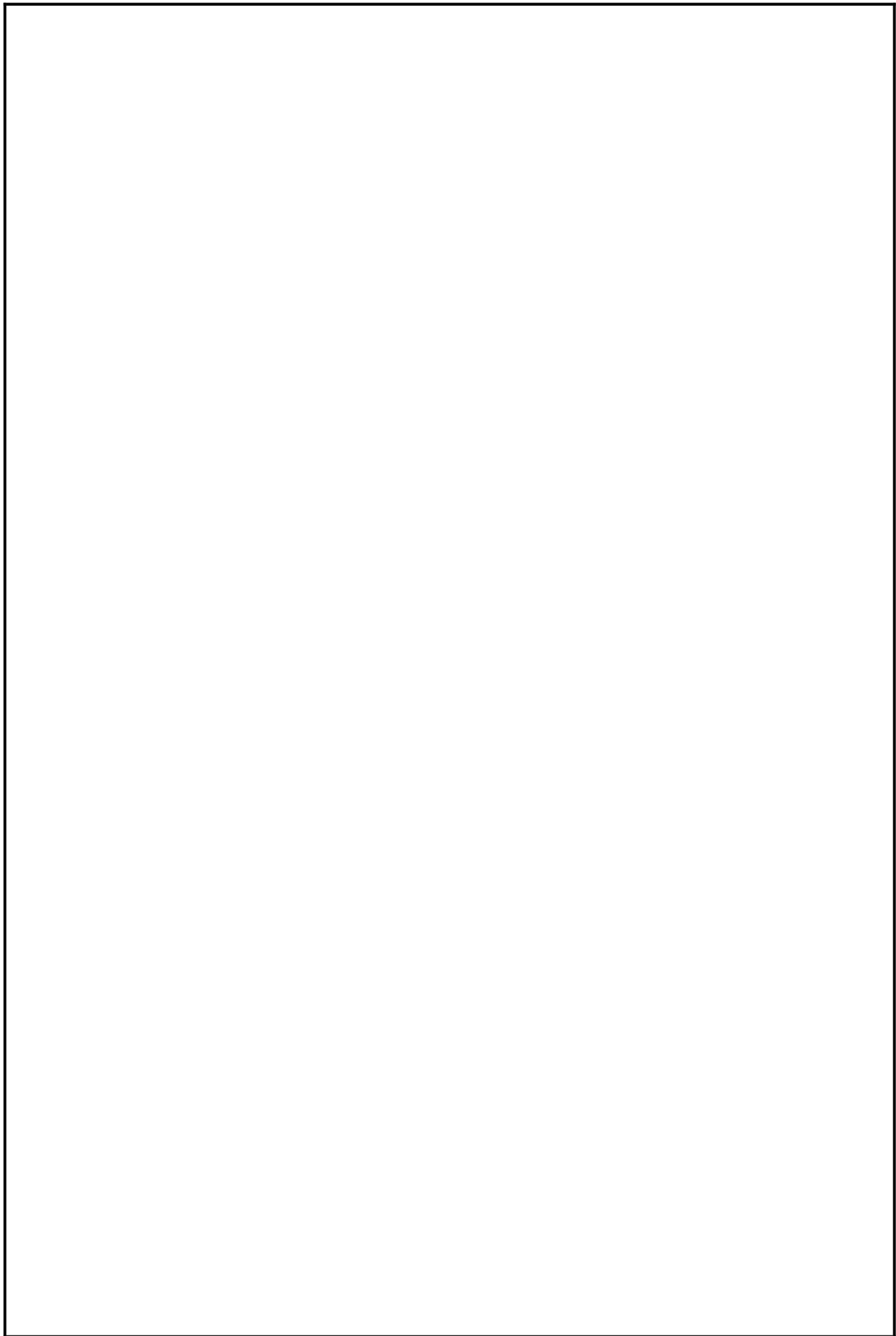
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 7
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

**Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že tato Diplomová práce: „Konstrukce multifunkčního obráběcího centra“, je mé samostatné dílo, které jsem vypracoval pod vedením doc. Ing. Petra Blechy, Ph.D. a uvedl jsem zde všechny zdroje, ze kterých jsem čerpal informace.

V Brně dne: 20.5.2011

.....  
podpis








## Obsah

1	Úvod .....	10
2	Návrh bezpečného obráběcího stroje .....	11
2.1	Management rizik .....	11
2.1.1	Prvky rizika .....	13
2.1.2	Analýza rizik .....	14
2.1.3	Metodické postupy analýzy rizik .....	15
2.1.4	Hodnocení rizik .....	19
2.1.5	Ochranná opatření .....	20
3	Zákony, směrnice a ustanovení k Managementu rizik .....	22
3.1	Zákony o bezpečném výrobku vydané ČR .....	22
3.1.1	Technické požadavky na výrobky .....	22
3.2	Harmonizované bezpečnostní normy .....	22
3.2.1	Normy typu A, B,C .....	25
4	Krytování stroje .....	26
4.1	Vnější kryty .....	26
4.2	Vnitřní kryty .....	27
4.3	Rozdělení krytů pro pohybové mechanismy .....	27
4.3.1	Nepohyblivé kryty .....	27
4.3.2	Kryty pohybující se v jedné ose .....	28
4.3.3	Dvouosé kryty .....	32
4.3.4	Mechanismy pro vázaný pohyb teleskopických krytů .....	33
5	Posouzení bezpečnosti stroje CNC EcoSMART 1-line .....	34
5.1	Konstrukce stroje CNC EcoSMART 1-line .....	34
5.2	Legislativa pro posouzení bezpečnosti stroje .....	34
5.3	Analýza rizik .....	36
5.3.1	Určení mezních hodnot strojního zařízení .....	37
5.3.2	Identifikace nebezpečí .....	39
5.3.3	Odhad rizik .....	62
5.3.4	Zhodnocení rizika .....	63
6	Krytování stroje CNC EcoSMART 1-line .....	66
6.1	Návrh ochranného krytu obráběcího centra .....	66
6.1.1	Zkouška nárazem u stroje vybaveného frézovacím nástrojem .....	66
6.1.2	Zkouška nárazem u soustružnického stroje .....	67
6.1.3	Vyhodnocení zkoušek .....	67
6.1.4	Blokování posuvného krytu .....	68
6.1.5	Návrh vedení pro posuvné dveře .....	68
6.1.6	Vnitřní a vnější krytování stroje CNC EcoSMART 1-line .....	70
7	Závěr .....	72
8	Seznam použité literatury .....	73
9	Seznam použitých příloh .....	75
10	Seznam obrázků .....	76
11	Seznam použitých tabulek .....	77
12	Seznam použitých symbolů a zkratk .....	78

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 10
	<b>DIPLOMOVÁ PRÁCE</b>	

## 1 Úvod

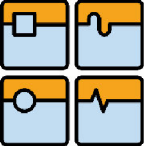
Návrhem bezpečného obráběcího stroje se zabývá management rizik, což je komplexní řízení složek kvality, ochrany přírody, funkční bezpečnost systémů a bezpečnost strojních zařízení. Prvním krokem k navržení bezpečného stroje je analýza rizik. Tento pojem obsahuje popis strojního zařízení, identifikaci nebezpečí, odhad rizika a jeho zhodnocení. Celý proces se pak opakuje a probíhá do té doby, dokud všechna rizika nejsou snížena na přijatelnou hodnotu. K analyzování rizik existuje velké množství metod, které se kombinují tak, abychom mohli identifikovat co nejvíce nebezpečí. K hodnocení rizik se využívají tabulky, které třídí rizika podle závažnosti do několika skupin. Dle tohoto rozdělení lze zjistit, zda je dané nebezpečí akceptovatelné nebo se musí ošetřit. Významná rizika se snižují pomocí opatření zabudovaných v konstrukci, bezpečnostních a informativních opatření. Toto pořadí se musí vždy dodržovat.

Vstupem České republiky do Evropské unie došlo ke změnám v legislativě. České normy ČSN se harmonizovaly s evropskými normami. Nejdůležitější směrnici pro bezpečnost obráběcích strojů je 2006/42/ES o strojních zařízeních, která obsahuje základní pojmy, terminologii a podmínky pro uvedení stroje na trh. Bezpečnostní normy jsou rozděleny do třech skupin: normy typu A, B, C. Normy typu A jsou ty nejzákladnější pro všechny strojní zařízení. Normy typu B jsou konkrétnější a rozděleny do skupin pro stroje využívající stejné bezpečnostní prvky. Normy typu C jsou nejpodrobnější a určeny přímo pro jednotlivá strojní zařízení.

Důležitým prvkem bezpečného stroje je vhodné krytování, které významně snižuje velikost rizika. Z tohoto důvodu se čtvrtá kapitola zaměřuje na rozdělení a popis krytů.

Druhá část diplomové práce se zabývá ojedinělým projektem konstrukce multifunkčního obráběcího centra. Po sestavení čtyřčlenného týmu, byla navržena koncepce stroje. Mým úkolem byla konstrukce krytování stroje a posouzení jeho bezpečnosti.

Návrh bezpečnosti musí být v souladu s bezpečnostními normami a směrnicemi, proto jsou v kapitole 5.2 popsány normy a směrnice, ze kterých jsem vycházel. Následující kapitola obsahuje postup identifikace rizik a jejich zhodnocení. Poslední kapitola popisuje krytování stroje CNC EcoSMART 1-line. Jsou zde uvedeny bezpečnostní výpočty, způsob blokování posuvných krytů a celkové zakrytování stroje, vycházející z výsledků bezpečnostní analýzy.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 11
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

## 2 Návrh bezpečného obráběcího stroje

K návrhu nového obráběcího stroje je nezbytný konstrukční vývoj. Ten je daný návrhem z hlediska strojního, ve kterém se navrhnou strojní části tak, aby splňovali daný účel, ke kterému je stroj navržen. V dalším kroku se provede elektroinstalace na stroji a nakonec se připojí média, se kterými stroj pracuje. Následně se řeší krytování stroje a další bezpečnostní opatření (např. funkční bezpečnost stroje). V poslední etapě se vytvoří varovné nápisy a štítky na stroji a další upozornění uživatele v návodu. Dodržením všech bezpečnostních norem a směrnic se provede posouzení shody, ze kterého vyplyne, zda je stroj bezpečný a je-li ho možno uvést na trh. [2]

Bezpečnostní část návrhu obráběcího stroje tvoří tři navzájem se ovlivňující složky, a to management rizik, bezpečnostní normy a prohlášení o shodě CE.

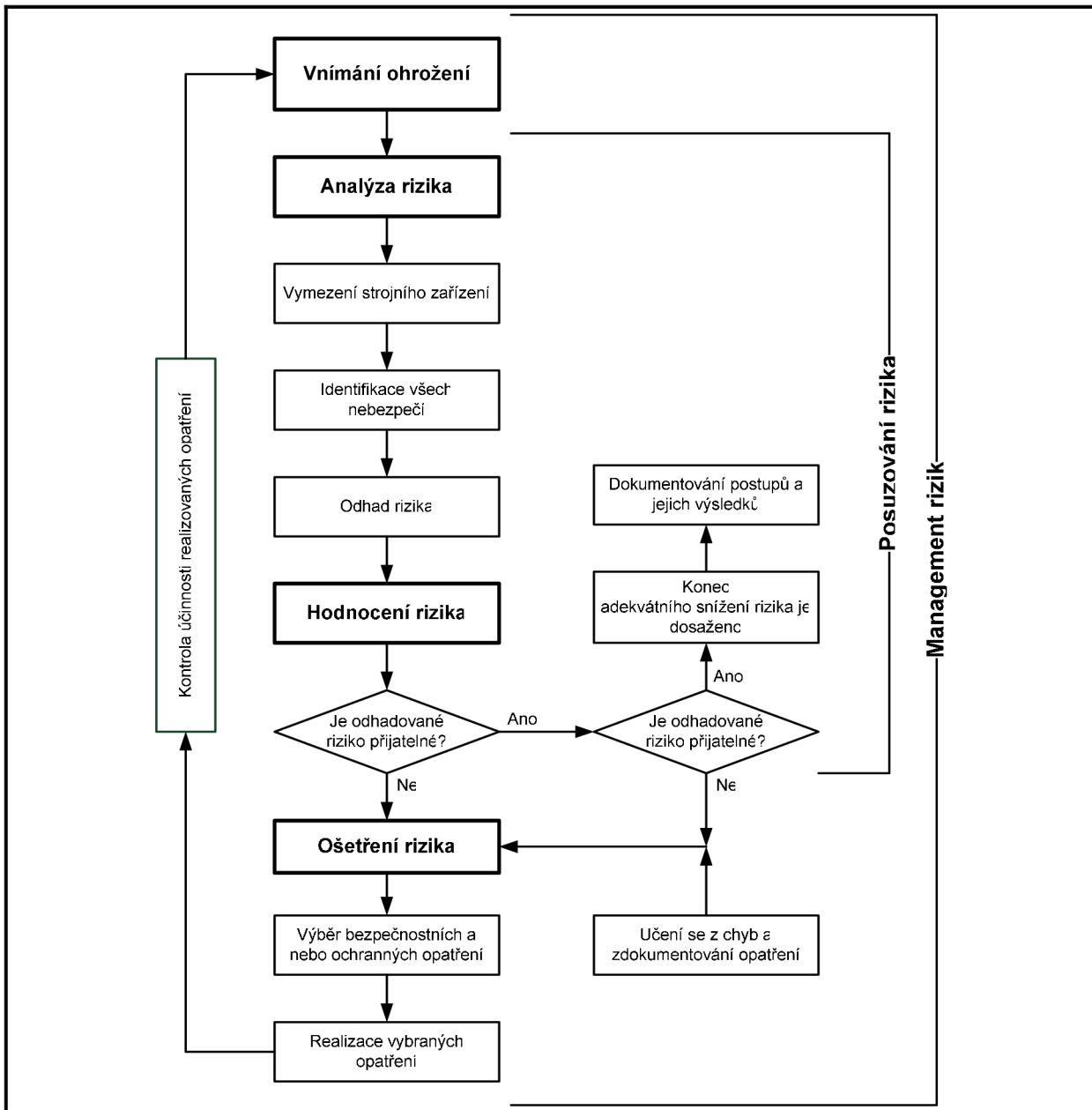
Management rizik musí pracovat při dodržování bezpečnostních norem typu A, B a C. Tyto normy jsou nedílnou podmínkou pro získání prohlášení o shodě CE, bez kterého by byl stroj neprodejný. [2]

### 2.1 Management rizik

Výrobní stroj je ve všech životních etapách neustále vystaven nebezpečným faktorům, které mohou způsobit poškození stroje, popřípadě v krajních mezích i obsluhy. Tyto faktory nazýváme rizika a zabývá se jimi management rizik. Cílem je tato rizika ze stroje úplně odstranit a ta rizika, která není možno odstranit, například z technologického hlediska, je snahou potlačit tak, aby nenastaly. Management rizik by neměl sloužit pouze jako nástroj k dosažení certifikátu CE a možnost prodávat stroj na trhu, ale měl by se stát strategií a formou uvažování vedení firmy. Management rizik obsahuje funkční bezpečnost systémů, systém managementu kvality, systém managementu životního prostředí a bezpečnost strojních zařízení. V oblasti bezpečnosti strojních zařízení je snaha rizika předpovědět dříve než nastanou a k tomu využívá širokou škálu metod, o kterých je psáno v kapitole 2.1.3. Jestliže dojde k rizikové situaci, musí se co v nejkratším čase odstranit nebo použít ochranná patření. Tím však práce managementu rizik nekončí. Zkoumá zpětně příčiny a důsledky, které si porucha vyžádala, zda-li odstranění rizika proběhlo úplně, popřípadě jestli se zvolilo dobré ochranné opatření a problematika se sleduje a analyzuje. Velmi cenné jsou informace a data z chyb, protože se díky nim získají zkušenosti a při další podobné situaci se poruše může předejít. Je patrné, že management rizik klade velký důraz na prevenci před riziky. Snahou je už v návrhu stroje odstraňovat rizika a iniciátory rizik. Není-li to z funkčního či jiného hlediska možné, přistoupí se k ochranným opatřením, k prevenci vzniku možného rizika a oblast se důkladně sleduje.

Spoléhat se na to, že se bezpečnostní předpisy budou dodržovat a obsluha se jimi bude řídit, není dostatečná prevence vzniku nebezpečné události. Je nutné slabá místa zesílit natolik, aby pravděpodobnost výskytu poruchy byla co nejmenší, čímž se vytvoří takzvaná bezpečnostní rezerva. Je to bezpečnostní prvek, který už jsme schopni vkonstruovat do návrhu stroje.

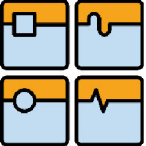
Funkce systému managementu rizik je znázorněna na schématu. [2]



Obr.1 Funkce systému managementu rizik [2]

Jak je patrné, systém využívá logických prvků k analyzování procesu, zkoumání rizik, hlídání nebezpečných faktorů, a když nastane porucha, dojde k odstranění rizika, popřípadě jeho snížení na bezpečnou úroveň. Ve většině případů se tento systém přizpůsobí dané problematice na míru, kvůli efektivnějšímu posuzování a přístupu k rizikům.

Nebezpečná místa je nutno sledovat a dokumentovat. Čím podrobněji, přesněji a věrohodněji se data zapíší, tím je snadnější pro kvalifikovanou osobu předejít poruše, nebo je-li pozdě a došlo k poruše, tak se lépe a přesněji analyzuje příčina. Každá nebezpečná oblast se dá lépe ošetřit, když je známý iniciační prvek. Pro management rizik není oprava konečné řešení. Je nutné dále sledovat danou oblast a případné změny, které nastanou, musíme aktualizovat a sledovat jejich význam. Jestliže by problém byl v daný okamžik neidentifikovatelný, je potřeba důkladně popsat situaci a zapsat hodnoty tak, aby bylo možné se později k datům vrátit a s rozšířenými znalostmi pak identifikovat příčinu a odstranit ji. Velký důraz se

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 13
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

klade u sběru dat a hodnocení rizik na objektivitu. Při neobjektivním přístupu by pak případné chyby zkreslovaly výsledky analýzy a hodnocení problému by mohlo být zavádějící. K tomu jsou určeny metody a předem dané postupy. Ty z velké části pomáhají udržet pracovníkům nezkráslený úsudek. Na základě praktických zkušeností se ukázalo, že sestavení týmu minimálně o třech členech zajistí objektivní pohled na věc. Ve složitých případech je potřeba sestavit mnohem větší tým, složený ze členů různých profesí, z důvodu širokého pohledu na problematiku. Na jednotlivé členy týmu se kladou vyšší nároky, protože musí mít znalosti nejen profesní, ale i z oblasti analýzy rizik. Nejvyšší pozice v managementu rizik, by měly obsazovat osoby studované v tomto oboru, které mají letitou praxi. [2]

### 2.1.1 Prvky rizika

Pojem riziko je podle normy kombinací pravděpodobnosti, výskytu škody a její závažnosti. Tedy je to číslo určené na základě matematického vyjádření jako funkce:


$$\text{Riziko} = f(\text{závažnost škody} / \text{pravděpodobnost vzniku škody})$$

**Pravděpodobnost vzniku škody** – téměř každý proces ohrožuje vznik nebezpečné situace. S některými nebezpečími jsme předem seznámeni, víme o nich dopředu a můžeme pomocí ochranných opatření pravděpodobnost vzniku snižovat, popřípadě, je-li to možné, tato nebezpečí úplně odstranit. Jsou však i nebezpečí, o kterých předem nevíme a nemůžeme odhadnout pravděpodobnost výskytu a druh nebezpečí. Nastane-li tato situace, data o nehodě se vyhodnotí, zjistí se příčiny a můžou se stanovit bezpečnostní opatření. [2]

**Závažnost škody** – vznikne-li nebezpečná situace a nepodaří-li se nám ji zvládnout, dojde k vzniku škody. Podle závažnosti dělíme škody na tři velké okruhy a to na škody způsobené na zdraví, škody vzniklé na životním prostředí a škody vzniklé na majetku. [2]

Ve výrobním procesu se musí na rizika dívat jako na negativní prvek, protože přináší možnost vzniku škody a to znamená ztráty. Oproti tomu jsou příležitosti jakožto prvek pozitivní, který přináší zisky. Je vyzorováno, že čím jsou vyšší příležitosti, tím jsou vyšší zisky podniku, ale s tím jsou spjaty větší rizika. Tato rizika jsou přirozená nebo uměle úmyslně vytvořená. Navíc jsou předem skryta a víme dopředu jen o malé části z nich.

Opravy a zásahy do sledovaného procesu managementu rizik, které jsou provedeny bez konzultace, nerozvážně a osobami nekvalifikovanými v tomto oboru, mohou vést k fatálnímu narušení vedoucím například k poruše či nehodě. Tyto takzvané neodborné zásahy nejčastěji vznikají při vizi neodborníka, že by mohl opravou či jednoduchým zásahem problém opravit nebo vylepšit daný proces, tím zvýšit například výrobu a zisk. Takováto vize je krátkozraká a nebere ohled na veškerá rizika. Ta zdánlivě neopodstatněná omezení mívají za účel snižovat rizika na bezpečnou úroveň. Z toho plyne, že jakékoli změny a zásahy musí být konzultovány s managementem rizik, popřípadě řídit se jejich předepsanými pokyny. Tím se eliminují neznámé změny a systém může spolehlivě pracovat. Takto fungující systém neustále sleduje ošetřované oblasti a je schopen objevit nově vznikající zjevné rizika,

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 14
	<b>DIPLOMOVÁ PRÁCE</b>	

ale co je nejdůležitější, že může objevit i ty skryté. Navíc je možno najít nové příležitosti. To nejpodstatnější na takto nalezených příležitostech je to, že jsou všestranně zhodnocená, takže jsou ekonomicky atraktivní a hlavně s nízkými riziky. Kdyby se bral například jen ekonomický směr, tak by předpokládaný zisk byl o hodně větší, ale v průběhu času by docházelo k poruchám, nehodám a dalším ztrátovým faktorům, což je ve výsledku ztrátovější.

**Mezní riziko** je pro daný proces největší tolerovatelné riziko, které dokážeme ošetřit natolik, aby nedošlo k selhání. Obecně není nijak definované. Velikost mezního rizika je v každé společnosti jinak posuzována. To je způsobeno odlišnou kulturou, vyspělostí dané země, jejími tradicemi, společností a mnohými dalšími hledisky.

Základem celého managementu rizik je vyhledávání rizik, nebo-li hledání tzv. slabých míst ve výrobním procesu. Bez známých rizik totiž nemůže ani proběhnout analýza rizik. To samé platí o včasnosti a úplnosti dat o vznikajícím riziku, protože při pozdním a necelistvém hlášení se může riziko rozvinout například v poruchu. Je nutné, aby hledání rizik probíhalo už ve fázi plánování výrobního procesu. Jakmile jsou známa rizika, provedeme obě analýzy. První je co nejpřesnější odhad pravděpodobnosti, četnosti poruch a jejich intervalů. Zadruhé provedeme odhad velikosti a závažnosti škod, které by mohly vzniknout z odhadovaných rizik. V třetím kroku pak proběhne posouzení obou analýz a jejich vyhodnocení, jak moc velká jsou nebezpečí v daných procesech a jsme-li schopni je dostatečně ošetřit. [2]

## 2.1.2 Analýza rizik

Máme-li sesbírané všechna potřebná data o zkoumaném procesu a známe-li jeho rizika, můžeme začít s jejich analyzováním. Analyzuje se ve dvou fázích a to deduktivně a induktivně.

Deduktivní analýza probíhá za předpokladu, že nastane nějaká nebezpečná událost nebo již nastala a v této fázi se zkoumají příčiny, které vedly až ke vzniku této události. Účel je zjistit zdroje ohrožení a ty buď odstraníme, nebo ošetříme.

Induktivní analýza probíhá za stejného předpokladu, ale s tím rozdílem, že zkoumáme dopady, jaké tato událost způsobila. Jinými slovy zkoumáme rozsah a velikost škod.

Analýza rizik má za účel určit meze zkoumaného procesu, jak z pohledu detailního jako je způsob použití, funkce a rozsah činnosti, tak i z pohledu širšího jako jsou vnější vlivy a prostor kolem oblasti zkoumání. Druhá fáze analýzy rizik je simulace kritických situací, které by mohly eventuálně nastat. Takto se dobře seznámíme se zkoumaným procesem.

Další krok je ve snaze odhadnout celkové riziko. Vycházíme z předešlých analýz, zhodnotíme je a pokusíme se jejich sloučením určit pravděpodobnost výskytu škody. Tato část je velice obtížná, mnohdy i neuskutečnitelná. V dalším kroku je snaha o co nejpřesnější odhad možných rizik pomocí analýzy následků a četností. Sloučením výsledků těchto dvou analýz se dostaneme k odhadu rizika.

Analýza četnosti má za úkol určit jak časté budou nebezpečné situace a jak dlouho budou trvat. Tato analýza je relativně přesná, hodně případů se dá přímo měřit nebo je jejich odhad snadný.

V hlavním zájmu firmy je znát hrozící nebezpečí, které proces obsahuje, kdyby selhalo bezpečnostní opatření. K tomu je určena analýza následků. Ta se zabývá nejprve určením druhu škody. V případech, když by mohla nastat kombinace více druhů škod, tak se provede odhad každého druhu škody zvlášť. V této analýze se nesmí opomenout i ty škody, které nenastanou ihned, ale projeví se až postupem času.

Pro vyhodnocení analýzy četnosti a rozsahu škody se používají matice rizik, což je grafický výstup. Takovýchto matic je mnoho druhů a používají se i jejich kombinace, jelikož se je snažíme co nejlépe aplikovat na specifický problém. Jednotlivé zkoumané procesy mají svá úskalí a najít takovou matici nebo vhodně zkombinovat matice rizik tak, aby vystihla zkoumaný proces, je záležitost obtížná. Jako ukázkou jsem zvolil úplně základní druh matice. Je velmi jednoduchá a rozsáhlá. Avšak není zanedbatelná, protože by z takovéto podobné matice měl vycházet každý začínající management rizik a později ji zdokonalit a zpřesnit [2]

**Management rizik**  
**Hodnocení rizika**

↑ Závažnost škody ↑	Následky jsou závažné	3 malé riziko	4 závažné riziko	5 neúnosné riziko
	Následky jsou škodlivé	2 nepatrné riziko	3 malé riziko	4 závažné riziko
	Následky jsou bezvýznamné	1 bezvýznamné riziko	2 nepatrné riziko	3 malé riziko
		Vznik škody je nepravděpodobný	Vznik škody je možný	Vznik škody je pravděpodobný
		⇨ Právěpodobnost vzniku škody ⇨		

Obr.2 Příklad matice rizik [2]

### 2.1.3 Metodické postupy analýzy rizik

Aby byla zaručena co nejvyšší bezpečnost strojních zařízení je nutno identifikovat nebezpečí, která vychází z konstrukce, dané technologie a způsobu používání stroje. Proto byly vymyšleny a ozkoušeny různé metodické postupy jako jsou například: Checklist Analysis, Safety Review, Fault Tree Analysis (FTA), Common Cause Failure Analysis (CCFA), Event Tree Analysis (ETA), „Bow-Tie“ approach; Failure Mode, Effects and Criticality Analysis (FMECA); Hazard and Operability Analysis (HAZOP), Human Reliability Analysis (HRA), DELPHI-

Technique, Preliminary Hazard Analysis (PHA), What-If Analysis, Relative Ranking (RR), Reliability block diagram (RBD) a Markov Techniques. [1]

Vybrané metody, jejich princip a podstata:

### Checklist analysis

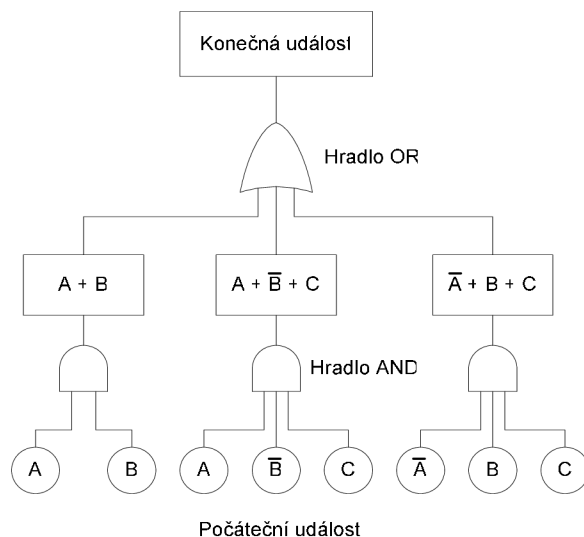
Metoda známá pod českým překladem jako metoda kontrolního seznamu. Pro tuto analýzu je potřebný tým odborníků z různých oblastí pod vedením zkušeného člověka v oboru analýz rizik, který dobře ovládá otázky. Osoba tvořící seznam kontrolních otázek musí mít již předešlé zkušenosti s jejich používáním. Na tyto otázky se pak odpovídá a stanovuje se hodnotící kritérium. Analýza je velice podrobná a dá se aplikovat jak na systémy, tak i na procesy. Je obvyklé tuto metodu kombinovat s jinými metodami jako například s What-if, Safety review. Metoda se hodí pro jakoukoli životní fázi. Nevýhodou této analýzy je její subjektivnost, která se odvíjí od zkušeností vedoucího celého týmu. [14]

### Safety review

Jsou to bezpečnostní prohlídky, zkoumající nejzávažnější rizika. Jsou uplatňovány v jakékoli životní fázi. Odborná osoba nebo celý tým prochází podnikem a zaměřuje se na riziková místa. K těm se sepíší posudky, návrhy na bezpečnostní opatření a termíny jejich realizace. Vhodné u prohlídek mít k dispozici seznam kontrolních otázek (Checklist) nebo kombinovat s analýzou What-if. [14]

### Fault tree analysis (FTA)

Tato analýza je podrobně popsána a vysvětlena v normě ČSN EN 61025. Metoda je vhodná pro analýzu několika spjatých systémů nebo podsystémů. Jedná se o metodu deduktivního charakteru, kdy zkoumáme příčiny vedoucí ke kritické události. Je to grafický model využívající logických prvků a booleanovských hradel (AND, OR, NOT...) k určení vazeb mezi příčinami. Ukázka metody je na obrázku 3. Touto metodou se dostaneme k příčinám nebezpečné události, na které pak aplikujeme bezpečnostní opatření. Je obvyklá kombinace s metodami jako FMEA, ETA nebo Markovovou analýzou. [13]



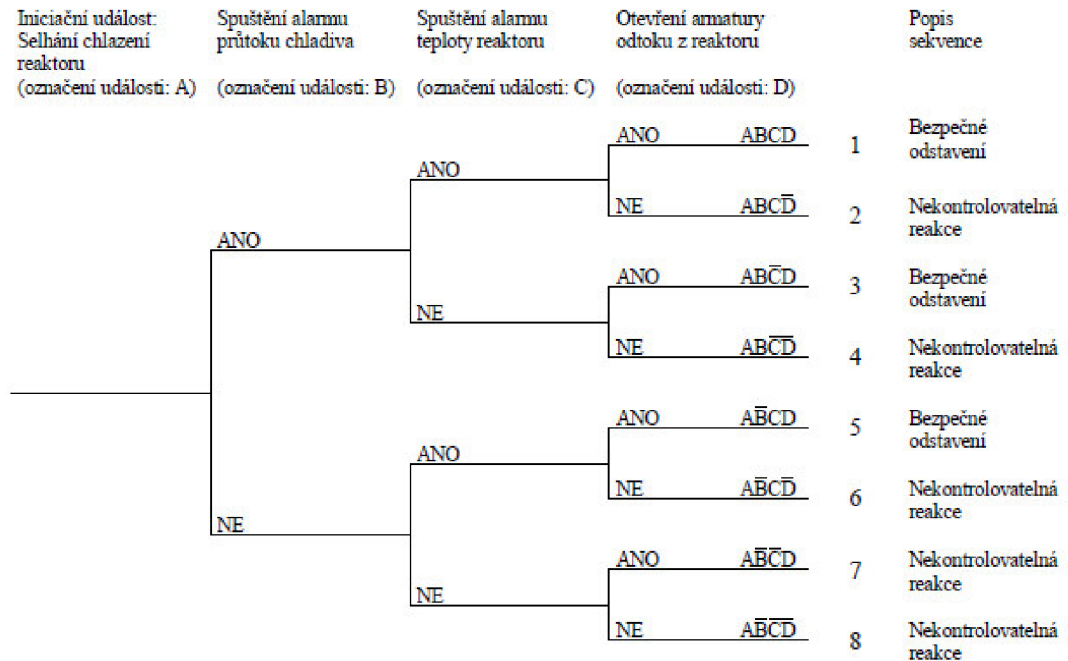
Obr.3 Schéma FTA analýzy





### Event tree analysis (ETA)

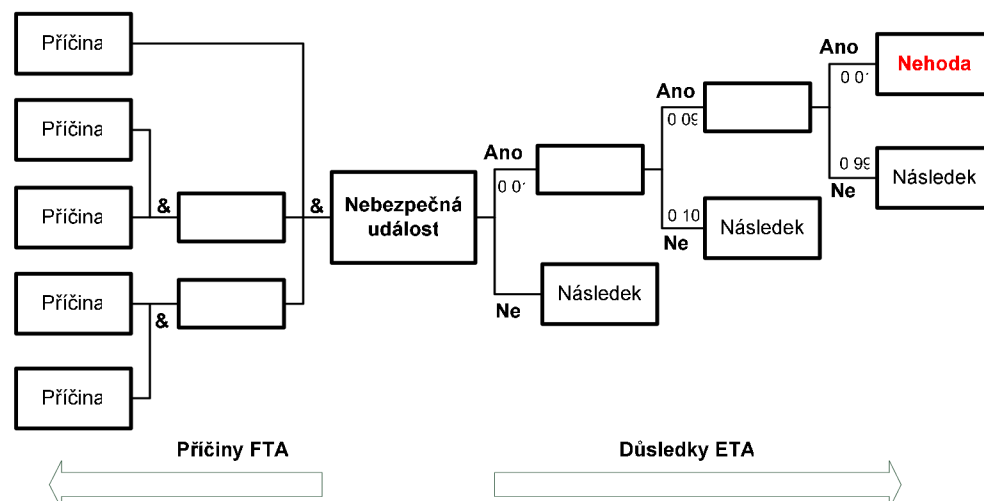
Grafická metoda využívající systematický popis následků vzniklých iniciační událostí v časovém sledu za použití binárního dělení (Ano, Ne) nebo vícenásobného procentuálního dělení. Zkoumáme buď-to takovou iniciační událost, kterou následuje systém bezpečnostních opatření a to je pre-nehodová událost anebo je to taková iniciační událost, u které pak už jen zjišťujeme škody a výsledky nehody a to je post-nehodová událost. [13]



Obr.4 Ukázka ETA s pre-nehodovou událostí [13]

### „Bowl-tie“ approach

Tzv. motýlkový graf. Jedná se o skloubení dvou metod a to FTA a ETA. Levá část grafu se skládá z příčin vedoucích k nebezpečné události pomocí metody FTA a pravou částí navazující na nebezpečnou událost a popisující její důsledky pomocí metody ETA. [14]



Obr.5 Metoda „Bowl-tie“

### Failure mode and effect analysis (FMEA)

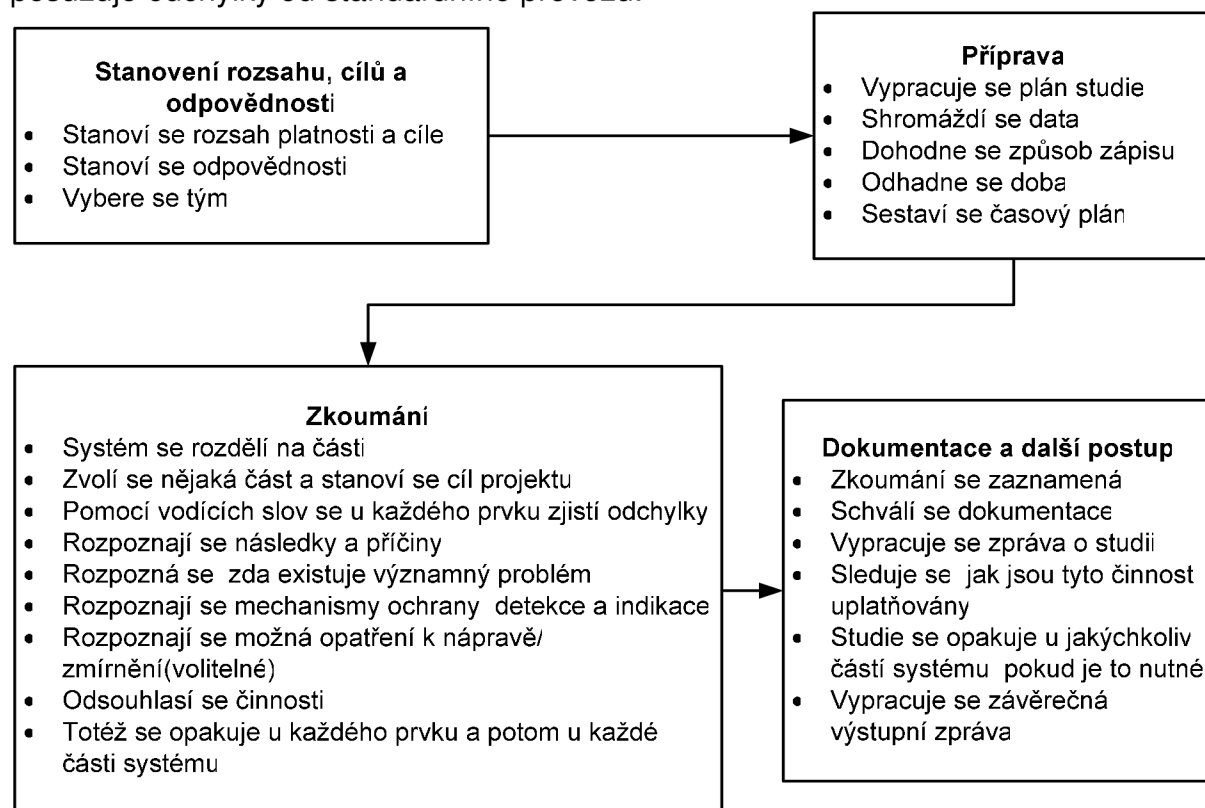
Tato metoda je popsána a vysvětlena v normě ČSN EN 60812. Analyzuje chyby, které by mohly vzniknout a hodnotí jejich důsledky. Uplatňuje se v počáteční etapě návrhu, kvůli snížení nákladů. Zaobírá se jednotlivými poruchami zvláště a nezávisle. Pro chyby na sebe závislé je pak nutno doplnit ještě o analýzy další jako je například FTA nebo Markovova analýza. K jednomu riziku, ať už k přímo nebo nepřímo vedoucímu k nebezpečné situaci, se vytvoří tabulka, ve které se posuzuje závažnost rizika, pravděpodobnost výskytu, pravděpodobnost včasného odhalení a spočte se prioritní rizikové číslo, které je násobkem vypsanych údajů. Na závěr se posoudí, zda je riziko v toleranci nebo pokud není, uvede se návrh na takové opatření, které sníží prioritní rizikové číslo na přijatelnou hodnotu. [14]

### Failure mode, effects and criticality analysis (FMECA)

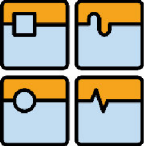
Jedná se o rozšíření metody FMEA přidáním prostředků na klasifikaci závažnosti poruch díky kterým je pak možno stanovit priority v realizaci bezpečnostních opatření. [14]

### Hazard and operability analysis (HAZOP)

Tato metoda je popsána a vysvětlena v normě ČSN EN 61882. K realizaci metody je potřeba tým odborných pracovníků různých technických odvětví. Ti pod vedením osoby znalé problematiky HAZOP provedou rozbor možných nebezpečí, které mohou nastat během provozu, zhodnotí bezpečnostní opatření a sepíše doporučení, ve kterém upozorní na nedostatky a místa nutná ošetřit. Vedoucí týmu používá speciální sadu vodících slov, kterými rozvíjí představivost týmu, který posuzuje odchylky od standardního provozu.



Obr.6 Postup metody HAZOP [15]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 19
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

### **Human reliability analysis (HRA)**

Tato metoda zkoumá zdroje rizik, které pochází z lidského faktoru. Rozebírá chování pracovníka a jeho jednání v běžném nebo rizikovém provozu. Systematicky rozebírá vlivy působící na úsudek a jednání, který může vyvrcholit nebo být způsoben nebezpečnou situací.

### **What-if analysis**

Metoda je aplikovatelná téměř na jakýkoli druh procesu a nebezpečných situací. Používá se ale spíše k jednodušším případům. What-if probíhá ve skupině odborníků nebo zkušených pracovníků, kteří dobře znají zkoumaný problém a pokládají si navzájem otázky a přichází s různými nápady či myšlenkami. Ty se ve výsledku zpracují do použitelných odpovědí. Jde hlavně o to, že při takové diskuzi různorodých odborníků se hledají nové pohledy na problematiku a zajímavé nápady nebo myšlenky. Na položené otázky ohledně dané problematiky se hledají co nejvhodnější a nejúčinnější ochranné opatření. Ve výsledku takovýchto diskuzí bývají seznamy rozmanitých otázek a odpovědí.

## **2.1.4 Hodnocení rizik**

Úkol hodnocení rizik již vyplývá z názvu. Tato oblast se zabývá tím, je-li velikost a rozsah rizik v daném procesu akceptovatelný či nikoli. Toto je jeden z rozhodných bodů celého procesu, kdy uvažujeme, jestli se proces bude realizovat nebo ne. Hodnocení ovlivňují dva faktory. Jednak se vrátíme k poslednímu kroku analýzy rizik, která odhaduje velikost, rozsah a druh potencionální škody, jež by nastala při vzniku rizika. Musí se zhodnotit všechny simulace škod a nebezpečných situací. Jednak je na odborníkovi na tuto problematiku, aby prozkoumal v daném procesu všechna ošetřená rizika, jsou-li ošetřena dostatečně a vyhovují-li všechna bezpečnostní opatření. Tato osoba pak rozhodne, jestli proces může být spuštěn nebo ne. Jsou-li zjištěna nějaká nebezpečí nebo rizika přesahují mezní riziko, tak se proces nesmí uskutečnit. Spuštěný proces se musí zastavit, do té doby než riziko bude sníženo pod mezní riziko a budou v pořádku všechna bezpečnostní opatření. Takováto rozhodnutí před spuštěním procesu jsou velmi kritická, jelikož při chybném odsouhlasení se v této fázi stávají obvykle největší škody. [2]

Závažnost rizika	Zásahy nezbytně nutné pro minimalizování rizika
1 bezvýznamné riziko	<ul style="list-style-type: none"> <li>• žádný zásah není nezbytně nutný</li> </ul>
2 nepatrné riziko	<ul style="list-style-type: none"> <li>• žádný zásah není bezpodmínečně nutný.</li> <li>• hledání řešení, které nebude vyžadovat další náklady, sledování situace tak, aby nedošlo ke ztrátě kontroly</li> </ul>
3 malé riziko	<ul style="list-style-type: none"> <li>• musí být proveden zásah k redukování rizika,</li> <li>• hospodárnost zásahu musí být vždy pečlivě uvážena, pokud má riziko více než jeden následek (např. úraz a požár), je zapotřebí přesně určit pravděpodobnost rizik</li> </ul>
4 závažné riziko	<ul style="list-style-type: none"> <li>• provedení zásahu ke snížení rizika je nezbytně nutné,</li> <li>• před snížením rizika musí být zabráněno neuváženému a lehkomyšlnému jednání,</li> <li>• rizikem zatížené činnosti mohou pokračovat, je však nutné si riziko uvědomovat a počínat si tak, aby vždy bylo možné bezpečně tyto činnosti zastavit</li> </ul>
5 neúnosné riziko	<ul style="list-style-type: none"> <li>• riziko musí být sníženo přinejmenším o jeden stupeň,</li> <li>• rizikem zatížené činnosti musí být přerušeny nebo vynechány, dokud nedojde ke snížení rizika</li> </ul>

Obr.7 Tabulka závažnosti rizik [2]

Výše uvedená tabulka vychází z matice pro hodnocení rizika. Opět velmi jednoduchá, základní tabulka navazující na matici uvedenou výše. Tato tabulka je určena k tomu jak zacházet s příslušně velikým rizikem a jaká opatření musí být provedena.

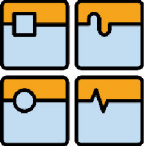
Další pojem v managementu rizik je **posouzení rizika**. Obsahuje jak analýzu rizik, tak i hodnocení rizika. Posouzení rizika při daném procesu neproběhne jednou, ale provádí se kontinuálně. Díky tomu odhaluje a hodnotí prvotní rizika, výskyt a velikost zbytkových rizik. Navíc sleduje, jak jsou rizika zabezpečena a jestli jsou dostatečně ošetřena, nebo jsou-li použity dostatečná bezpečnostní opatření. Posouzení rizika nám stanoví hodnotou rizika. V případě, že je riziko větší než mezni, musí se okamžitě snížit pomocí bezpečnostních opatření. Rizika odstraněná nebo dostatečně ošetřená již v návrhu procesu se považují za spolehlivě a plně účinná. [2]

### 2.1.5 Ochranná opatření

Jsou-li v procesu nějaké rizika nebo zdroje ohrožení, tak by se měly ochranné opatření realizovat tak, aby co nejméně zasahovaly do funkce procesu. Je praxí zjištěno, že ochranné prvky zasahující do funkce procesu nebo omezuje-li ho, tak jsou pracovníky tato opatření obcházeny, vyřazovány z funkce a porušovány.

Při řešení ochrany procesu je dobré zamyslet se i nad funkcí procesu. Protože jestli by byl využitelný i na jinou funkci než je vyroben, měli by být vytvořeny ochranné opatření i na tyto vedlejší funkce.

Ochranné opatření se dělí na dva druhy. Organizované ochranné opatření, které dokáže dobře reagovat na problém, jelikož ho řeší školený pracovník nebo tým. Nevýhodou je, že úsudky mohou být neobjektivní a selhání lidského faktoru je nejčastější důvod poruch. Proto kde je to možné, používáme technická ochranná opatření. Tato opatření mají minimální pravděpodobnost chyby. [2]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 21
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

### **Technická ochranná opatření**

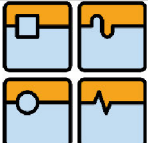
Jsou funkční jen pro oblast určenou k ochraně. Používají se například k ošetření zdroje ohrožení, které nemohlo být odstraněno. V tomto směru je účinnost malá. Zato při použití na bezpečnostně orientovanou funkci je účinnost vysoká, rychlost reakce na iniciační podnět je vysoká a hlavně ke své činnosti nepotřebuje člověka. Úspěšný zásah tohoto ochranného opatření je bráno už jako bezpečnostní opatření.

Konvenční počítačová technika by se měla používat opatrně. Takovéto programy by mohly být některými riziky znehodnoceny a systém nechrání proces před vznikem nebezpečné situace. Díky moderním technologiím je na trhu dostupná spolehlivější speciální počítačová technika, která byla kompletně zkonstruovaná k tomuto účelu a je odolná proti negativním vlivům vznikajícím z rizik v ošetřovaném procesu. [2]

### **Organizační ochranná opatření**

Používají se pouze v případech, kdy není možné aplikovat technické ochranné opatření. Důvodem je velice nízká účinnost. Hlavní činitel je člověk a je zároveň i tím důvodem pro tak nízkou účinnost. Riziko můžeme snížit proškolením, zkušenostmi a schopnostmi pracovníka, ale nikdy se nesmí dát přednost před ochranou technickou.

*Zbytkové riziko* je takové, které nelze žádným způsobem ošetřit nebo odstranit. Lze pouze na něj upozornit, aby se na něj kladla vysoká pozornost a preventivní opatření. [2]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 22
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

### 3 Zákony, směrnice a ustanovení k Managementu rizik

Management rizik se stejně jako další odvětví musí řídit zákony, směrnicemi a normami, které tuto oblast upravují.

#### 3.1 Zákony o bezpečném výrobku vydané ČR

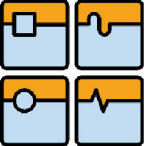
V české republice se technické požadavky na výrobky řídí zákonem č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky, který má za úkol objektivně posoudit právní zodpovědnost, jenž nastane při poškození výrobku. Dojde-li k poškození výrobku, tak majitel prokazuje, co se pokazilo a jakou škodu mu to způsobilo. Výrobce se pak snaží dokázat, že výrobek je ve shodě s technickými požadavky na výrobky čímž by si zajistil, že se nedopustil žádné chyby ve výrobě. [1]

##### 3.1.1 Technické požadavky na výrobky

- NV č. 176/2008 Sb., o technických požadavcích na strojní zařízení
  - NV č. 17/2003 Sb., o technických požadavcích na elektrická zařízení nízkého napětí
  - NV č. 176/2008 Sb., o technických požadavcích na výrobky z hlediska jejich elektromagnetické kompatibility
  - Zákon č. 102/2001 Sb., o obecné bezpečnosti výrobků
  - NV č. 378/2001 Sb., o bližších požadavcích na bezpečný provoz a používání strojů, technických zařízení, přístrojů a nářadí
  - Zákon č. 59/1998 Sb., o odpovědnosti za škodu způsobenou vadou výrobku
  - Zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce
  - Vyhláška Úřadu bezpečnosti práce 48/1982 Sb., kterou se stanoví základní požadavky k zajištění bezpečnosti práce a technických zařízení.
- [1]

#### 3.2 Harmonizované bezpečnostní normy

Vstupem do Evropské unie došlo k několika zásadním změnám v české technické legislativě a změnily se i požadavky na výrobce. Všem členským státům Evropské unie jsou nadřazeny Evropské normy a směrnice. Tyto normy si státy přejímají do vlastní legislativy a musí se jimi řídit. Převzetím evropské normy, jejím překladem a doplněním se pak takto upravené normy označují původním ČSN a přidáním EN. Od roku 1995 nejsou v České republice normy povinné. Takto

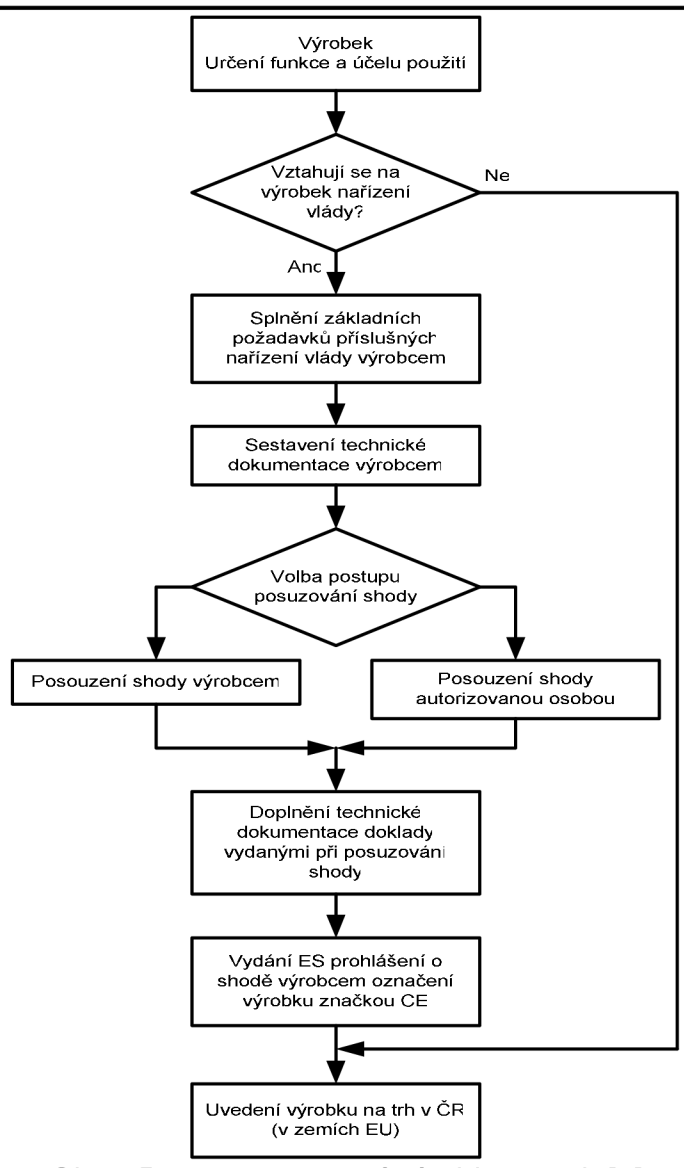
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 23
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

rozhodnuto bylo proto, aby se nebránilo pokroku a moderním přístupům, které by normy svazovaly.

Jsou-li některé vnitrostátní normy nebo směrnice v rozporu s evropskými, tak jejich platnost končí nebo je musí upravit tak, aby s nimi v rozporu nebyly. To znamená, že Česká technická legislativa musela projít tzv. harmonizací s Evropskou legislativou. Nyní se řídíme evropskými normami (EN) a evropskými směrnicemi. České normy obsahovaly většinou návody a ukazovaly cestu, kudy se mají výrobci ubírat. Evropské normy už takové návody nemají, zato vytyčují výrobcům cíle, které musí splňovat a je už jen na jejich šikovnosti a zkušenostech jak toho dosáhnout.

Evropské normy přenáší veškerou zodpovědnost za výrobky na výrobce. Výrobci zodpovídají za funkčnost a bezpečnost výrobku. Takovéto výrobky již musí mít v sobě dané všechny bezpečnostní prvky, aby mohly být umístěny na trh. Úroveň bezpečnosti výrobku musí být tak vysoká jak jen to je v dané oblasti výroby možné a zároveň musí být v souladu s evropskými směrnicemi a normami. Nyní se již na jeden výrobek může vztahovat víc Evropských směrnic a je pouze v kompetenci výrobce, aby si zjistil tyto směrnice a všechny evropské normy, kterými se musí řídit. Každý výrobek musí mít prohlášení o shodě, jinak nesmí být uveden na trh. Tím se výrobce zavazuje, že všechny výrobky jsou vyrobeny stejně kvalitně jako ty, na kterých se shoda ověřovala a splňují všechny Evropské směrnice a normy. Z technické dokumentace, kterou musí mít každý výrobek, si sám výrobce udělá posouzení o shodě. U výrobků, které mohou být zvláště nebezpečné, se posouzení o shodě provede s dohledem autorizované osoby a v ověřené zkušebně. Takové výrobky se označují jako stanovené výrobky a musí být viditelně označeny značkou shody CE. Ve většině případů si tedy výrobce udělá sám jak technickou dokumentaci tak i prohlášení o shodě a to může některé vybízet k falšování za vidinou většího zisku. K takovým případům porušování evropských norem a směrnic jsou prováděna Evropskou unií kontroly trhu a jejich soudy fungují rychle, účinně a s vysokými postihy. [1], [2]

První harmonizovaný zákon po vstupu ČR do EU byl zákon č. 22/1997Sb. o technických požadavcích na výrobky. Zákon stanovuje pojmy a objasňuje je. Pojem **výrobek** je označováno vše, co je vyrobeno, zpracováno, vytěženo nebo jinak získáno bez ohledu na zpracování a je uvedeno na trh. **Uvedením na trh** se rozumí okamžik, kdy je poprvé v ČR výrobek bezúplatně nebo úplatně předán za účelem distribuce, používání nebo převedení vlastnických práv. **Bezpečný výrobek** je ten, který pro předem určenou dobu a za běžných nebo předvídatelných podmínek, nepředstavuje žádné nebezpečí nebo jeho užití představuje nebezpečí tak malé, že jej lze k vysoké úrovni ochrany považovat za přijatelné. Pojem **stanovený výrobek** označuje takové výrobky, které vykazují zvýšenou úroveň ohrožení oprávněného zájmu a musí být posouzena jejich shoda skutečných vlastností s požadavky příslušných technických předpisů. Stanovený výrobek může být i stroj použitý nebo repasovaný. Jak takovéto výrobky dostat na trh je zobrazeno na obrázku 8. [2]



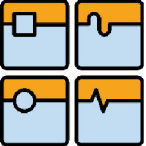
Obr.8 Postup prosazení výrobku na trh [2]

Dohled nad stanovenými výrobky, nad správným posouzením shody a nad dodržováním stanovených vlastností provádí Česká obchodní inspekce (ČOI). Technickou dokumentaci je výrobce nebo distributor povinen na požádání pověřené osoby ukázat. ČOI je oprávněna udělovat při nedodržování zákonů sankce.

Navazujícím zákonem je zákon č.59/1998Sb., o odpovědnosti za škodu způsobenou vadou výrobku. Uděluje výrobcovi nebo distributorovi plnou zodpovědnost za výrobky uváděné na trh nebo do provozu, které způsobí škodu. Poškozený se brání doložením vadného výrobku a škodou jím způsobenou. K tomu je zapotřebí uvést souvislosti mezi vadným výrobkem a napáchanou škodou kvůli prokázání, způsobil-li to vadný výrobek. Zákon povoluje výrobcovi nebo distributorovi bránit se pouze dokázáním některé ze zákonem dané zprošťovací skutečností. [2]

Pro námi navržený stroj je z pohledu evropského zákona o bezpečnosti výrobních strojích asi nejdůležitější směrnice evropského parlamentu a rady 2006/42/ES o strojních zařízeních, 2006/95/ES se zaměřením na harmonizaci právních



	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 25
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

předpisů členských států pro elektrická zařízení, 2004/108/ES o elektrické kompatibilitě. [1]

Norma ČSN IEC 62198 skýtá základní informace o managementu rizik a zejména zaměřením na aplikaci při řízení projektu. Využívá pracovní techniky, postupy a politiku firmy k posouzení vztahů a vazeb mezi monitorováním rizik a komunikací s vedením tak, aby mohli včas minimalizovat ztráty a efektivně pracovat s pracovními příležitostmi v závislosti na nákladech k jejich provedení. Strategický management by měl obsahovat management rizik, aby mohl úspěšně pracovat.

Technologická rizika posuzujeme podle směrnice 2006/42/ES, která obsahuje základní pojmy, terminologii a uvedení výrobku na trh. Příloha 1 obsahuje výčet nebezpečí spojených se strojními zařízeními, kterými je nutno se řídit při posuzování bezpečnosti stroje. [1]

### 3.2.1 Normy typu A, B,C

Bezpečností strojů a strojních zařízení v Evropské unii se zabývají normy, které jsou přehledně uspořádány a sestaveny podle důležitosti do tří skupin. [2], [3]

#### Normy typu A

Typ A jsou elementární normy, ve kterých jsou objasněny pojmy používané v bezpečnosti, záležitosti kterých je nutno se vyvarovat v návrhu nebo které by neměly být opomenuty a celkový pohled na bezpečnost všech strojů a strojních zařízení. Pro představu uvádím například normy ČSN EN ISO 12100-1 o základních pojmech, všeobecných zásadách pro konstrukci a terminologii, ČSN EN ISO 12100-2 o základních pojmech, všeobecných zásadách pro konstrukci a technické zásady ČSN EN ISO 14121-1 o posouzení rizik a technické zásady. [2]

#### Normy typu B


Typ B je více konkretizovaný. U mnoha různých strojů a strojních zařízení se používají tytéž bezpečnostní prvky nebo pohledy na bezpečnost a normy typu B se jimi zabývají. Tato norma se k lepší přehlednosti jako jediná dělí na dvě části.

*Normy typu B1* se týkají jednotlivých bezpečnostních hledisek. [17] Například ČSN EN 13849-1 a ČSN EN 13849-2 o bezpečnosti ovládacích systémů, ČSN EN 614-1 o ergonomických zásadách a ČSN EN 1037 o neočekávaném spuštění.

*Normy B2* se týkají příslušných bezpečnostních zařízení. [17] Zde jsou například normy ČSN EN 13850 o nouzovém zastavení a ČSN EN 574 o dvouručních ovládacích zařízeních a ČSN EN 1088 o blokovacích zařízeních spojených s bezpečnostními kryty. [2]

#### Normy typu C

Typ C jsou nejpodrobněji psané normy. Jsou určeny pro jednotlivé stroje a strojní zařízení, kterým určují jejich bezpečnost a technické požadavky. Tyto normy, popisují-li konkrétní stroj, jsou speciálními vůči normám typu A, B. Zde patří například ČSN EN 775 o bezpečnosti průmyslových robotů, ČSN EN 12417+A2 o bezpečnosti obráběcích center a nová norma pro Soustružnické stroje ČSN EN 23125, která byla uvedena v platnost v listopadu roku 2010, [2], [3]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 26
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

## 4 Krytování stroje

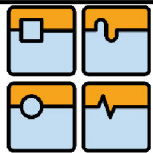
Pomocí krytu se snažíme zamezit vnikání třísek, řezné kapaliny a nečistot na vodící plochy, což by mohlo způsobit zhoršení přesnosti stroje, snížení životnosti vodících ploch a narušení funkce snímačů polohy. Dalším důvodem je zvýšení bezpečnosti stroje tím, že kryty zamezují přístup k nebezpečným částem stroje. Estetické krytování je taktéž důležité, neboť atraktivní vzhled pomáhá výrobek prosadit na trhu. Kryty by dále měli splňovat kritéria jako například nepropustnost třísek a chladicí kapaliny, nesmí omezovat dynamiku os, malé rozměry, tichý chod apod. [4], [5]

### 4.1 Vnější kryty

Oddělují pracovní prostor od vnějšího okolí. Často používané jsou bloky ze samonosné konstrukce, které obklopují stroj kolem dokola i seshora. U hlučných strojů bloky vyplňujeme protihlukovou pěnou či jinou technologií pro zamezení šíření hluku a dodržení hlukových emisí. Horní kryt slouží k zabránění unikání prachu, plynů a par, které jsou škodlivé. Mohly by způsobit ohrožení zdraví pracovníků, porušit emise ovzduší a znečistit pracoviště. Proto horní kryt obsahuje odsávání, jež je napojeno na centrální vzduchovou jednotku, popřípadě bývá doplněno o čističku vzduchu. Než se odblokují dveře k pracovnímu prostoru, musí být prostor odsátý a vyčištěný a případné kapaliny vráceny do oběhu řezné kapaliny. Kryty musí být konstruovány tak, aby vydržely náraz obrobku, který by se mohl nešťastnou náhodou uvolnit. A samozřejmě průzorné skla musí být tvrzené ze stejného důvodu jako kryty chránící okolí od pracovního prostoru. Automatické dveře do pracovního prostoru vybavujeme speciálními lištami, které jsou schopny detekovat náhodné sevření například ruky pracovníka a uvolnit ji tak, aby nedošlo k pohmoždění či amputaci. Dále je důležité dveře blokovat nejenom elektronicky proti vstupu do pracovního prostoru při obrábění ale i mechanicky, když dojde k výpadku proudu. Dalším typem zábrany bývají obyčejné ploty, které chrání pracovníky před pohybuujícími se částmi stroje, například smykadla mimo prostor stroje, kde by mohly při nečekaném pohybu někomu ublížit. [2]



Obr.9 Vnější kryty [11]



## 4.2 Vnitřní kryty

Oddělují pracovní prostor a chrání pohybové mechanismy, elektrické rozvody, odměřovací zařízení, snímače, spínače a další části stroje před třískami, řeznou kapalinou a dalšími nečistotami. Z velké části bývají tvořeny teleskopickými kryty, které ochraňují kuličkové šrouby, pohybový mechanismus saní, vedení apod. Kryty na něž dopadají třísky, musejí být vyrobeny z otěruvzdorného materiálu, který navíc musí vydržet i tepelné namáhání, jelikož třísky mohou být při kontaktu s krytem ještě žhavé. Navíc takovéto kryty by měly mít určitý sklon, aby se na něm třísky neudržovaly, ale padaly do sběrače třísek. [2]



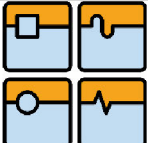
Obr.10 Vnitřní kryty [12]

## 4.3 Rozdělení krytů pro pohybové mechanismy

Kryty pro pohybové mechanismy se dělí na nepohyblivé, pohyblivé v jedné ose a dvouosé.

### 4.3.1 Nepohyblivé kryty

Nepohyblivé kryty dodávají stroji tvar a ucelenost. Tyto kryty se nesmí za chodu stroje pohybovat a patří do skupiny vnějších krytů. Jejich úkolem je chránit pracovníka a okolí před riziky stroje za chodu. Stroj pracuje ve vysokých otáčkách s obráběným materiálem a havárie v takovýchto podmínkách by mohla být smrtící. Proto se musí kryty dimenzovat proti průrazu vymrštěným tělesem. Takové těleso může být třeba jen úlomek nože nebo tříška, ale i několika kilogramový obrobek s obrovskou kinetickou energií. Takovéto kryty se vyrábí z ohýbaných ocelových plechů. Vizuální kontakt s pracovním prostorem je zajištěn průzory do pracovního prostoru z bezpečnostního skla či plastu, aby pracovník mohl kontrolovat, zda-li vše probíhá tak jak má a měl možnost zastavit stroj ještě dřív, než může dojít k havárii

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 28
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

nebo ji zmírnit. Tyto průzory jsou nejslabším místem krytu a testují se balistickými zkouškami. Další kritérium těchto krytů je, aby nebránily v případné manipulaci pracovníka v pracovním prostoru. Nesmí se opomenout i přístup k motorům, převodovkám apod. kvůli servisu a opravám stroje tak, aby probíhaly v co nejkratších časech. Dále stroj musí být utěsněn před únikem chladicí kapaliny.

Tím nároky na tyto kryty nekončí. V dnešní době je důležitý design a bohužel začíná tento trend pronikat i do této oblasti, kde zákazník dá přednost stylovějšímu stroji, který v něm vzbudí pocit výkonnosti, čistoty a bezpečnosti.

Tím že se tyto kryty nepohybují při práci stroje a dokonale ho utěsňují, tím pasivně brání před rizikem, že by si pracovník mohl ublížit o stroj za jeho provozu, například skřípnutí končetiny, namotání vlasů nebo oděvu na vřeteno, jak bývalo častým úrazem u těchto strojů. V těchto ohledech zde hrají důležitou roli bezpečnostní zámky dveří. Ty nesmí dovolit vstupu do pracovního prostoru během obrábění a s tím společná rizika jako například mechanické pojistky při výpadku proudu, kdy se vřeteno ještě otáčí setrvačností apod. [2], [4], [8]

#### 4.3.2 Kryty pohybující se v jedné ose

Chrání jen jednu pohyblivou osu stroje. Vhodné materiály těchto krytů jsou ocelové a nerezové plechy, plasty, pryž, kompozity atd. V této oblasti jsou zastoupeny:

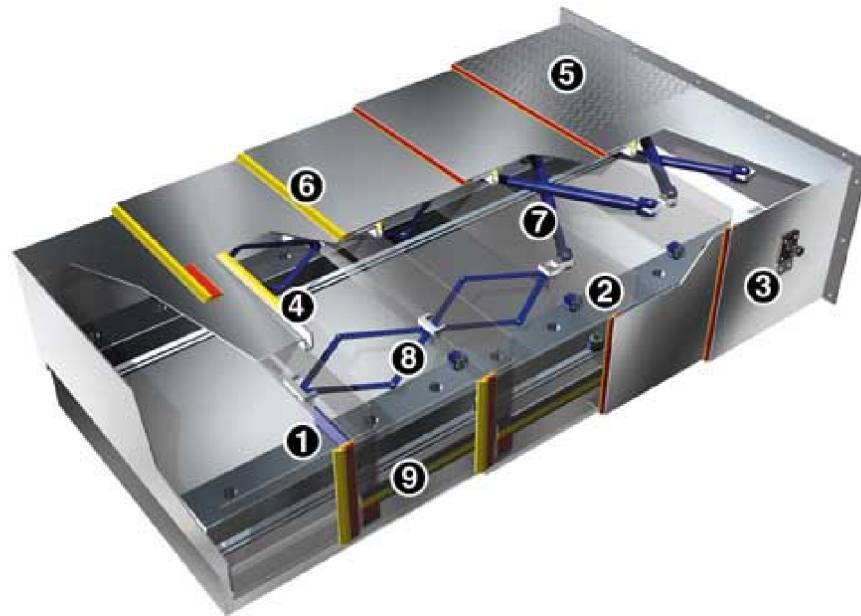
##### **Teleskopické kryty**

Díky svým vlastnostem patří mezi nejpoužívanější kryty. Skládají se z několika plechů zasunutých do sebe a to buď s nůžkovým mechanismem, který je stavěn na vyšší rychlosti pohybu, nebo jsou pro nižší rychlosti vybaveny pouze tlumičem nárazu. Použití tlumičů se doporučuje pro krytí os s malými pohybovými zrychleními, protože v takových případech nevznikají velké rázy, které by namáhaly dosedací plochy. Osy pohybující se velkým zrychlením, se musí opatřit pomocným nůžkovým mechanismem, díky kterému nevznikají rázy, které jednak ovlivňují přesnost polohování a jednak zvýší životnost krytu. Obě dvě provedení jsou opatřena gumovými stíracími pásy na čelech segmentů, aby se na vodící plochy nedostaly žádné nečistoty a řezná kapalina. Je důležité vyvarovat se slip-stick efektu, což znamená zadržování pohyb segmentů, který výrazně snižuje životnost.

Teleskopické kryty se obvykle vyrábí z ocelových nebo nerezových plechů. Díky tomu jsou odolné vůči vnějšímu zatížení a jsou relativně dobře tepelně a chemicky odolné. Na druhou stranu jsou tyto kryty robustní a nevhodné pro vysoké rychlosti pohybu. [2], [4], [7]



Podrobný popis teleskopického krytu v základní verzi dle obrázku:



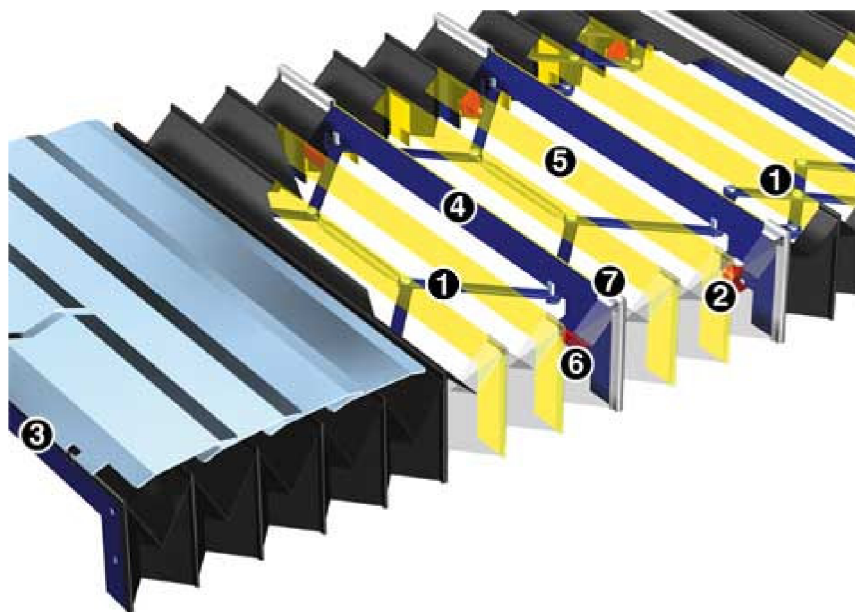
- |  |                         |
|--|-------------------------|
| 1) Kluzátka  | 6) Stírací systémy      |
| 2) Rolna   | 7) Teleskopické tlumiče |
| 3) Závěsné zařízení                                    | 8) Nůžkový mechanismus  |
| 4) Interní odvod kapaliny                              | 9) Vodící lišty         |
| 5) Ocelový nebo nerezový plech<br>v pochozím provedení |                         |

Obr.11 Teleskopický kryt [7]

### Skládané měchy

Jsou dělané pro velké rychlosti a zrychlení, které mohou dosahovat díky nízké hmotnosti. Tvar těchto krytů je buď žaluziový, U-profil a jiné profily dělané speciálně pro pohybové šrouby a válcová vedení. Měchy jsou vyrobené ze sklolaminátových, polyesterových nebo kevlarových nosných částí, přes které je povlečena buď vícevrstvá umělá tkanina, pryž, PVC, teflon nebo polyuretan. Je pochopitelné, že není vhodné, aby na takovýto kryt padaly žhavé třísky, popřípadě byl povrch nějak mechanicky namáhán. Avšak při speciální kombinaci materiálů a povrchových úprav lze docílit pracovních teplot od  $-30^{\circ}\text{C}$  až do  $140^{\circ}\text{C}$  krátkodobě i na teplotu 2x vyšší než je pracovní teplota. Takto speciálně upravené měchy mají i chemickou odolnost vůči olejům. Lze je vyztužit kovovými páskami zajišťujícími zvýšení tepelné odolnosti. Pro delší dráhu krytí je nutno vyztužit nůžkovým mechanismem. Podrobný popis skládaného měchu je na obrázku. [2], [4], [8]

Podrobný popis skládaného měchu v základní verzi dle obrázku:

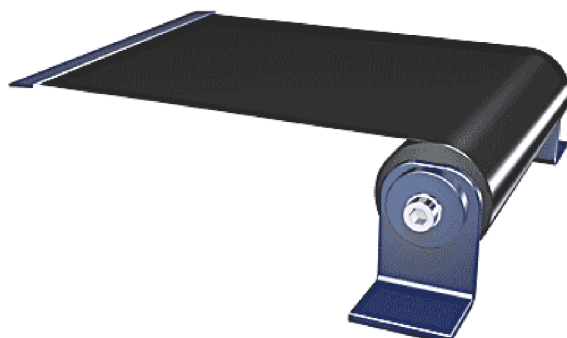


- |                          |                    |
|--------------------------|--------------------|
| 1) Rozevírací mechanismy | 5) Vodící rámy     |
| 2) Rolety                | 6) Kluzátka        |
| 3) Koncové rámy          | 7) Spojovací lišty |
| 4) Zpevňující mezirámy   |                    |

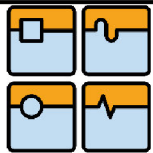
Obr.12 Skládané měchy [7]

### Rolovací krytování

Podobně jako u skládaných měchů, díky nízké hmotnosti je i rolovací krytování vhodné na vysoké rychlosti kolem  $80 - 120 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$  a do stísněných prostor, ale zároveň jsou náchylné proti opotřebení a na vysokou teplotu, například od žhavých třísek. Avšak materiálem se trochu liší. Krycí pásy se vyrábí ze syntetických tkanin, pryže nebo z tenkých plechů. Vhodné použití je pro svislé posuvy, aby třísky odpadávaly pomocí gravitace pryč a neulpívaly na povrchu krytu čímž by jej poškozovaly. Zde je konstrukční řešení ve čtyřech variantách. Uzavřený systém, kde krycí pás obíhá kontinuálně. Navijákový systém využívá dvou navijáků proti sobě. Systém s pevnými konci, kde jen suport přejíždí po krytu a s volnými konci, které visí dostatečnou délkou přes vodící plochy. [2], [4], [7]

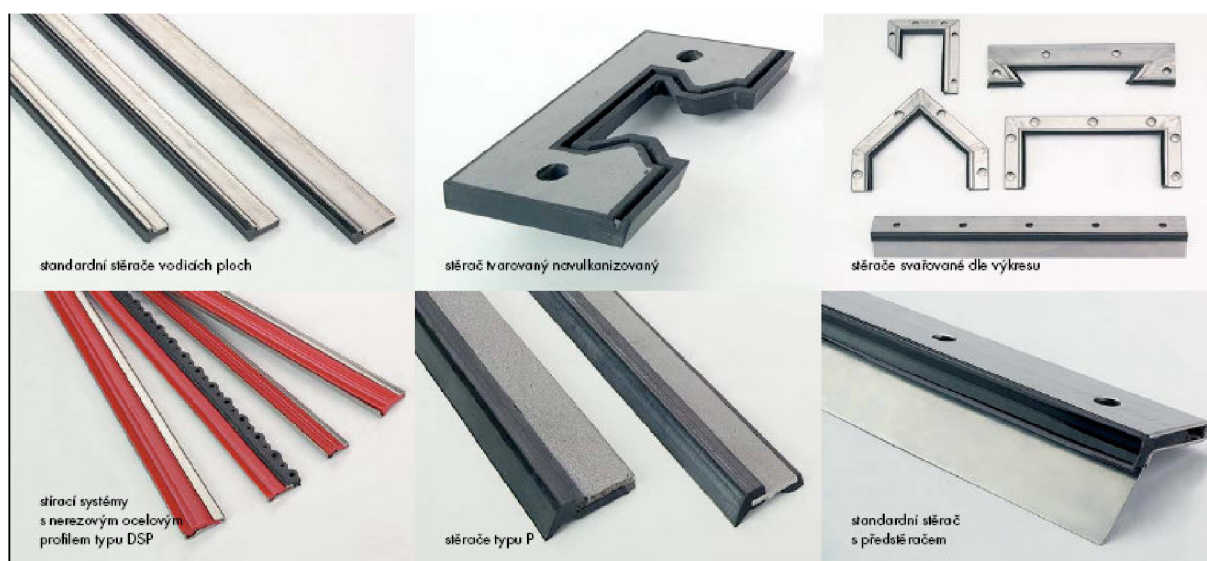


Obr.13 Rolovací kryt [7]



### Stírací rámečky

V místech stroje, kde není možno použít kryty, se aplikují stěrače na konce vodících ploch. Pevná část je vyrobena ze železa a tvarově musí být stejná jako je tvar plochy, kterou má stírat. Na funkční ploše rámečku je plastový stěrač, který výborně přilne k povrchu a stírá drobné nečistoty. Jsou i varianty, že se v železném těle zabuduje zásobník na mazivo, který pak po určitých časových intervalech domazává a efektivně zvyšuje životnost krytých částí stroje.



Obr.14 Stírací rámečky [6]

Levnější, ale méně účinnou variantou jsou stírací kartáče. Jsou vhodné pro menší rychlosti posuvů, kvůli nízké otěruvzdornosti. Velkou výhodou je daleko menší cena než u stíracích rámečků a rychlejší čas výměny. Zadržují prach, nečistoty a studené třísky, ale oproti stíracím rámečkům nedokážou chránit před řeznou kapalinou. Základní lišta je tvořena ze dřeva, plastu nebo pozinkované oceli. [2], [4], [6], [9]



Obr.15 Stírací kartáče [9]

### Spirálový pružný kryt

Kuličkové šrouby nebo šroubová vedení jsou nejlépe chráněny spirálovým pružným krytem. Ten je aplikován tak, že se kolem šroubu nasadí navinutý pás z pružné oceli, která se vysouvá teleskopicky. Vyrábí se především z nerezové pružinové oceli nebo modré pružinové oceli. Tento typ krytu má dobrou mechanickou a tepelnou odolnost, skvělé těsnicí vlastnosti a je samočisticí, čímž dobře chrání před řeznou kapalinou a nečistotami. Dlouhé kuličkové šrouby se krytují tak, že se

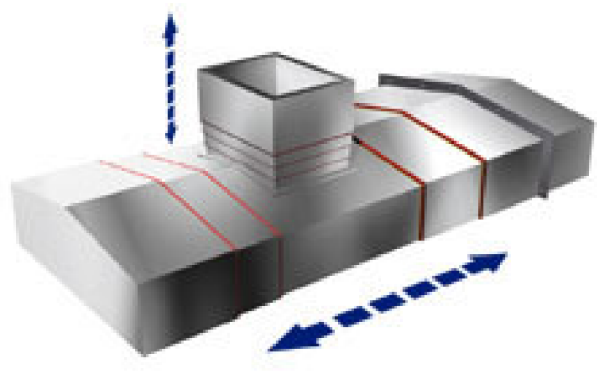
nepoužije jeden spirálový kryt, protože koncový průměr by byl obrovský, ale tak, že se zapojí více krytů za sebou do série. [2], [4], [6]



Obr.16 Spirálové kryty [6]

### 4.3.3 Dvousé kryty

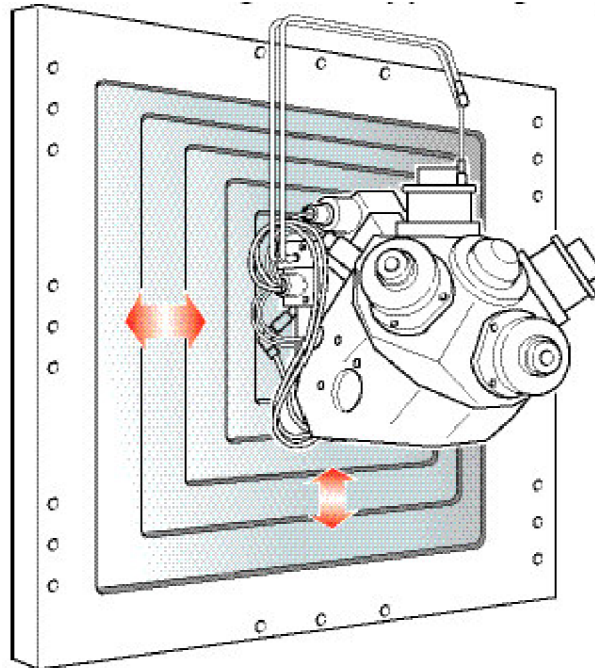
Pro zakrytování dvou pohyblivých os na sebe kolmých se nejčastěji používají teleskopické kryty pro každou osu zvlášť. Je to cenově nejvýhodnější varianta a navíc i vysoce spolehlivá. V některých případech, kdy je posunová rychlost a zrychlení vysoké se použijí měchy místo teleskopických krytů. Jediná nevýhoda je větší prostorová náročnost těchto variant krytů.



Obr.17 Dvousé kryty [7]

Druhou variantou řešení krytování dvou os je square (round) sliding cover. Konstrukce takového krytu je složitá a tím pádem cena je podstatně vyšší než u jednoosých krytů. Z toho důvodu se moc nepoužívají. Využití nachází u atypických obráběcích strojů, kde se upřednostňuje jejich malá prostorová náročnost. Konstrukčně je podobný teleskopickému krytu, plechy z oceli nebo nerezů jsou přes sebe poskládané a zevnitř je spojuje nůžkový mechanismus se širokými rameny kvůli svázání pohybů. [2], [4], [7], [8], [10]

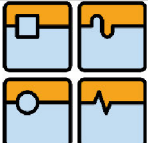




Obr.18 Square sliding cover [10]

#### 4.3.4 Mechanizmy pro vázaný pohyb teleskopických krytů

Jejich úkolem je svázat pohyby jednotlivých segmentů tak, aby nedocházelo ke střetu dvou dílů. Tím se zvýší rychlost, kterou se mohou pohybovat. Mechanizmů k tomu určených je hodně, ale nejčastěji používáme nůžkový mechanismus. Bohužel tím, že přidáme ke krytu mechanismus, zvýšíme jeho cenu, hmotnost a třecí sílu, ale zaručíme plynulost pohybu jednotlivých segmentů. Vynecháním tohoto mechanismu musíme opatřit kryt tlumiči rázových sil. Takový kryt lze použít pro nižší rychlosti, jelikož pohyby jednotlivých dílů nejsou svázány a dochází k rázům. Naopak jsou levnější díky jednoduché konstrukci a třecí síla je nízká, protože se pohybuje vždy jen jeden segment krytu. [4]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 34
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

## 5 Posouzení bezpečnosti stroje CNC EcoSMART 1-line

Aby nově navržený stroj byl bezpečný a mohl být uveden na trh, musí být provedeno posouzení jeho bezpečnosti. Analýzu rizik je vhodné provést už ve stádiu vývoje stroje, aby bylo možné provádět konstrukční změny a tím zmenšit náklady na opravy nebezpečných částí stroje.

### 5.1 Konstrukce stroje CNC EcoSMART 1-line

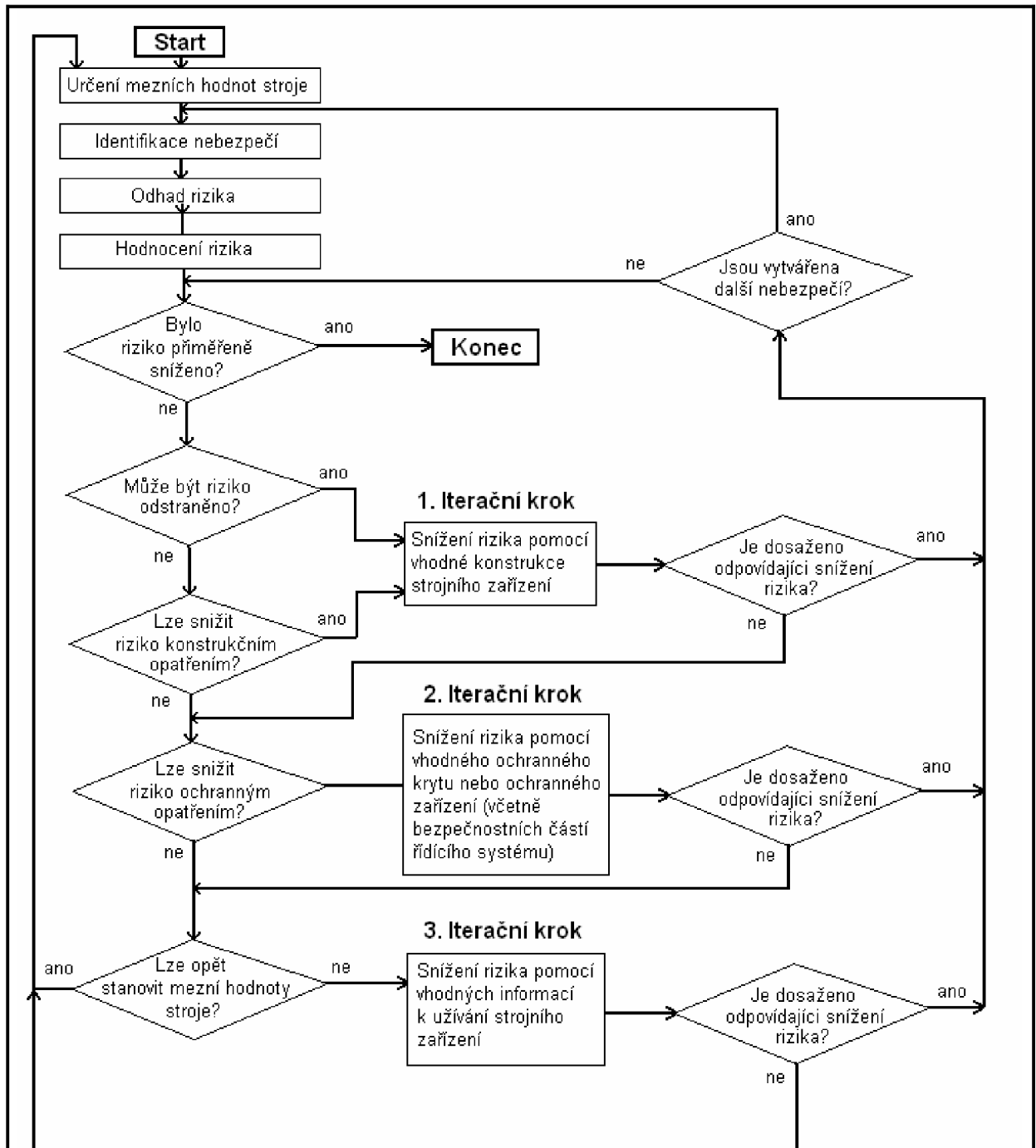
Na základě rozhodnutí vedoucího diplomové práce pana doc. Ing. Petra Blechy, Ph.D byl vytvořen čtyřčlenný tým, který má sestavit multifunkční obráběcí centrum. Mým úkolem je konstrukce krytování stroje včetně posouzení bezpečnosti stroje. Celá konstrukce a všechny parametry stroje nám bylo umožněno si zvolit.

Na týmové poradě jsme se rozhodli pro koncepci stroje vycházející ze soustruhu s vodorovnou osou hlavního vřeten a s protivřetenem. Zvolili jsme si primární užití tohoto stroje na výrobu složitých hřídelí. Proto jsme přidali 2D frézovací osu a revolverovou nástrojovou hlavu. Volili jsme i automatickou výměnu nástrojů pomocí řetězového dopravníku s výměnou nástrojů pick-up.

### 5.2 Legislativa pro posouzení bezpečnosti stroje

Při posuzování bezpečnosti stroje vycházíme ze Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/42/ES o strojních zařízeních. V tomto dokumentu jsou podmínky pro uvedení výrobku na trh, bezpečnost výrobků, základní požadavky na ochranu zdraví a bezpečnost, kritéria pro posouzení shody a označení CE.

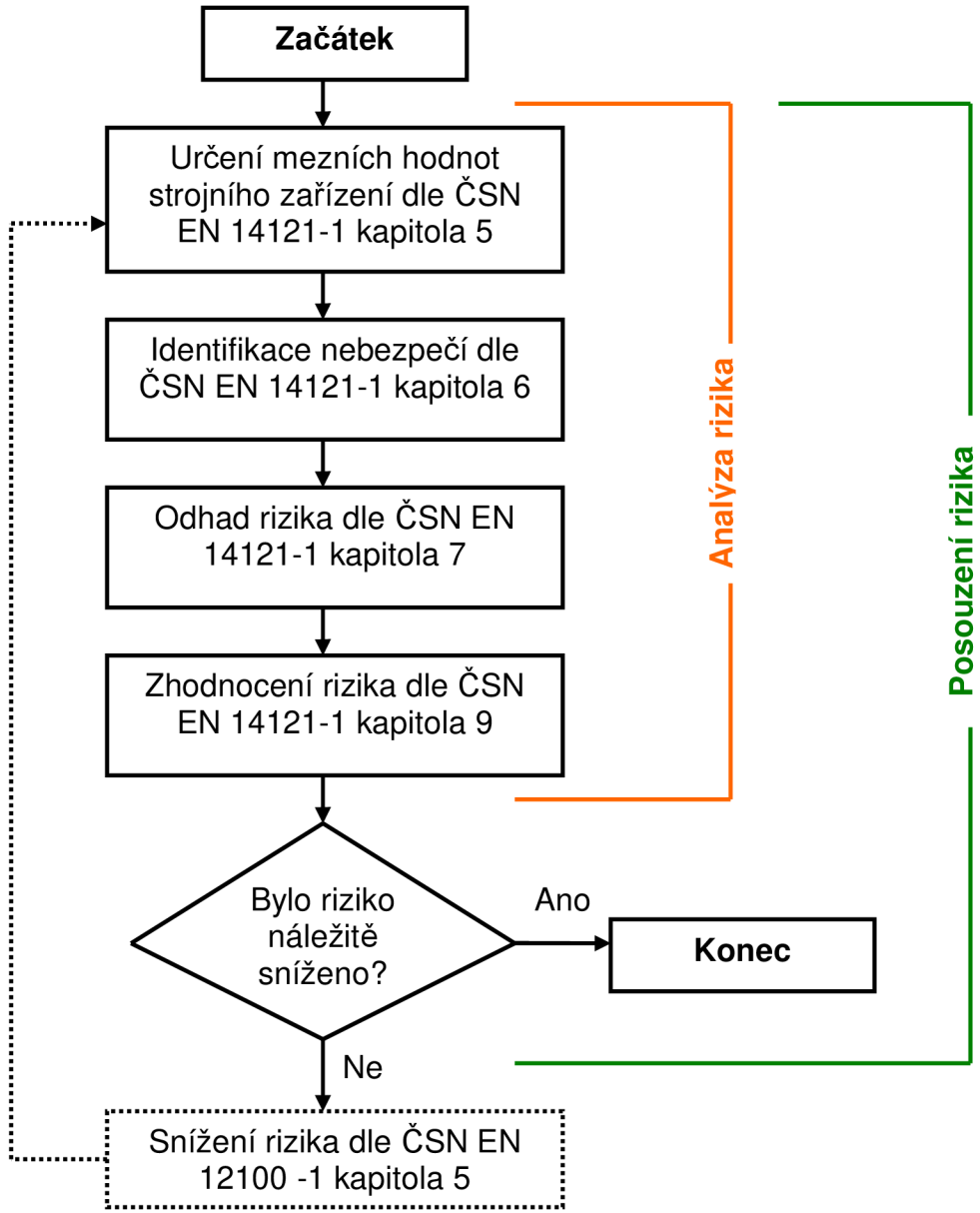
Při návrhu bezpečného stroje nejdříve vycházíme z normy ČSN EN 12100-1, ve které je uvedena základní terminologie a metodologie. Dále popisuje rozdělení norem typu A, B a C. Tato norma patří do skupiny norem typu A. Norma poukazuje na druhy nebezpečí strojů a strojních zařízení a těmi jsou mechanické, elektrické a tepelné nebezpečí, nebezpečí vytvářené hlukem, vibracemi, zářením, zanedbáním ergonomických zásad, uklouznutím, zakopnutím, látkami a materiály. V 5. kapitole popisuje strategii snižování rizika metodou tří kroků. Schéma této metody je na obrázku 19. V příloze A je příklad schématického znázornění stroje.



Obr.19 Metoda tří kroků pro snižování rizika [17]

Technické zásady jsou v normě ČSN EN 12100-2, která je normou typu A. Popisuje možné způsoby ochranných opatření zabudovaných v konstrukci stroje, bezpečnostních opatření, doplňkových ochranných opatření a informace pro používání strojů a strojních zařízení.

Norma ČSN EN 12100-1 ve strategii snižování rizika odkazuje na normu ČSN EN 14121-1, ve které jsou uvedeny zásady posouzení rizika. V příloze A je pak výčet příkladů nebezpečí.



Obr.20 Opakovací proces snižování rizika [16]

Nejdůležitější normy jsou ČSN EN 12417+A2 o obráběcích centrech a ČSN EN 23125 o soustruzích. Jsou to normy typu C a podřizují se jim normy A a B. Obsahují seznam významných nebezpečí obráběcích center a soustruhů, bezpečnostní požadavky a ochranná opatření. [16]

### 5.3 Analýza rizik

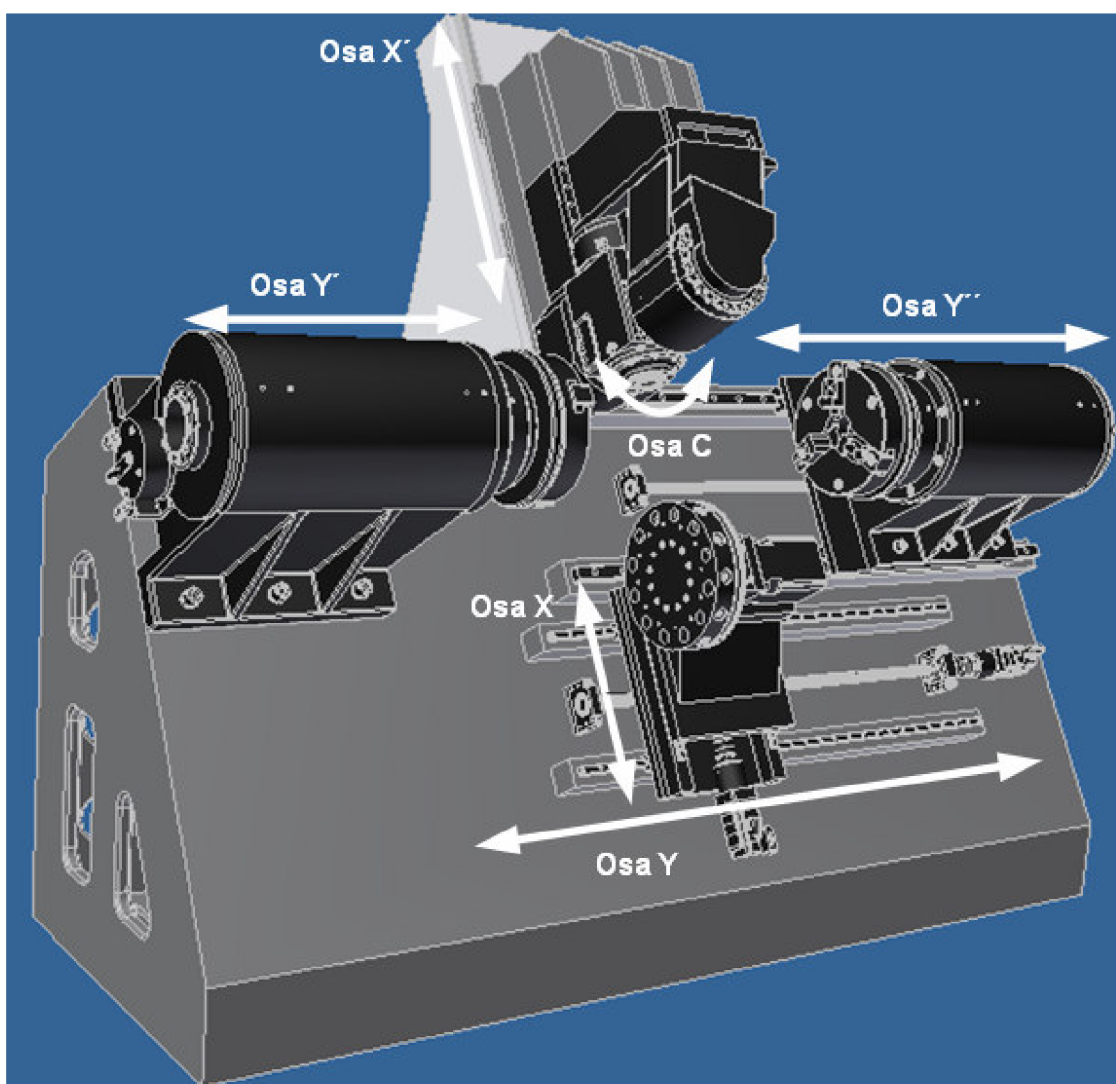
Při analýze rizik vycházíme z normy ČSN EN 14121-1, kde jsou uvedeny zásady pro analyzování bezpečnosti. Postupujeme podle obrázku 20. [16]



### 5.3.1 Určení mezních hodnot strojního zařízení

#### Popis stroje

Stroj CNC EcoSMART 1-line má dvě vodorovně proti sobě uložená vřetena, z nichž jedno je posuvné v ose  $Y''$  a jsou na sobě nezávislá. Obě vřetena mají stejný výkon a mohou vykonávat stejné operace. Vřetena mají hydraulicky poháněná sklíčidla a mohou si předávat obrobek. Pod nimi je revolverová hlava, která se pohybuje v osách X a Y. Nad vřeteny je umístěna 2D frézovací hlava s pohyby do os  $X'$ ,  $Y'$  a natáčením nástroje v ose C. Frézovací hlava používá automatickou výměnu nástroje, která je umístěna nad hlavním vřetenem a řetězový zásobník se nachází za strojem.



Obr.21 Popis os stroje

### Režimy činností stroje

- Režim 0: Ruční režim - Ovládání stroje operátorem, bez předprogramovaných funkcí tzn. neautomatický režim, jen pomocí tlačítek nebo elektronického tlačítka.
- Režim 1: Automatický režim - Automatický naprogramovaný provoz stroje s možností ručního nebo automatického upínání nebo uvolňování obrobku.
- Režim 2: Seřizovací režim - Režim, ve kterém je možno, aby operátor seřizoval nástroje, polohu obrobku atd.
- Režim pro údržbu - Režim, ve kterém je možno provádět seřizovací a údržbové práce jako např. kalibrace os, zkoušení sondy atd. [21]

### Použití stroje

Stroj je navržen pro průmyslové obrábění kovů, zaměřený převážně na výrobu hřídelí. Obsluhovat stroj může jen proškolený pracovník, který je seznámen se strojem. Stroj je zkonstruován pro následující operace – soustružení, frézování, vrtání, řezání závitů, upichování, vyvrtávání. Lze obrábět pouze kovové materiály. [21]

### Nesprávné použití stroje

Je zakázáno obrábět jakékoli materiály, u kterých hrozí nebezpečí výbuchu, např. materiály s velkým obsahem hořčíku. [16], [20]

### Technické parametry stroje

<b>Rozměry</b>	
Délka	5780mm
Šířka	2240mm
Výška	4145mm
Hmotnost	18,5t
<b>Vřetena</b>	
Počet	2
Průchozí díra (průměr)	110mm
Maximální průměr obrobku	350mm
Otáčky	5000ot/min
Výkon motoru	67,4-80kW
Rozběh do jmenovitých otáček s max. průměrem obrobku	2,2s
<b>2D frézovací hlava</b>	
Otáčky	12000ot/min
Výkon motoru	5,4kW
Standardní kroutící moment	18Nm
<b>Revolverová hlava</b>	
Počet nástrojů	12
Indexovací čas	0,23s
váha	62kg
<b>Posuv osy X</b>	
Rychloposuv	10m/min
Síla	2000N

Stoupání kuličkového šroubu	5mm
<b>Posuv osy Y</b>	
Rychloposuv	10m/min
Síla	5000N
Stoupání kuličkového šroubu	10mm
<b>Posuv osy X'</b>	
Rychloposuv	10m/min
Síla	2000N
Stoupání kuličkového šroubu	5mm
<b>Posuv osy Y'</b>	
Rychloposuv	10m/min
Síla	5000N
Stoupání kuličkového šroubu	10mm
<b>Posuv osy Y''</b>	
Rychloposuv	30m/min
Síla	10 000N
Stoupání kuličkového šroubu	10mm

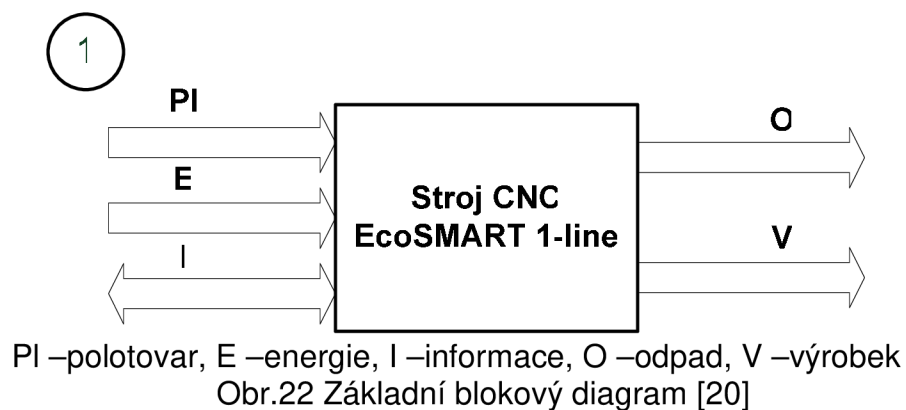
Tab.1 Technické parametry stroje

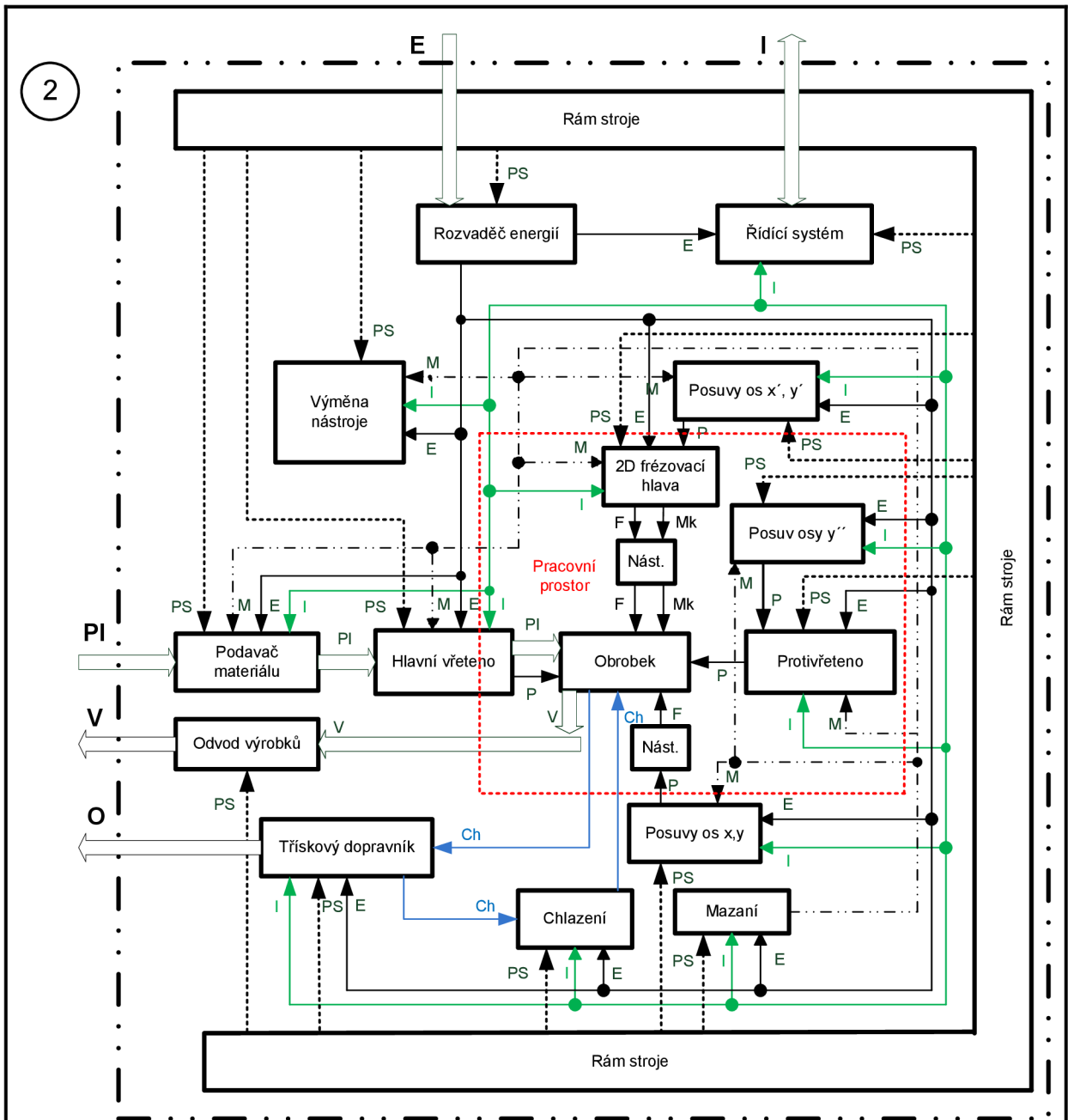
### 5.3.2 Identifikace nebezpečí

K identifikaci nebezpečí plynoucí ze stroje CNC EcoSMART 1-line nám pomůže sestavení blokového diagramu stroje, kde jsou zobrazeny jednotlivé vazby mezi prvky, což nám umožní hledání nebezpečných míst. Za pomoci blokového diagramu a normy ČSN EN 12417+A2 identifikujeme všechna nebezpečí stroje. [16], [20]

#### Blokový diagram stroje CNC EcoSMART 1-line

Blokový diagram slouží jako nástroj pro hledání rizik stroje. Obsahuje funkční členy a interakce mezi sebou, takže jsou patrná nebezpečná místa, která je nutno ošetřit. Provedl jsem dva stupně detailizace, znázorněné níže na obrázcích 22 a 23. [20]



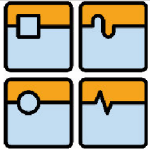


PI – polotovar, E – energie, I – informace, O – odpad, V – výrobek, PS – pasivní polohová vazba, P – polohová vazba rotační i posuvná, Ch – Chladičí kapalina, M – mazací olej, F a Mk – Silové vazby

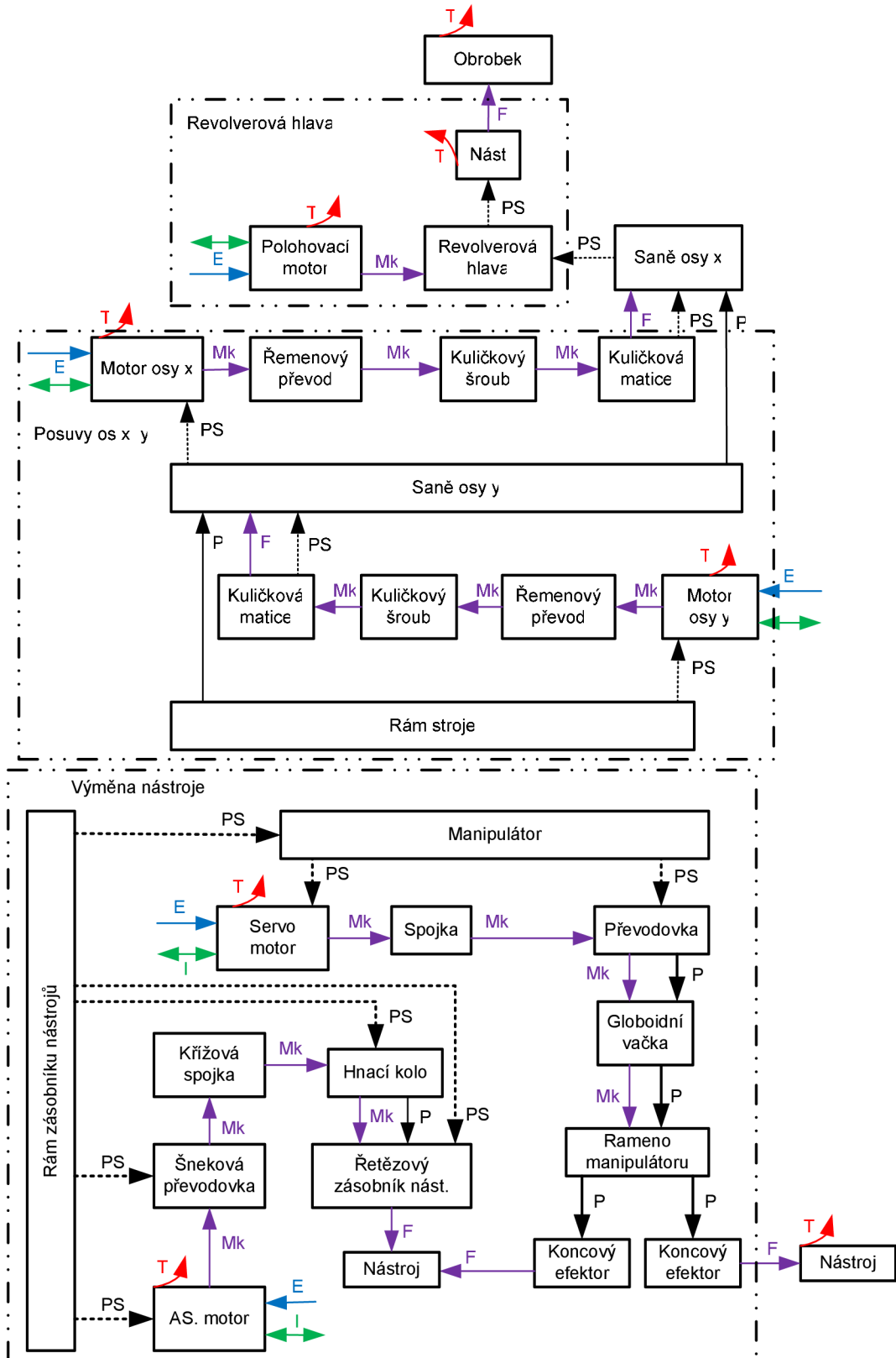
Obr.23 Druhý stupeň detailizace blokového diagramu stroje [20]

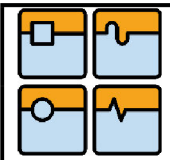
Pro třetí stupeň detailizace blokového diagramu jsou pro přehlednost řešeny jednotlivé uzly zvlášť na obrázku 24. [20]



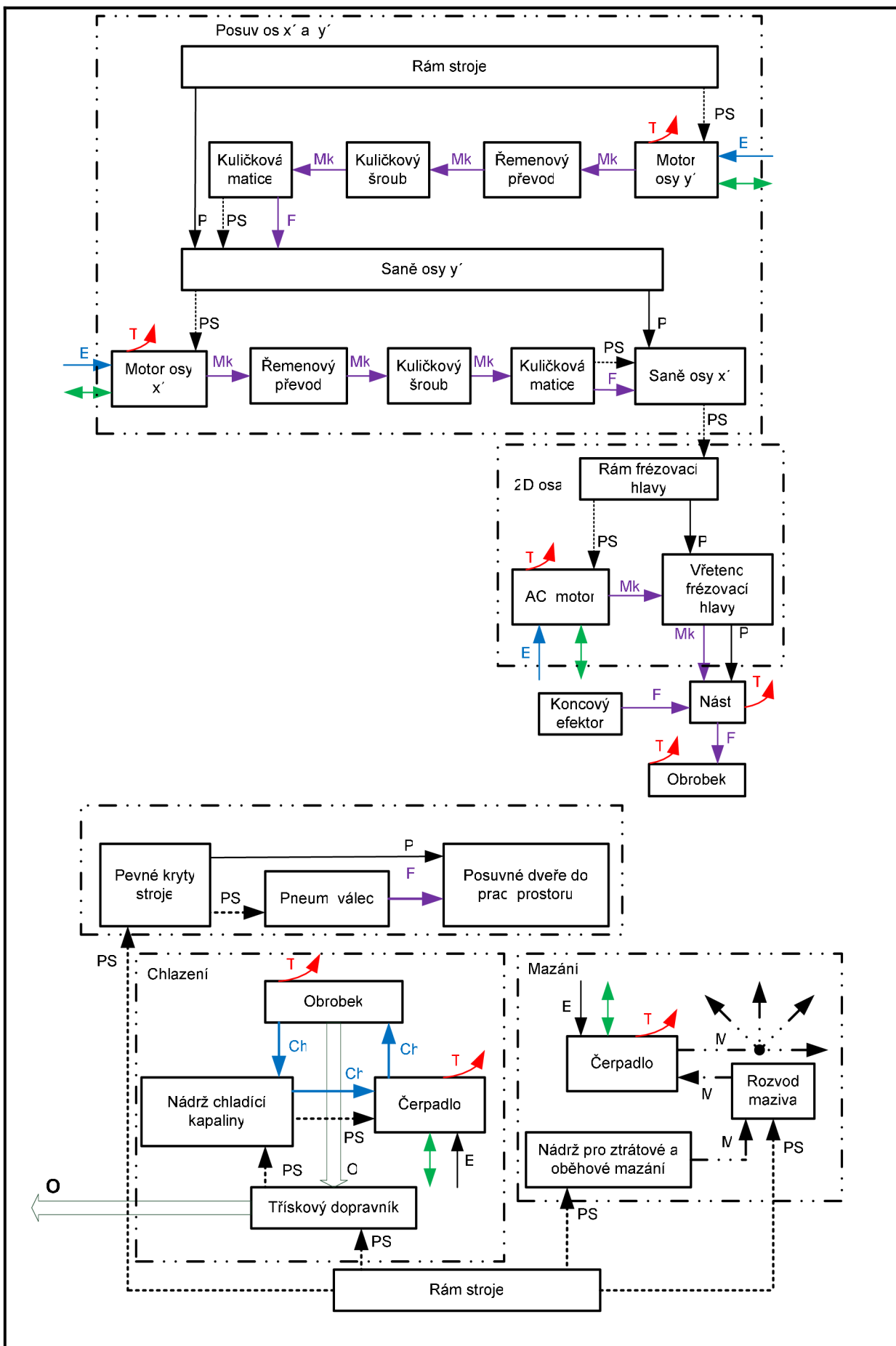


DIPLOMOVÁ PRÁCE



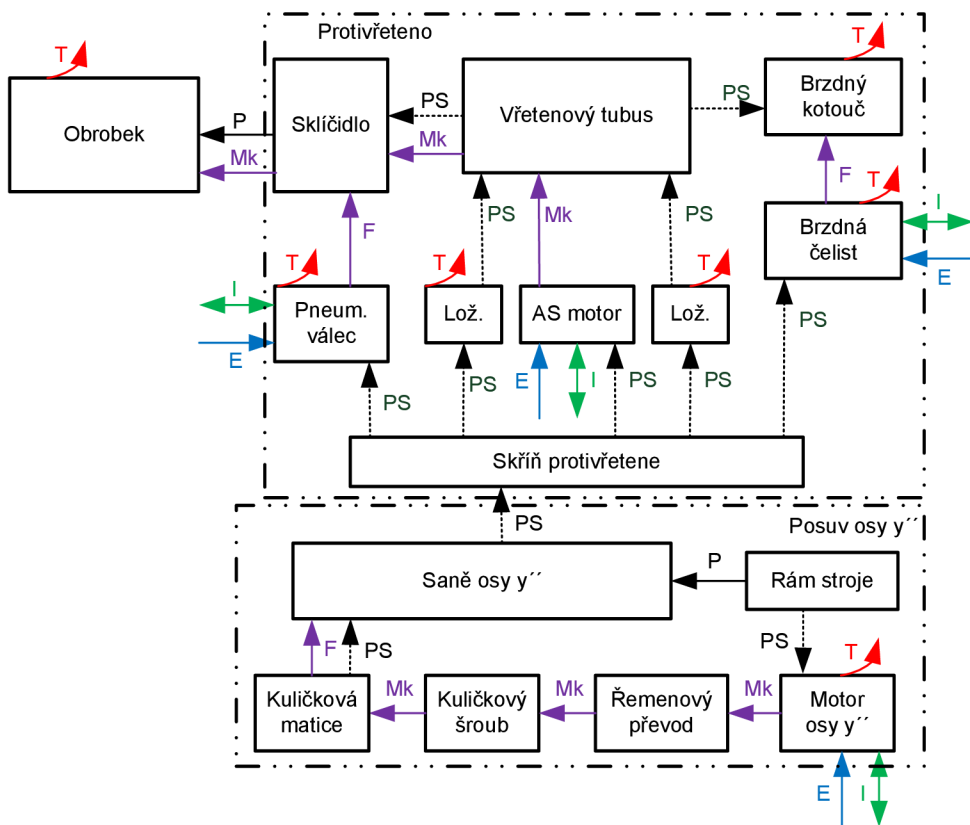
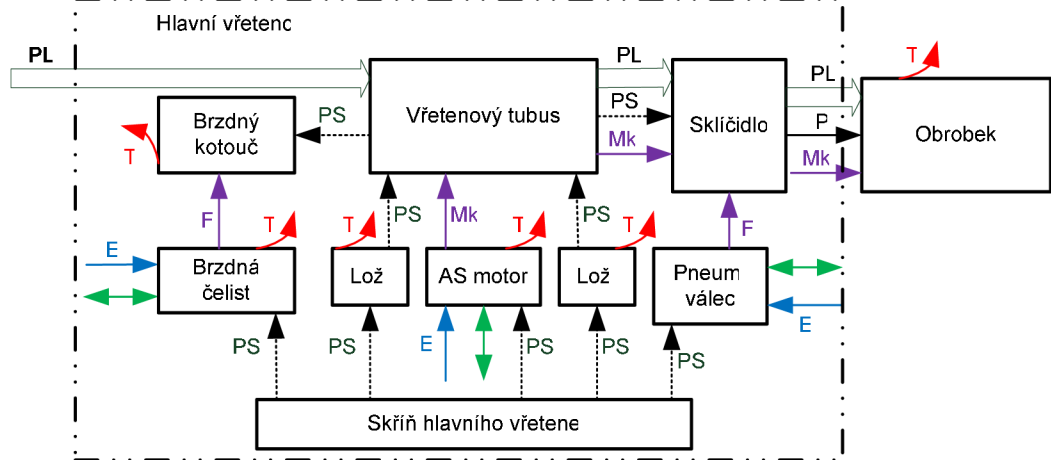


# DIPLOMOVÁ PRÁCE



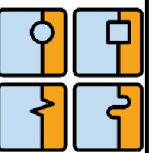


DIPLOMOVÁ PRÁCE



Pl – polotovar, E – energie, I – informace, O – odpad, V – výrobek, PS – pasivní polohová vazba, P – polohová vazba rotační i posuvná, Ch – Chladící kapalina, M – mazací olej, F a Mk – Silové vazby, T – tepelná energie

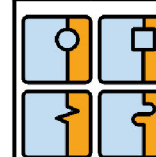
Obr.24 Jednotlivé uzly stroje v třetím stupni detailizace [20]

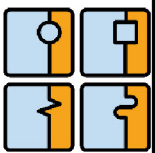
**Identifikace relevantních nebezpečí**

Podle normy ČSN EN 12100-1 a za pomoci blokového diagramu, určíme všechna nebezpečí spojená s konstrukcí stroje, neboli analyzujeme relevantní nebezpečí stroje.

Název komponenty stroje	Poloha komponenty	Typ nebezpečí podle normy ČSN EN 12100-1	Id. č. dle normy ČSN EN 14121-1
Skličidla	Pracovní prostor	Mechanické	1
Motory včetně	Pracovní prostor	Mechanické, elektrické, tepelné, neočekávané spuštění	1, 2, 3, 8
Vřetena	Pracovní prostor	Mechanické	1
Brzdné čelisti	Pracovní prostor	tepelné	3
Brzdný kotouč	Pracovní prostor	Mechanické, tepelné	1, 3
Polotovar-výrobek	Pracovní prostor	Mechanické, tepelné	1, 3
Podavač materiálu	Pracovní prostor, prostor mimo stroj	Mechanické	1
Manipulátor	Pracovní prostor, prostor mimo stroj	Mechanické, neočekávaný pohyb	1, 8
Dopravník na výrobky	Prostor mimo stroj	Mechanické, elektrické	1, 2
Nástroj	Pracovní prostor	Mechanické, tepelné,	1, 3
Supporty y, y' a y''	Pracovní prostor	Mechanické	1
Motory supportů y, y' a y''	Skříň pohonů	Mechanické, elektrické, tepelné, neočekávané spuštění	1, 2, 3, 8
Řemenové převody supportů y, y' a y''	Skříň pohonů	Mechanické	1
Kuličkové šrouby a matice supportů y, y' a y''	Pracovní prostor	Mechanické	1
Třískový dopravník	Pracovní prostor, prostor mimo stroj	Mechanické, elektrické, tepelné	1, 2, 3
Nádrž chladicí kapaliny	Skříň pohonů	Nebezpečí vytvářená materiály a látkami	7
Chladicí rozvody	Pracovní prostor	Nebezpečí vytvářená materiály a látkami	7

Nádrž pro oběhové a ztrátové mazání	Skříň pohonů	Nebezpečí vytvářené materiály a látkami	7
Rozvody maziva	Celý stroj	Nebezpečí vytvářené materiály a látkami	7
Čerpadla	Skříň pohonů	Mechanické, elektrické, tepelné, neočekávané spuštění, nebezpečí vytvářené materiály a látkami	1, 2, 3, 8, 7
2D osa	Pracovní prostor	Mechanické, elektrické, neočekávané spuštění	1, 2, 8
Vřeteno 2D osy	Pracovní prostor	Mechanické, neočekávané spuštění	1, 8
Motor 2D osy	Pracovní prostor	Mechanické, elektrické, tepelné, neočekávané spuštění	1, 2, 3, 8
Revolverová hlava	Pracovní prostor	Mechanické, elektrické, neočekávané spuštění	1, 2, 8
Polohovací motor revolverové hlavy	Pracovní prostor	Mechanické, elektrické, tepelné, neočekávané spuštění	1, 2, 3, 8
Suporty x a x'	Pracovní prostor	Mechanické	1
Motory suportů x a x'	Pracovní prostor	Mechanické, elektrické, tepelné, neočekávané spuštění	1, 2, 3, 8
Řemenové převody suportů x a x'	Pracovní prostor	Mechanické	1
Kuličkové šrouby a matice suportů x a x'	Pracovní prostor	Mechanické	1





Tab.2 Identifikace relevantních nebezpečí [16], [20]

Rozvody energií	Celý stroj	Elektrické, mechanické	2, 1
Řídicí systém	Celý stroj, prostor pro obsluhu	Chybné zpracování informace, nebezpečí zanedbáním ergonomických zásad, nemožnost zastavení stroje, nebezpečí vyvolána cizí osobou	8
Manipulátor zásobníku nástrojů	Pracovní prostor, Prostor za strojem	Mechanické, neočekávané spuštění	1, 8
Koncový efektor	Pracovní prostor, Prostor za strojem	Mechanické, neočekávané spuštění	1, 8
Globoidní vačka	Prostor za strojem	Mechanické	1
Převodovka	Prostor za strojem	Mechanické	1
Spojka	Prostor za strojem	Mechanické	1
Řetězový zásobník nástrojů	Prostor za strojem	Mechanické, neočekávané spuštění	1, 8
Hnací kolo	Prostor za strojem	Mechanické	1
Křížová spojka	Prostor za strojem	Mechanické	1
Šneková převodovka	Prostor za strojem	Mechanické	1
Motory zásobníku nástrojů	Prostor za strojem	Mechanické, elektrické, tepelné, neočekávané spuštění	1, 2, 3, 8
Pneumatický válec	Pracovní prostor	Mechanické	1
Posuvné dveře do pracovního prostoru	Pracovní prostor	Mechanické	1

### Určení nebezpečných prostor stroje

Pro určení nebezpečných prostor se postupuje dle normy ČSN EN 23125 a blokového diagramu.

- Vnější prostor
  - Podavač materiálu
  - Manipulátor
  - Dopravník pro odvod výrobků
  - Zóna vykládky třísek
  - Zadní část hlavního vřetene
  - Kuličkové šrouby
  - Lineární pohony
  - Odsávání zplodin
  - Elektrická skříň
  - Zásobník nástrojů
  - Ochranné kryty
  - Dveře oddělující pracovní a vnější prostor
- Vnitřní prostor
  - Polotovary-výrobek
  - Nástroje
  - Vřetena
  - 2D osa
  - Revolverová hlava
  - Suporty
  - Třískový dopravník
  - Skříně motorů
  - Převodové skříně
  - Třísky
  - Třískový dopravník

[16], [20]

### Analýza významných nebezpečí

Podle norem typu A se provede analýza významných nebezpečí. Jde o rozšíření relevantních nebezpečí ve všech životních fázích stroje.

Analýza významných nebezpečí			Typ stroje: CNC EcoSMART 1-line	
Poř. číslo	Fáze životního cyklu stroje	Typ nebezpečí dle ČSN EN 12100-1		Popis nebezpečné události
		Stručný popis	i.č.	
1	Doprava a montáž			
1.1	Nakládání/vykládky stroje, zvedání stroje, přemísťování stroje	Stlačení, naražení, ztráta stability, nezdavé polohy	4.2.1 4.2.2	Při manipulaci se strojem hrozí překlopení stroje. Při ustavování stroje může dojít k přimáčknutí končetin. Ustavení stroje může být náročné a stresující při nedodržení ergonomických zásad.

2	Uvedení do provozu			
2.1	Připojení k dodávce energie	Dotyk osob živých částí	4.3	Při zapojení stroje k rozvodu el. energie, hrozí úraz elektrickým proudem.
2.2	Plnění mazivem	Vystříknutí nebo vylití mazacího oleje, Uklouznutí a upadnutí	4.2.1 4.10	Hrozí poranění očí vystříknutím maziva. Rozlité mazivo může způsobit uklouznutí.
2.3	Plnění chladicí tekutinou	Vystříknutí nebo vylití chladicí tekutiny, Uklouznutí a upadnutí	4.2.1 4.10	Hrozí poranění očí vystříknutím chladicí tekutiny. Rozlitá tekutina může způsobit uklouznutí.
2.4	Instalace nástrojů	Stlačení, bodnutí, pořezání	4.2.1 4.2.2	U seřizování nástrojů může dojít ke stlačení končety nebo poranění o něj.
2.5	Kontrola vřeten	Navinutí	4.2.1	Při roztočení vřetene může dojít k navinutí oděvu.
2.6	Kontrola 2D osy	Navinutí, stlačení, zachycení, náraz	4.2.1 4.2.2	Při roztočení vřetene může dojít k navinutí oděvu. U kontroly najetí do výměny nástrojů může dojít ke kolizi nebo zachycení.
2.7	Kontrola pohybů supportů	Náraz, stlačení	4.2.1 4.2.2	Při kontrole pohybu os může dojít ke kolizi nebo ke stlačení končety.
2.8	Seřízení podavače materiálu	Stlačení, střih	4.2.1 4.2.2	Při zkoušení podavače může dojít ke stlačení nebo ustrížení končety.
2.9	Seřízení manipulátoru	Stlačení, náraz	4.2.1 4.2.2	Při nastavování manipulátoru může dojít ke kolizi se strojem nebo stlačení osob.
3	Provoz			
3.1	Upínání obrobku	Stlačení	4.2.1	Při upínání může dojít ke stlačení končety
3.2	Obrábění	Stlačení, uříznutí, zachycení, vtažení, popálení, hluk, škodlivé výpary, oheň/výbuch, vymrštění, vystříknutí	4.2.1 4.2.2 4.4 4.5 4.8	Obrábění je nebezpečný proces skýtající možnost stlačení, pořezání, vtažení, popálení, poškození sluchu, vdechování nebezpečných výparů, vymrštění obrobku, vystříknutí chladicí kapaliny, možnost vzplanutí nebo výbuchu.

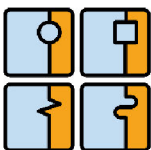


3.3	Výměna nástroje	Stlačení, zachycení,	4.2.1 4.2.2	Při výměně nástrojů hrozí stlačení nebo zachycení nástrojem
3.4	Volba pracovního režimu	Výpadek energie, chybné připojení, lidské chyby	4.9	Při volbě režimu hrozí porucha nebo špatné provedení úkonu v důsledku výpadku proudu nebo chybným načtením dat. Špatné zadání úkonu obsluhou.
3.5	Pohony stroje	Hluk	4.5	Nebezpečí způsobené hlukem motoru
3.6	Odvod třísek	Zachycení, říznutí, bodnutí, popálení	4.2.1 4.2.2 4.4	Třísky jsou ostré a může dojít k pořezání nebo zachycení. Po oddělení bývají velice teplé a hrozí popálení.
4.	<b>Čištění, údržba, oprava</b>			
4.1	Údržba a oprava mazání	Biologické nebo mikrobiologické nebezpečí, vystříknutí	4.2.1 4.8	Nebezpečí podráždění pokožky, možnost výstřiku maziva do obličeje.
4.2	Údržba a oprava chladicí kapaliny	Biologické nebo mikrobiologické nebezpečí, vystříknutí	4.2.1 4.8	Nebezpečí podráždění pokožky, možnost výstřiku chladicí kapaliny do obličeje.
4.3	Údržba a oprava rozvodů elektřiny	Dotyk osob živých částí	4.3	Poškozené kabely mohou probíjet.
4.4	Nastavování nástrojů	Stlačení, říznutí	4.2.1 4.2.2	Při kalibraci nástrojů může dojít k pořezání nebo přimáčknutí
4.5	Oprava pohonů	Navinutí, dotyk osob živých částí	4.2.1 4.3	Poškozené kabely mohou probíjet. Při roztočení pohonu může dojít k navinutí.

Tab.3 Analýza významných nebezpečí [16], [20]

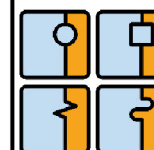
### **Přehled závažných nebezpečí**

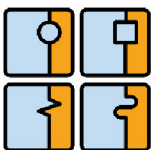
Přehled mechanických nebo energetických nebezpečí stroje, které budou zahrnuté do analýzy rizika.



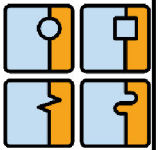
Soupis všech nebezpečí stroje	Míra poškození	Délka vystavení nebezpečí	Možnost vyvarovat se nebezpečí	Pravděpodobnost vzniku nebezpečné události	Velikost rizika	Druh nebezpečí
1. Mechanické nebezpečí						
1.1. Stlačení						
1.1.1. Nebezpečí stlačení při pohybu suportu	S2	A2	E3	W3	11	Významné nebezpečí
1.1.2. Nebezpečí stlačení při pohybu 2D osy do výměny nástroje	S2	A2	E2	W2	10	Významné nebezpečí
1.1.3. Nebezpečí stlačení při pohybu ramene manipulátoru	S2	A1	E3	W3	8	Významné nebezpečí
1.1.4. Nebezpečí stlačení při upínání obrobků	S2	A1	E2	W3	8	Významné nebezpečí
1.1.4. Nebezpečí stlačení při podávání materiálu z podavače	S2	A1	E2	W2	7	Významné nebezpečí
1.1.6. Nebezpečí stlačení při transportu stroje	S3	A1	E3	W3	15	Významné nebezpečí
1.1.7. Nebezpečí stlačení při zavírání posuvného krytu	S2	A1	E3	W3	8	Významné nebezpečí
1.2. Střih						
1.2.1. Nebezpečí střihu mezi obrobkem a pohybujícím se nástrojem	S2	A2	E2	W3	11	Významné nebezpečí
1.2.2. Nebezpečí střihu při podávání materiálu do vřetene stroje	S2	A1	E2	W2	7	Významné nebezpečí
1.2.3. Nebezpečí střihu mezi řemenem a řemenovým kolem	S2	A2	E2	W3	11	Významné nebezpečí
1.2.4. Nebezpečí střihu mezi řetězovým zásobníkem a hnacím kolem	S2	A1	E2	W2	7	Významné nebezpečí
1.2.5. Nebezpečí střihu mezi pevnou a pohyblivou částí třískového dopravníku	S3	A2	E2	W2	16	Významné nebezpečí
1.3. Říznutí nebo uříznutí						
1.3.1. Nebezpečí říznutí nebo uříznutí o rotující nástroje ve 2D ose	S2	A2	E2	W2	10	Významné nebezpečí

1.3.2. Nebezpečí říznutí nebo uříznutí o rotující vřeteno a obrobek	S3	A2	E2	W3	17	Významné nebezpečí
1.3.3. Nebezpečí říznutí nebo uříznutí při pohybu supportu stroje s nástrojem	S2	A2	E2	W2	12	Významné nebezpečí
1.3.4. Nebezpečí říznutí nebo uříznutí při kontaktu s třískami	S1	A2	E3	W3	6	Závažné nebezpečí
1.3.5. Nebezpečí říznutí nebo uříznutí při otáčení revolverové hlavy	S2	A2	E3	W2	11	Významné nebezpečí
1.3.6. Nebezpečí říznutí nebo uříznutí o ostré hrany obrobku	S1	A2	E2	W3	5	Závažné nebezpečí
<b>1.4. Zachycení</b>						
1.4.1. Nebezpečí zachycení při výměně nástrojů	S1	A1	E2	W1	0	Relevantní nebezpečí
1.4.2. Nebezpečí zachycení v prostorách sběru a odvodu třísek	S1	A2	E2	W2	4	Relevantní nebezpečí
1.4.3. Nebezpečí zachycení při pohybu revolverové hlavy	S1	A2	E3	W2	5	Závažné nebezpečí
1.4.4. Nebezpečí zachycení při pohybu manipulátoru	S1	A2	E3	W2	5	Závažné nebezpečí
1.4.5. Nebezpečí zachycení při pohybu supportů	S1	A2	E3	W2	5	Závažné nebezpečí
<b>1.5. Vtažení nebo chycení</b>						
1.5.1. Nebezpečí vtažení nebo chycení při rychloposuvu suportů	S2	A2	E3	W3	12	Významné nebezpečí
1.5.2. Nebezpečí vtažení nebo chycení v převodových mechanismech	S2	A1	E2	W2	7	Významné nebezpečí
1.5.3. Nebezpečí vtažení nebo chycení do pásového dopravníku na obrobky	S3	A1	E2	W1	12	Významné nebezpečí
1.5.4. Nebezpečí vtažení nebo chycení do třískového dopravníku	S3	A2	E2	W2	16	Významné nebezpečí

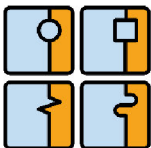




1.5.5. Nebezpečí vtažení od řemenových převodů	S2	A2	E2	W2	<b>10</b>	Významné nebezpečí
1.5.6. Nebezpečí vtažení nebo chycení do sacího otvoru čerpadla	S2	A1	E3	W1	<b>7</b>	Významné nebezpečí
1.6. Navinutí						
1.6.1. Nebezpečí navinutí od rotujícího sklíčidla	S3	A2	E2	W2	<b>16</b>	Významné nebezpečí
1.6.2. Nebezpečí navinutí od rotujícího obrobku	S3	A2	E2	W2	<b>16</b>	Významné nebezpečí
1.6.3. Nebezpečí navinutí od rotujícího nástroje 2D osy	S2	A2	E2	W2	<b>10</b>	Významné nebezpečí
1.6.4. Nebezpečí navinutí od pohonů	S3	A2	E2	W1	<b>15</b>	Významné nebezpečí
1.6.4. Nebezpečí navinutí od kuličkového šroubu	S2	A2	E3	W3	<b>11</b>	Významné nebezpečí
1.6.5. Nebezpečí navinutí od hnacího kola řetězového zásobníku	S2	A1	E3	W1	<b>7</b>	Významné nebezpečí
1.6.6. Nebezpečí navinutí od třískového dopravníku	S3	A2	E2	W2	<b>16</b>	Významné nebezpečí
1.7. Náraz						
1.7.1. Nebezpečí nárazu při pohybu supportu	S2	A2	E3	W2	<b>11</b>	Významné nebezpečí
1.7.2. Nebezpečí nárazu při zavírání posuvného krytu	S2	A2	E3	W2	<b>11</b>	Významné nebezpečí
1.7.3. Nebezpečí nárazu při rotaci ramene manipulátoru zásobníku nástrojů	S1	A1	E3	W1	<b>1</b>	Relevantní nebezpečí
1.8. Bodnutí nebo proražení						
1.8.1. Nebezpečí bodnutí nebo proražení při pohybu nástroje	S1	A2	E3	W2	<b>5</b>	Závažné nebezpečí
1.8.2. Nebezpečí bodnutí nebo proražení při manipulaci s třískami	S1	A2	E3	W3	<b>6</b>	Závažné nebezpečí

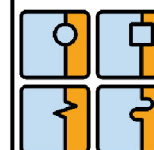


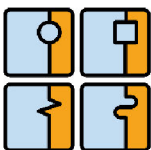
1.8.3. Nebezpečí bodnutí nebo proražení při seřizování nebo výměně nástrojů	S1	A2	E2	W2	4	Relevantní nebezpečí
2. Elektrické nebezpečí						
2.1. Dotyk osob živých částí (přímý dotyk)						
2.1.1. Nebezpečí úrazu elektrickým proudem při připojování stroje do sítě	S3	A2	E2	W2	16	Významné nebezpečí
2.1.2. Nebezpečí úrazu elektrickým proudem při opravách a údržby	S3	A2	E2	W2	16	Významné nebezpečí
2.2. Dotyk osob částí, které se staly živými v důsledku závady (nepřímý dotyk)						
2.2.1. Nebezpečí úrazu elektrickým proudem od narušené izolace v důsledku závady při obrábění, seřizování a údržbě	S3	A2	E3	W3	18	Významné nebezpečí
3. Tepelné nebezpečí						
3.1. Popálení						
3.1.1. Nebezpečí popálení při styku s horkým obrobkem	S2	A2	E2	W3	11	Významné nebezpečí
3.1.2. Nebezpečí popálení při styku se žhavými třískami	S1	A2	E3	W3	6	Závažné nebezpečí
3.1.3. Nebezpečí popálení při styku s horkými nástroji	S1	A2	E2	W3	5	Závažné nebezpečí
3.1.4. Nebezpečí popálení při styku s horkými brzdnými čelistmi	S2	A2	E3	W2	11	Významné nebezpečí
3.1.5. Nebezpečí popálení při styku s horkým brzdným kotoučem	S2	A2	E3	W2	11	Významné nebezpečí
3.1.6. Nebezpečí popálení při styku s horkými motory včetně	S2	A2	E3	W2	11	Významné nebezpečí
3.1.7. Nebezpečí popálení při styku s horkými motory 2D osy	S1	A1	E3	W1	1	Relevantní nebezpečí



3.1.8. Nebezpečí popálení při styku s horkými motory suportů	S2	A2	E3	W2	11	Významné nebezpečí
3.1.9. Nebezpečí popálení při styku s horkými motory zásobníku nástrojů	S2	A1	E3	W1	7	Významné nebezpečí
4. Nebezpečí způsobené hlukem						
4.1. Ztráta sluchu a další psychologické poruchy						
4.1.1. Ztráta sluchu a další psychologické poruchy způsobené hlukem z řezného procesu	S2	A2	E3	W2	11	Významné nebezpečí
4.1.2. Ztráta sluchu a další psychologické poruchy způsobené hlukem při posouvání materiálu v podavači	S1	A2	E3	W2	5	Závažné nebezpečí
4.2. Rušení při řečové komunikaci nebo zvukových signálů						
4.2.1. Nebezpečí rušení při řečové komunikaci nebo zvukových signálů od motorů stroje	S2	A2	E2	W3	11	Významné nebezpečí
7. Nebezpečí způsobená materiály a látkami						
7.1. Vdechování škodlivých výparů kapalin, plynů, mlh, a prachu nebo styk s nimi						
7.1.1. Nebezpečí vdechování škodlivých výparů kapalin, plynů, mlh, a prachu nebo styk s nimi při řezném procesu	S2	A2	E3	W3	12	Významné nebezpečí
7.1.2. Nebezpečí vdechování škodlivých výparů kapalin, plynů, mlh, a prachu nebo styk s nimi při jejich plnění	S2	A2	E2	W3	11	Významné nebezpečí
7.1.3. Nebezpečí vdechování škodlivých výparů kapalin, plynů, mlh, a prachu nebo styk s nimi při jejich údržbě	S2	A1	E2	W2	7	Významné nebezpečí
7.2. Oheň nebo výbuch						

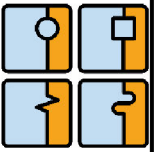
7.2.1. Nebezpečí ohně nebo výbuchu při obrábění hořlavého materiálu	S3	A2	E3	W3	18	Významné nebezpečí
7.2.2. Nebezpečí ohně nebo výbuchu u řezných kapalin s nízkým bodem vzplanutí	S3	A2	E3	W3	18	Významné nebezpečí
7.2.3. Nebezpečí ohně nebo výbuchu olejové mlhy během obrábění	S3	A2	E3	W3	18	Významné nebezpečí
7.3. Biologická nebo mikrobiologická nebezpečí						
7.3.1. Biologická nebo mikrobiologická nebezpečí způsobená kapalinami stoje	S2	A2	E2	W2	10	Významné nebezpečí
7.3.2. Biologická nebo mikrobiologická nebezpečí v podobě mlhy od řezné kapaliny	S2	A2	E3	W3	12	Významné nebezpečí
8. Nebezpečí způsobená zanedbáním ergonomických principů při konstrukci stroje						
8.1. Nezdavé polohy nebo nadměrná námaha						
8.1.1. Nebezpečí způsobené nezdravými polohami těla při ovládání pracovního procesu	S1	A2	E2	W3	4	Relevantní nebezpečí
8.1.2. Nebezpečí způsobené nezdravými polohami těla nebo nadměrnou námahou při údržbě stroje	S1	A2	E3	W3	5	Závažné nebezpečí
8.2. Nepřiměřené nároky na anatomii lidské paže nebo nohy						
8.2.1. Nebezpečí nepřiměřených nároků anatomii lidské paže nebo nohy při opravě stroje	S1	A2	E3	W3	6	Závažné nebezpečí
8.4. Nedostatečné místní osvětlení						
8.4.1. Nebezpečí nedostatečné místního osvětlení při seřizování nástrojů a řezném procesu	S2	A2	E3	W3	12	Významné nebezpečí





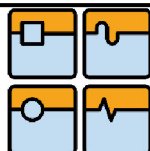
8.6. Lidské chyby, lidské chování						
8.6.1. Nebezpečí lidské chyby nebo lidského chování při přípravě materiálu	S2	A2	E2	W2	10	Významné nebezpečí
8.6.2. Nebezpečí lidské chyby nebo lidského chování při volby režimu stroje	S2	A2	E2	W2	10	Významné nebezpečí
8.8. Nesprávná konstrukce nebo umístění sdělovačů						
8.8.1. Nebezpečí nesprávné interpretace zobrazovaných informací	S2	A2	E2	W2	10	Významné nebezpečí
10. Nebezpečí způsobená neočekávaným spouštěním, přeběhem/zvýšením rychlostí						
10.1. Poruchy ovládacího systému						
10.1.1. Nebezpečí poruchy ovládacího systému při seřizování nebo opravě	S2	A2	E3	W1	10	Významné nebezpečí
13. Nebezpečí způsobená poruchami v dodávce energie						
13.1. Nebezpečí vyvolané poruchou dodávky energie způsobí ztrátu upínací síly	S2	A2	E3	W1	10	Významné nebezpečí
13.2. Nebezpečí vyvolané poruchou dodávky energie při překročení rychlosti	S2	A2	E3	W1	10	Významné nebezpečí
13.3. Nebezpečí vyvolané poruchou dodávky energie vznikají zbytkové síly např. setrvačnost	S2	A2	E3	W1	10	Významné nebezpečí
14. Nebezpečí způsobená selháním ovládacích obvodů						
14.1. Nebezpečí způsobená selháním ovládacích obvodů jako nezjištěná závada způsobující chybnou funkci	S2	A2	E3	W2	11	Významné nebezpečí
15. Nebezpečí způsobená chybným připojením						
15.1. Nebezpečí chybného připojení způsobí neočekávané selhání nebo setrvačný pohyb částí	S2	A2	E3	W2	11	Významné nebezpečí





Tab.4 Seznam závažných nebezpečí

17. Nebezpečí způsobená neočekávaným vymrštěním předmětů nebo vystříknutí kapaliny						
17.1. Nebezpečí vymrštění obrobku	S3	A2	E3	W2	<b>11</b>	Významné nebezpečí
17.2. Nebezpečí vymrštění žhavé třísky nebo špóny	S2	A2	E3	W3	<b>12</b>	Významné nebezpečí
17.3. Nebezpečí vymrštění ulomeného nástroje	S2	A2	E3	W2	<b>11</b>	Významné nebezpečí
17.4. Nebezpečné vystříknutí strojních kapalin při jejich plnění nebo údržbě	S2	A2	E3	W3	<b>12</b>	Významné nebezpečí
17.5. Nebezpečí vystříknutí řezné kapaliny z pracovního prostoru stroje	S2	A2	E3	W3	<b>12</b>	Významné nebezpečí
18. Nebezpečí způsobená ztrátou stability/převrácením stroje						
18.1. Nebezpečí ztráty stability/převrácení stroje při neznalosti těžiště stroje	S3	A2	E3	W3	<b>18</b>	Významné nebezpečí
18.2. Nebezpečí ztráty stability/převrácení stroje při špatném uvázání stroje při přepravě	S3	A2	E2	W2	<b>16</b>	Významné nebezpečí
18.3. Nebezpečí ztráty stability/převrácení stroje způsobené nevhodnými prvky pro uchopení stroje	S3	A2	E2	W3	<b>17</b>	Významné nebezpečí
18.4. Nebezpečí ztráty stability/převrácení stroje způsobené nevhodnou volbou vázacích prvků	S3	A2	E2	W3	<b>17</b>	Významné nebezpečí
19. Nebezpečí uklouznutí, zakopnutí a upadnutí osob						
19.1. Nebezpečí uklouznutí po řezné kapalině	S2	A2	E2	W3	<b>11</b>	Významné nebezpečí

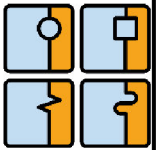


## DIPLOMOVÁ PRÁCE

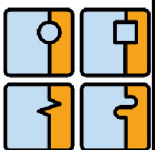
### Seznam významných nebezpečí

Seznam významných nebezpečí, které je nutno ošetřit a zahrnout do analýzy rizik. Uvádí i počet jednotlivých typů nebezpečí.

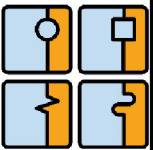
Seznam významných nebezpečí		Datum: 8.3.2011		Zpracoval: Bc. Petr Chaloupka		Celkový počet nebezpečí	
		Typ stroje: CNC EcoSMART 1-line		2006/42/ES			ČSN EN 28 124
Číslo nebezpečí	Nebezpečí	ČSN EN 12100-1	ČSN EN 12100-2	Nebezpečná situace	Směrnice	ČSN EN 28 124	Celkový počet nebezpečí
1.	Mechanické nebezpečí						
1.1	Stlačení	4.2.1 4.2.2		Mezi pohybující se a pevnou částí např. u suportů, 2D osy, manipulátoru, při upínání obrobku, podávání materiálu a transportu stroje	1.3.8	5.2.2.2 5.2.2.4 6.2.3	7
1.2	Střih	4.2.1 4.2.2	4.2.1 5.2.1 5.3.2.6	Mezi pevnou částí a pohybujícím se nástrojem nebo třískovým dopravníkem. V řemenovém převodu nebo otvoru pro podávání materiálu.	1.3.8	5.2.2.4	5
1.3	Říznutí, uříznutí	4.2.1 4.2.2		O ostré nástroje, hrany obrobku, třísky.	1.3.4	5.1.1.2 5.2.2.4 6.2.2	6
1.4	Zachycení	4.2.1		Při pohybu manipulátoru, suportů, najetí do výměny nástrojů, ve sběru třísek, revolverové hlavy.	1.3.8 1.5.14	5.1.1.2 5.2.2.2	5
1.5	Vtažení nebo chycení	4.2.1	5.2.1	Při pohybu rychloposuvů, dopravníkového pásu, řemenových převodů, v převodových mechanismech a sacím otvoru čerpadel.	1.3.8	5.1.1.2 5.2.2.2	6



1.6	Navinutí	4.2.1		O rotující vřetena, obrobek, nástroje, kuličkové šrouby hnací kolo řetězového dopravníku.	1.3.8	5.1.1.2 5.2.2.4	<b>6</b>
1.7	Náraz	4.2.1		Při pohybu suportů, ramene manipulátoru a posuvného krytu.	1.3.8	5.2.2.4	<b>3</b>
1.8	Bodnutí nebo proražení	4.2.1		O ostré třísky, při seřizování nástrojů a za pohybu nástroje v revolverové hlavě	1.3.4	5.2.2.4 6.2.2	<b>3</b>
2.	Elektrická nebezpečí						
2.1	Dotyk osob živých částí (přímý dotyk)	3.6 4.3	4.9	O elektrické zařízení při instalaci a údržbě	1.5.1	5.3	<b>2</b>
2.2	Dotyk osob částí, které se staly živými v důsledku závady (nepřímý dotyk)	3.6 4.3	4.9	Při údržbařské činnosti nebo servisní o poškozené elektrické zařízení	1.5.1	5.3	<b>1</b>
3.	Tepelné nebezpečí						
3.1	Popálení	4.4		O rozžhavené nástroje, třísky a motory v důsledku obrábění	1.5.5	5.2.2.1	<b>9</b>
4.	Nebezpečí způsobená hlukem						
4.1	Ztráta sluchu, další psychologické poruchy	4.5		Při řezném procesu a podávání materiálu	1.5.8	5.4 6.2.6	<b>2</b>
4.2	Rušení při řečové komunikaci, zvukových signálech	4.5		Při řezném procesu, od motorů a podávání materiálu	1.5.8	5.4 6.2.6	<b>1</b>
7.	Nebezpečí způsobená materiály a látkami						
7.1	Vdechování škodlivých výparů, kapalin, plynů, mlh a prachu nebo styk s nimi	4.8		V průběhu obrábění, údržby a seřizování od provozních kapalin	1.5.13	5.6	<b>3</b>
7.2	Oheň nebo výbuch	4.3 4.4 4.8		Při obráběcím procesu v pracovním prostoru stroje	1.3.2 1.5.6 1.5.7	5.6	<b>3</b>



7.3	Biologická nebo mikrobiologická nebezpečí	4.8		U doplňování provozních kapalin a údržbě stroje	1.5.13	5.6	2
8	Nebezpečí způsobená zanedbáním ergonomických principů při konstrukci stroje						
8.1	Nezdravé polohy nebo nadměrná námaha	4.9		Od ovladačů stroje nebo při údržbě	1.1.6	5.7	2
8.2	Nepřiměřené nároky na anatomii lidské paže nebo nohy	4.9		Při servisu a údržby v těžko dostupných místech	1.1.6	5.7	1
8.4	Nedostatečné místní osvětlení	4.9		Při seřizování nástrojů a sledování obráběcího procesu	1.1.4	5.7	1
8.6	Lidské chyby, lidské chování	4.9		Příprava materiálu, volba režimu		5.2.4 5.7	2
8.8	Nesprávná konstrukce nebo umístění sdělovačů	4.9		V pracovním prostoru, převodová skříň, třískový dopravník a elektrický rozvaděč	1.7.1	5.7 5.16 6	1
10	Nebezpečí způsobená neočekávaným spuštěním, přeběhy/zvýšením rychlostí						
10.1	Poruchy ovládacího systému	3.6 3.29	4.11.1 5.3.2.5	Nezjištěná vada v ovládacím systému, neočekávané chování stroje	1.2.1	5.8	1
13	Nebezpečí způsobená poruchami v dodávce energie						
13	Nebezpečí vyvolané poruchou dodávky energie	3.29 3.30 5.2 5.3.b	4.10 4.11.1 4.11.2 4.11.5 5.2.4 5.5.4 6.5.1b	Chybné funkce stroje, ztráta pracovních sil, zvýšení otáček pohonů, setrvačné síly	1.2.1 1.2.6	5.10	3



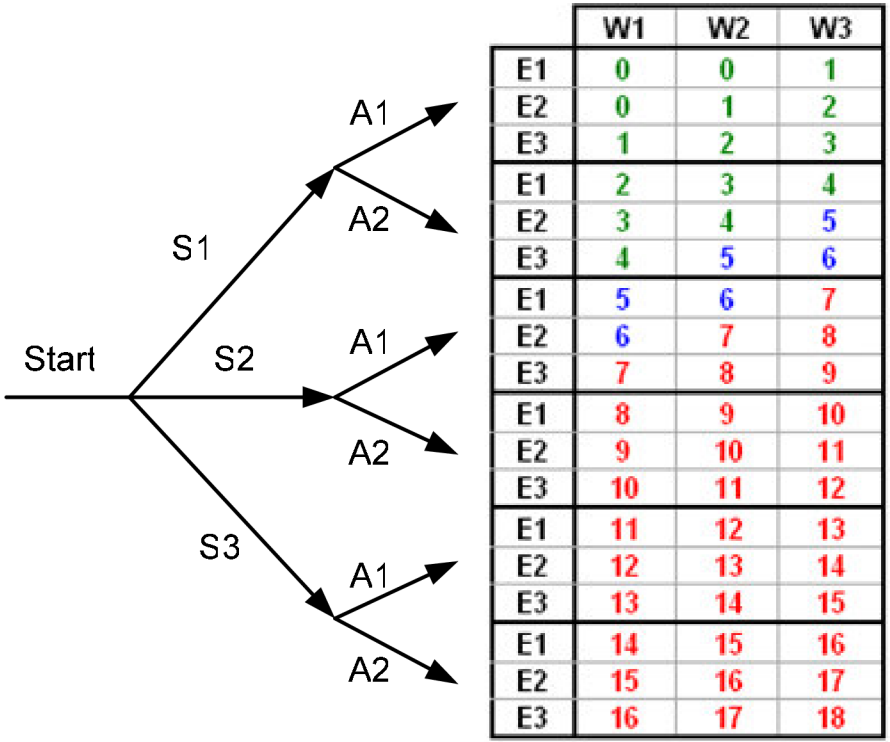
Tab.5 Seznam významných nebezpečí [16], [20]

14	Nebezpečí způsobená selháním ovládacích obvodů						
14	Nebezpečí způsobená selháním ovládacích obvodů	Příloha A	4.11 4.13 5.2 5.5.6	Nemožnost ovládat některé části stroje, selhání nouzového zastavení.	1.2.1	5.11	1
15	Nebezpečí způsobená chybným připojením						
15	Nebezpečí způsobená chybným připojením	4.9 5.1.4 5.3	4.8 6.1.2 6.5.1f	Při instalaci stroje, servisu nebo údržby. Chybné funkce stroje	1.5.4	5.11 6.2.9	1
17	Nebezpečí způsobená neočekávaným vyvržením předmětů nebo vystříknutí kapaliny						
17	Nebezpečí způsobená neočekávaným vyvržením předmětů nebo vystříknutí kapaliny	3.19 3.25 3.26.1 4.2.1 Příl. A	4.8.6 4.11.9 4.13 5 6	Při obráběcím procesu v pracovním prostoru	1.5.4	5.2.3 5.13	5
18	Nebezpečí způsobená ztrátou stability/převrácením stroje						
18	Nebezpečí způsobená ztrátou stability/převrácením stroje	4.2.2 4.6 4.14 6.5.1 6.5.3		Transport stroje, špatné uvázání při zvedání stroje nebo nevhodné použití vazacích prvků	1.1.5 1.3.1	5.14 6.2.9	4
19	Nebezpečí uklouznutí, zakopnutí a upadnutí osob						
19	Nebezpečí uklouznutí	4.10	5.5.6	V oblastech zásobníku kapalin a pod pracovním prostorem	1.5.15	5.15	1

Na stroji CNC EcoSMART 1-line bylo zjištěno 87 závažných nebezpečí, která je nutno analyzovat, posoudit jejich závažnost a snížit na přijatelnou úroveň.

### 5.3.3 Odhad rizik

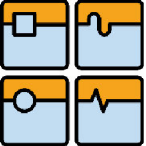
Odhad rizik se provede podle normy ČSN EN14121-1 kapitoly 7. Pro každé identifikované nebezpečí se musí provést odhad rizika zvlášť. Nejprve určíme prvek rizika a potom hlediska, které je nutno brát v úvahu při odhadu. Prvky rizika se dělí na závažnost škody a pravděpodobnost jejího výskytu. Sloučením těchto prvků pomocí grafu na obrázku 25, získáme hodnotu velikosti rizika. Je-li riziko příliš velké, aplikujeme bezpečnostní opatření a přepočítáme znovu velikost rizika. Konečnou hodnotu nazýváme zbytkové riziko. [14], [16], [20]



Obr.25 Graf pro odhad rizika [14]

Legenda:

- Míra poškození
  - S1 – lehké poškození
  - S2 – těžké zranění
  - S3 – smrt
- Délka vystavení nebezpečí
  - A1 – zřídka až často
  - A2 – často až trvale
- Možnost vyvarování se nebezpečí
  - E1 – možné
  - E2 – možné za určitých okolností
  - E3 – sotva možné

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 63
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

- Pravděpodobnost vzniku nebezpečné události
    - W1 – malá
    - W2 – střední
    - W3 – velká
  - Přijatelnost rizika
    - 0 – 4 akceptovatelné riziko
    - 5 – 6 po prověření akceptovatelné riziko
    - 7 – 18 neakceptovatelné riziko
- [14], [16]

### 5.3.4 Zhodnocení rizika

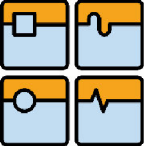
Zhodnocení rizika je popsáno v ČSN EN14121-1 kapitole 8. Za pomoci grafu pro odhad rizika zhodnotíme akceptovatelnost velikosti rizika. Je-li riziko neakceptovatelné, snížíme ho pomocí metody tří kroků, viz obrázek 19, na akceptovatelnou hodnotu. Snižování rizika je popsáno v normě ČSN EN12100-1 kapitole 5. Nejprve provedeme konstrukční bezpečnostní opatření, potom ochranná opatření a nakonec informativní opatření.

Jako výstupní dokument analýzy rizik se volí formuláře. Takový formulář je jen pro jedno riziko. Z toho plyne, že takováto dokumentace je velmi rozsáhlá a není v rozsahu této práce ji vytvořit. Uvedu jen příklad jednoho formuláře pro představu. [14], [16]

<b>Formulář pro odhad rizika</b>		Datum: 10.5.2011 Stroj: CNC EcoSMART 1-line	
Číslo nebezpečí podle ČSN EN14121-1	Identifikační číslo	Označení nebezpečí	
1.1	8	1. Mechanické nebezpečí	
		<b>Nebezpečí stlačení</b>	
Životní etapa stroje: <i>Provoz</i>		Nebezpečný prostor: <i>Pracovní prostor</i>	
Ohrožené osoby: <i>Obsluha stroje</i>		Provozní stav stroje: <i>V chodu</i>	
Popis nebezpečné situace: <i>Nebezpečí stlačení při pohybu suportu. Hrozí při rychlém pohybu suportu stlačení nebo rozdrčení končetiny</i>			
<b>Počáteční riziko</b>	Závažnost škody	<b>S2 – těžké zranění</b>	
	Četnost a doba trvání ohrožení	<b>A2 – často až trvale</b>	
	Možnost vyvarovat se nebezpečí	<b>E1 – možné</b>	
	Pravděpodobnost výskytu nebezpečí	<b>W2 - střední</b>	
<b>Velikost rizika</b>			
<b>9</b>			
<b>Krok 1:</b> Zavedení opatření zabudované v konstrukci stroje dle ČSN EN 12100-1			
Popis opatření: Pracovní prostor, kde se nachází suporty, bude zcela zakrytován.			
<b>Snížené riziko</b>	Závažnost škody	<b>S2 – těžké zranění</b>	
	Četnost a doba trvání ohrožení	<b>A1 – zřídka až často</b>	
	Možnost vyvarovat se nebezpečí	<b>E1 – možné</b>	
	Pravděpodobnost výskytu nebezpečí	<b>W2 - střední</b>	
<b>Velikost rizika</b>			
<b>6</b>			
<b>Krok 2 :</b> Zavedení bezpečnostních a doplňkových opatření dle ČSN EN 12100-1			
Popis opatření: Použití na pohyblivém krytu bezpečnostních zámků. Při snaze otevřít pohyblivý kryt za chodu bude spuštěno opticko-akustické varování.			
<b>Snížené riziko</b>	Závažnost škody	<b>S1 – lehké zranění</b>	
	Četnost a doba trvání ohrožení	<b>A1 – zřídka až často</b>	
	Možnost vyvarovat se nebezpečí	<b>E1 – možné</b>	
	Pravděpodobnost výskytu nebezpečí	<b>W2 - střední</b>	
<b>Velikost rizika</b>			
<b>0</b>			
<b>Krok 3:</b> Zavedení informativních opatření pro používání stroje dle ČSN EN 12100-1			
Popis opatření: Upozornění na tuto nebezpečí v uživatelské příručce a stroj se opatří štítky			
<b>Zbytkové riziko</b>	Závažnost škody	<b>S1 – lehké zranění</b>	
	Četnost a doba trvání ohrožení	<b>A1 – zřídka až často</b>	
	Možnost vyvarovat se nebezpečí	<b>E1 – možné</b>	
	Pravděpodobnost výskytu nebezpečí	<b>W1 - malá</b>	
<b>Velikost rizika</b>			
<b>0</b>			
<b>Validace:</b>	<b>Bezpečnostní opatření jsou dostatečná</b>	Zpracoval: Bc. Petr Chaloupka	Dne: 10.5.2011

Tab.6 Formulář pro odhad rizika [14]



	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 65
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Na základě zpracovaného posouzení bezpečnosti stroje CNC EcoSMART 1-line, jsem seznámen se závažností a typem všech rizik. Zpracování všech formulářů pro odhad rizika je přes rozsah této práce, a proto nebyly vypracovány. Pro snížení rizik na přijatelnou úroveň je potřeba oddělit pracovní prostor, prostory pohonů, posuvů a výměny nástroje od prostoru, kde se pohybuje obsluha. Použitím vnějších krytů kolem celého stroje a posuvných krytů se zámky s blokováním a jištěním, dokáže dostatečně snížit všechna rizika. Dalším snížením hodnot rizik je možné informativními opatřeními, například upozorněním na ně v uživatelské příručce a štítky umístěnými na stroji.

## 6 Krytování stroje CNC EcoSMART 1-line

Krytování je provedeno v souladu s normou typu B ČSN EN 953+A1 o všeobecných požadavcích pro konstrukci a výrobu pevných a pohyblivých krytů. Dále podle norem typu C ČSN EN 12417+A2 a ČSN EN 23125, kde jsou uvedeny požadavky na zkoušky krytů. Níže jsou uvedeny výpočty v programu Mathcad 14 a všechny jsou součástí příloh.

### 6.1 Návrh ochranného krytu obráběcího centra

Multifunkční obráběcí centrum CNC EcoSMART 1-line je vybaveno 2D frézovací hlavou a vřeteny pro soustružení. Návrh se tedy musí provést podle normy ČSN EN 12417+A2, ve které je uveden postup návrhu pro obráběcí centra, ale jen pro hlavní způsob obrábění frézováním a podle normy ČSN EN 23125, ve které je postup metody pro soustružnické stroje, protože tento stroj má hlavní způsob obrábění soustružením.

#### 6.1.1 Zkouška nárazem u stroje vybaveného frézovacím nástrojem

Podle normy ČSN EN 12417+A2 se provede bezpečnostní výpočet pro nasimulování situace, kdy je nástroj zlomen a vymrštěn do krytu. Zkouška se provádí vystřelením projektilu proti krytu nebo do bezpečnostního skla. Zjistíme tím odolnost materiálu krytu proti průniku nástroje v případě ulomení. Normovaný projektil má hmotnost 0,1kg

Nejprve se provede výpočet maximální rychlosti otáčení nástroje:

$$v_c := B_n \cdot \pi \cdot n = 62.832 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (1)$$

Kde:

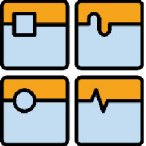
- $v_c$  [m/s] - maximální rychlost otáčení nástroje
- $B_n$  [m] - maximální průměr nástroje v zásobníku
- $\pi$  - ludolfovo číslo
- $n$  [s<sup>-1</sup>] - maximální frekvence otáčení vřetene

Dále je nutno vypočítat energii vzniklou při nárazu:

$$J_c := \frac{m \cdot v_c^2}{2} = 197.392 \text{ J} \quad (2)$$

Kde:

- $J_c$  [J] - energie nárazu
- $m$  [kg] - hmotnost zkušební vzorku

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 67
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Z vypočítaných hodnot vyhledáme podle ČSN EN 12417+A2 tabulky A5 vhodný materiál pro kryt. V tomto případě stačí jen obyčejná nízkouhlíková ocel tloušťky 1,5mm a pro průzor do pracovního prostoru polykarbonát tloušťky 4mm. Je důležité porovnat tyto výsledky i s normou ČSN EN 23125.

### 6.1.2 Zkouška nárazem u soustružnického stroje

Zkouška nárazem pro soustružnické stroje podle normy ČSN EN 23125 se používá pro snížení rizika vymrštění obrobků nebo jeho částí z pracovního prostoru. Zkušební projektil vychází z velikosti a hmotnosti sklíčidla. Rychlost nárazu se zvyšuje o 25% z důvodu možného zrychlení ve štěrbině základní desky sklíčidla.

Výpočet rychlosti nárazu:

$$v_i := 1.25 \cdot \pi \cdot B \cdot \frac{n}{60} = 114.537 \text{ m / s} \quad (3)$$

Kde:

- $v_i$  [m/s] - maximální rychlost otáčení vřetene
- $B$  [m] - maximální průměr upínacího zařízení
- $\pi$  - ludolfovo číslo
- 1,25 - bezpečnostní faktor
- $n$  [s<sup>-1</sup>] - maximální frekvence otáčení vřetene

Výpočet energie nárazu:

$$J_c := \frac{m \cdot v_i^2}{2} = 16398.472 \text{ J} \quad (4)$$

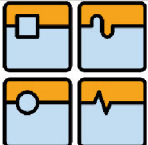
Kde:

- $J_c$  [J] - energie nárazu
- $m$  [kg] - hmotnost zkušební vzorku

Podle tabulky A2 z normy ČSN EN 23125 přílohy A zjistíme, že kryty musejí spadat do nejvyšší třídy odolnosti C<sub>3</sub>. V příloze B této normy je tabulka B1, ve které nalezneme příklady materiálů a vyčteme z ní, že do třídy odolnosti C<sub>3</sub> patří materiály jako ocelový plech tloušťky 6mm, bezpečnostní sklo+polykarbonátová směs tloušťky 6mm sklo + 18mm směs, a nebo samotná polykarbonátová směs tloušťky 2 x 12mm nebo 19mm.

### 6.1.3 Vyhodnocení zkoušek

Zkoušky na frézovací 2D osu ukázaly, že možná energie vymrštění nástroje je zanedbatelná oproti možné energii vymrštění obrobku z vřetena soustružnického stroje. Dle spočtených hodnot a normovaných tabulek materiálů volím na konstrukci krytů pracovního prostoru ocelový plech tloušťky 6mm, který splňuje požadavek třídy odolnosti C<sub>3</sub>. Materiál průhledu do pracovního prostoru zvolím polykarbonátovou

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 68
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

směs tloušťky 19mm, která taktéž splňuje třídu odolnosti C<sub>3</sub>. Překrytí tabulky průhledu musí být v poměru rozměru 450mm x 450mm překryto nejméně o 25mm, aby se při nárazu průhledné sklo udrželo v rámu.

#### 6.1.4 Blokování posuvného krytu

Posuvné kryty je možno blokovat dvěma způsoby. Jednak se při otevření pracovního prostoru, během spuštěného pracovního režimu, zastaví všechny pohony stroje. Nebo za použití bezpečnostních zámků, které se uzamknou během spuštění pracovního režimu a kryt nelze otevřít. Jako společnou vlastnost mají tyto bezpečnostní prvky, že nelze spustit pracovní režim, když posuvný kryt není uzavřen. [22]

Pro blokování posuvného krytu stroje CNC EcoSMART 1-line je nepřipustné z hlediska bezpečnosti, aby bylo možné otevřít kryt během obrábění. Proto jsem zvolil zámek s blokováním a jištěním D4NL firmy Omron pro zabezpečení krytu posuvných dveří. Má 5-ti kontaktní vstup, třída bezpečnosti IP67, síla přídržného klíče je uváděna min. 1300N. Pro blokování servisních dveří jsem použil zámek s blokováním od stejné firmy typ D4GL, který má minimální udržovací sílu 1000N [23]



Obr.26 Bezpečnostní zámek D4NL [23]

#### 6.1.5 Návrh vedení pro posuvné dveře

Z důvodu dobrého přístupu do pracovního prostoru jsou posuvné dveře rozměrné a těžké. Proto bylo nutné navrhnout vedení pro jejich pohyb. Zvolil jsem vedení firmy THK lineární válečkové z důvodu velké nosnosti a snížení odporových sil. Vedení je typu FT 4030-150. Tvrdostní faktor pro běžnou tvrdost materiálu 58-64 HRC se volí 0,9. Předpokládaná teplota nepřekročí 100°C, proto volím teplotní faktor 1. Kontaktní faktor volím 1, protože mezera mezi vedeními je větší než jejich celková délka. Faktor zatížení volím 2 pro rychlosti posuvu dveří 1÷2m/s a střední hodnoty vibrací. Statistický faktor dle tabulky 176kN, dynamický faktor dle tabulky 55,7kN a



zatížení od váhy dveří je 4,5kN. Celková délka vedení je 450mm a délka zdvihu je 1376mm. Výpočty jsou provedeny podle firemních katalogů THK.

Výpočet statického bezpečnostního faktoru  $f_s$ :

$$f_s := \frac{f_H \cdot f_T \cdot f_c \cdot C_o}{P_c} = 35.2 \quad (5)$$

Kde:

- $f_s$  - statistický bezpečnostní faktor
- $f_H$  - tvrdostní faktor
- $f_T$  - teplotní faktor
- $f_c$  - kontaktní faktor
- $C_o$  [kN] - statistický faktor
- $P_c$  [kN] - zatížení váhy dveří

Hodnota  $f_s$  je větší než 7 a splňuje podmínku bezpečnosti.

Výpočet základní dynamické hodnoty:

$$C_l := \left( \frac{l_o}{l} \right)^{\frac{3}{4}} \cdot C = 128.798 \text{ kN} \quad (6)$$

Kde:

- $C_l$  [kN] - základní dynamická hodnota
- $C$  [kN] - dynamický faktor
- $l_o$  [mm] - velikost zdvihu
- $l$  [mm] - délka vedení

Výpočet základní statistické hodnoty:

$$C_{l_o} := \frac{l_o}{l} \cdot C_o = 538.169 \text{ kN} \quad (7)$$

Kde:

- $C_o$  [kN] - statistický faktor
- $C_{l_o}$  [kN] - základní statická hodnota
- $l_o$  [mm] - velikost zdvihu
- $l$  [mm] - délka vedení

Výpočet životnosti vedení:

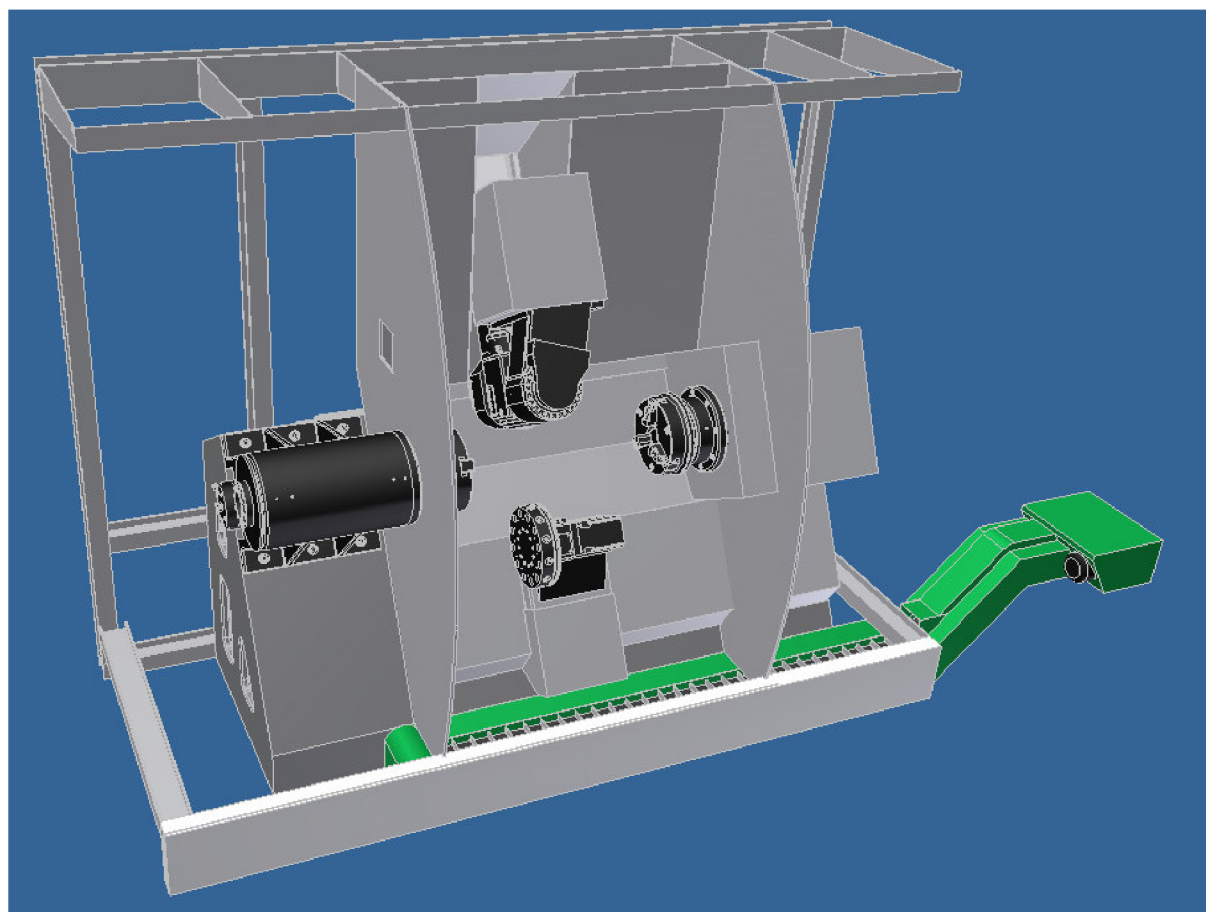
$$L_{ww} := \left( \frac{f_H \cdot f_c \cdot f_T \cdot C_l}{f_w \cdot P_c} \right)^{\frac{10}{3}} \cdot 100 = 500839.74 \text{ km} \quad (8)$$

Kde:

- L [km] - životnost válečkového vedení
- $f_H$  - tvrdostní faktor
- $f_T$  - teplotní faktor
- $f_c$  - kontaktní faktor
- $f_w$  - faktor zatížení
- $C_l$  [kN] - základní dynamická hodnota
- $P_c$  [kN] - zatížení váhy dveří

Životnost vedení je pro životnost stroje dostačující. [24]

### 6.1.6 Vnitřní a vnější krytování stroje CNC EcoSMART 1-line

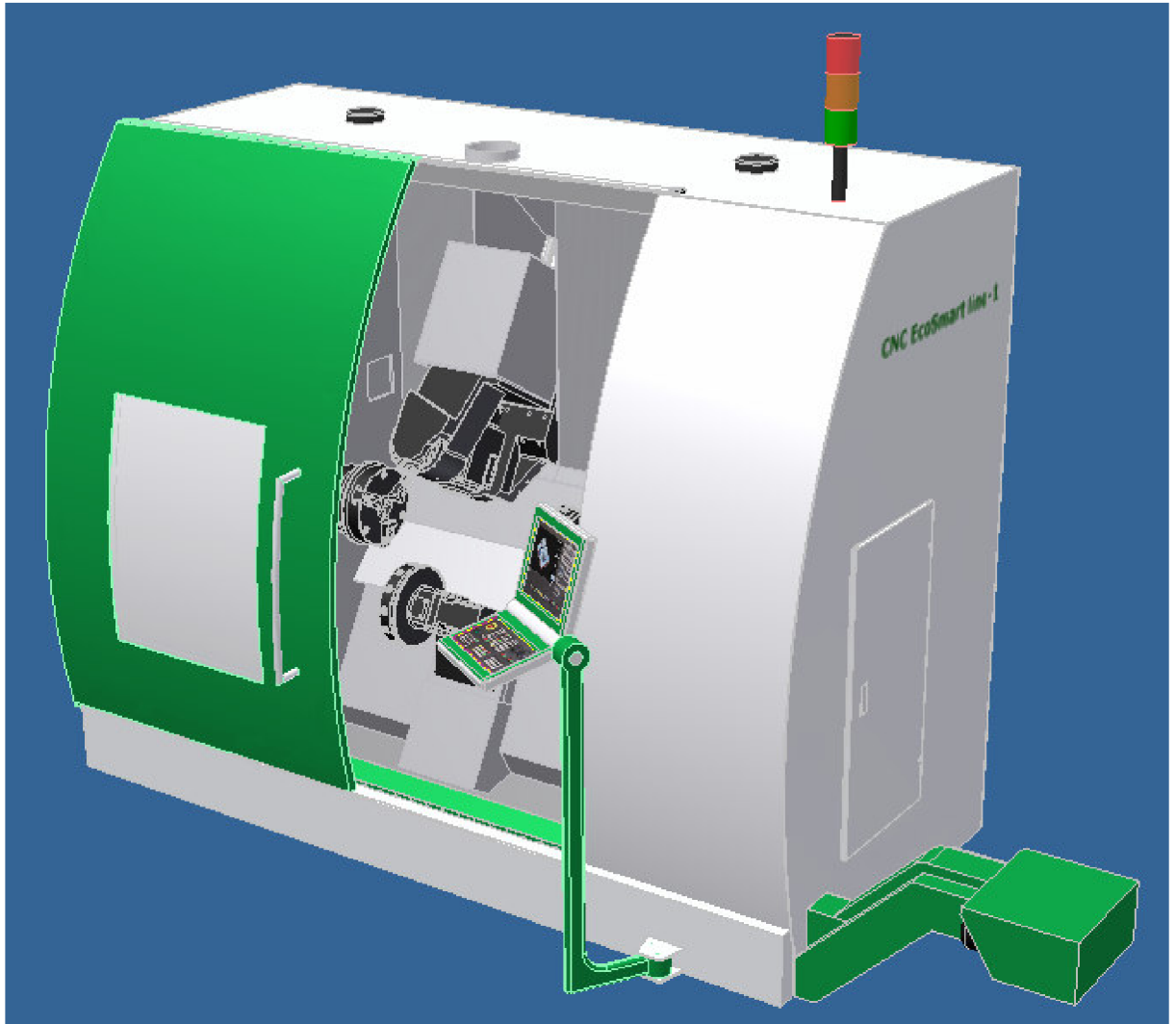


Obr.27 Vnitřní kryty stroje a samonosná konstrukce

Aby se nedostaly třísky, řezná kapalina a nečistoty na vedení, kuličkové šrouby, motory, výměník nástrojů a řetězový dopravník nástrojů, musí se oddělit od pracovního prostoru. Použil jsem teleskopické kryty na ochranu os X, Y, Y', Y''. Osa X' a pravá část protivřetene je zakrytovaná nepohyblivými kryty a utěsněna stíracími rámečky. Boční kryty jsou tloušťky 6mm a jsou nepohyblivé. Levý boční kryt má otvor pro najetí do automatické výměny nástrojů. Výhoda šikmého lože je v gravitačním spádu třísek a vhodnou koncepcí krytů je zajištěno, že se třísky nebudou zadržovat v pracovním prostoru.

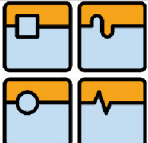


Ze zadní strany lože je připevněna samonosná konstrukce, na kterou se umístí vnější kryty. Ty oddělí prostor stroje od prostoru obsluhy. Výkres sestavy vnitřních krytů a samonosné konstrukce je v příloze.



Obr.28 Vnější kryty stroje

Na samonosnou konstrukci se poskládají kryty zadní, pravý, levý, pravý přední, levý přední a horní kryt. Na horním krytu jsou umístěny dva ventilátory, které odsávají přebytečné teplo z prostor motorů a výměny nástrojů. Dále je zde i otvor pro napojení centrální vzduchové jednotky pro odsávání zplodin a olejové mlhy, vzniklé z obráběcího procesu. Na boční a zadní kryty se namontují servisní dveře a bezpečnostní zámky. Nakonec se nasadí posuvné dveře, které mají vedení v horním krytu a spodní části samonosné konstrukce. Ve spodní části posuvných dveří jsou válečková vedení, která nesou celou hmotnost dveří. Výkres sestavy vnějších krytů je v příloze.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 72
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

## 7 Závěr

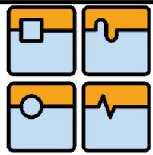
Diplomová práce je součástí projektu konstrukce multifunkčního obráběcího centra. Pro takto velký projekt byl sestaven čtyřčlenný tým, ve kterém jsme si projekt rozdělili na jednotlivé části. Mým úkolem bylo vypracovat posouzení bezpečnosti a konstrukci krytování stroje. Tento projekt byl nejen o zkonstruování stroje, ale i o týmové spolupráci.

Krytování stroje se navrhuje na základě posouzení bezpečnosti. K tomu abychom mohli posoudit bezpečnost stroje, je nutné se seznámit s managementem rizik, směnicemi a bezpečnostními normami, kterým jsou věnovány kapitoly 2 a 3. Pro přehled možností okrytování stroje a vhodností jednotlivých typů krytů, jsem vypracoval rozbor vnějších i vnitřních krytů.

Posouzení rizik stroje CNC EcoSMART 1-line začíná analýzou rizik. Vytvořil jsem blokový diagram stroje, ve kterém jsou patrné interakce jednotlivých částí. Za pomoci tohoto diagramu byla identifikována relevantní nebezpečí a nebezpečné prostory stroje. Následovala analýza významných nebezpečí ve všech životních fázích stroje. Na základě těchto analýz byl vytvořen soupis všech nebezpečí a pro každé z nich spočítána velikost rizika. Z těchto analýz byl sestaven seznam závažných nebezpečí, ve kterém jsou uvedeny typy nebezpečí, nebezpečné situace a odkaz na příslušné normy. Výsledkem analýzy rizik bylo zjištění 87 závažných nebezpečí, která je nutno posoudit a snížit na přijatelnou úroveň. Po zhodnocení a snížení rizik se jako výstupní dokument používají formuláře odhadu rizik. Bohužel nebylo možné v rozsahu práce vypracovat všech 87 formulářů, proto zde byl uveden pouze jeden ukázkový.

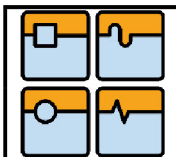
Krytování stroje CNC Eco SMART 1-line bylo navrženo na základě zjištěných nebezpečí tak, aby rizika byla snížena na přijatelnou hodnotu a předešlo se závažným nebezpečím. Stroj používá metody obrábění soustružením a frézováním, proto byly uvedeny bezpečnostní výpočty pro obě metody, na základě kterých bylo zjištěno, že energie vymrštěného tělesa při frézování je zanedbatelná v porovnání se soustružením. Dle příslušných norem typu C a výpočtů byly zvoleny kryty vymezující pracovní prostor tloušťky 6mm z ocelového plechu a v průzoru polykarbonátová směs tloušťky 19mm. Překrytí polykarbonátové tabulky je 100mm, což zajistí, aby zůstala v rámu při nárazu vymrštěným tělesem. Pohyblivé kryty servisních dveří jsou opatřeny zámkem s blokováním a posuvné dveře do pracovního prostoru jsou opatřeny zámkem s blokováním a jištěním, aby nedošlo k jejich otevření v pracovním režimu stroje. Pro pohyby os byly navrženy teleskopické kryty tak, aby třísky, rezná kapalina a nečistoty gravitačně spadaly přímo do třískového dopravníku a nepoškozovali ostatní části stroje. Vnější kryty byly připevněny na samonosnou konstrukci, která je spojena se zadní částí lože. Servisní dveře byly umístěny tak, aby opravy a údržba stroje byly snadno dostupné a probíhaly v co nejkratším čase.





## 8 Seznam použité literatury

- [1] BLECHA, Petr. *Management technických rizik u výrobních strojů*. Brno : VUTIUM, 2010. 32 s. Habilitační práce. Vysoké učení technické v Brně. ISBN 978-80-214-4062-3.
- [2] JIŘÍ, Marek. *Konstrukce CNC obráběcích strojů*. Vyd. 2, přeprac., rozš. Praha : MM publishing, 2010. 420 s. ISBN 978-80-254-7980-3.
- [3] PELIKÁN, Filip Pelikán;. *Přehled norem vztahujících se k bezpečnosti strojních zařízení*. Sick [online]. 13. září 2008, 1, [cit. 2011-03-14]. Dostupný z WWW: <[http://www.sick.cz/cz/produkty/00/00/cs.toolboxpar.0010.file.tmp/Seznam\\_norem\\_080913.pdf](http://www.sick.cz/cz/produkty/00/00/cs.toolboxpar.0010.file.tmp/Seznam_norem_080913.pdf)>.
- [4] HAMPL, Štěpán. *Problematika konstrukce krytování u vysokorychlostně obrábějících strojů*. Brno, 2007. 24 s. Dizertační práce. Vysoké učení technické v Brně. ISBN 978-80-214-3539-1.
- [5] HUDEC, Ing. Jan. *Krytování pohybových os obráběcích strojů*. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 20. prosince 2005, 12, [cit. 2011-03-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/krytovani-pohybovych-os-obrabecich-stroju>>.
- [6] HESTEGO – výrobce ochranných komponentů pohyblivých částí strojů a partner v oblasti zpracování plechů. [online]. 2008 [cit. 2011-03-14]. HESTEGO s. r. o. Dostupné z WWW: <<http://www.hestego.cz>>.
- [7] *Hennig perfect machine protection* [online]. 2008 [cit. 2011-03-14]. Hennig CZ s.r.o. Dostupné z WWW: <<http://www.hennig-cz.com>>.
- [8] ŠMÉTKA, Miroslav. *DESKRIPCE TYPŮ OCHRANNÝCH KRYTŮ POUŽÍVANÝCH U OBRÁBĚCÍCH STROJŮ* [online]. Brno : VUTIUM, 2007. 25 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Dostupné z WWW: <[www.vutbr.cz](http://www.vutbr.cz)>.
- [9] *Komunální kartáče, kartáčové lišty, kartáče* [online]. 2011 [cit. 2011-03-14]. Výroba Kartáčů. Dostupné z WWW: <<http://kartace.praha-cz.com/>>.
- [10] VEEM TRADING, s.r.o. [online]. 2007 [cit. 2011-03-14]. Dostupné z WWW: <[www.veemtrading.cz](http://www.veemtrading.cz)>.
- [11] *Deckel Maho Gildemeister* [online]. 2010 [cit. 2011-03-19]. Technologies for tomorrow. Dostupné z WWW: <<http://www.dmg.com/en,turning,msl>>.
- [12] *Kovosvit MAS, a.s.* [online]. 2009 [cit. 2011-03-19]. Kovosvit MAS Imagine your future. Dostupné z WWW: <<http://www.kovosvit.cz/>>.
- [13] FUCHS, Pavel. *METODY ANALÝZY A ŘÍZENÍ RIZIKA* [online]. Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2004 [cit. 2011-03-22]. Dostupné z WWW: <[http://risk.rss.tul.cz/vyuka/vyucovane-predmety/hri-hodnoceni-rizik-1/materialy-ke-stazeni/Analyza\\_rizeni\\_rizika\\_skriptum.pdf](http://risk.rss.tul.cz/vyuka/vyucovane-predmety/hri-hodnoceni-rizik-1/materialy-ke-stazeni/Analyza_rizeni_rizika_skriptum.pdf)>.
- [14] *Management rizik v konstrukci výrobních strojů*. Praha : MM Průmyslové spektrum, 2009. 90 s. ISSN 1212-2572.
- [15] ČSN EN 61882. *Studie nebezpečí a provozuschopnosti (studie HAZOP)- Pokyn k použití*. Praha : Český normalizační institut, Říjen 2002. 56 s. Dostupné z WWW: <<http://csnonline.unmz.cz/vyhledavani.aspx>>.
- [16] ČSN EN ISO 14121-1. *Bezpečnost strojních zařízení - Posouzení rizika – Část 1: Zásady*. Praha : Český normalizační institut, Duben 2008. 32 s. Dostupné z WWW: <<http://csnonline.unmz.cz/vyhledavani.aspx>>.
- [17] ČSN EN ISO 12100-1. *Bezpečnost strojních zařízení – Základní pojmy, všeobecné zásady pro konstrukci – Část 1: Základní terminologie*,

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 74
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

- metodologie*. Praha : Český normalizační institut, Červen 2004. 88 s. Dostupné z WWW: <<http://csnonline.unmz.cz/vyhledavani.aspx>>.
- [18] ČSN EN ISO 12100-2. *Bezpečnost strojních zařízení – Základní pojmy, všeobecné zásady pro konstrukci – Část 1: Technické zásady*. Praha : Český normalizační institut, Květen 2004. 32 s. Dostupné z WWW: <<http://csnonline.unmz.cz/vyhledavani.aspx>>.
- [19] ČSN EN ISO 12417+A2. *Bezpečnost obráběcích a tvářecích strojů – Obráběcí centra*. Praha : Český normalizační institut, Zář 2009. 44 s. Dostupné z WWW: <<http://csnonline.unmz.cz/vyhledavani.aspx>>.
- [20] BLECHA, Petr; BLECHA, Radim; BRADÁČ, František. *Analýza rizik stroje TMZ 642 CNC*. Praha : České vysoké učení technické v Praze, 10.9.2006. 163 s.
- [21] ČSN EN ISO 23125. *Obráběcí stroje – Bezpečnost – Soustruhy*. Praha : Český normalizační institut, Prosinec 2010. 72 s. Dostupné z WWW: <<http://csnonline.unmz.cz/vyhledavani.aspx>>.
- [22] ČSN EN 1088+A2. *Bezpečnost strojních zařízení – Blokovací zařízení spojená s ochrannými kryty – Zásady pro konstrukci a volbu*. Praha : Český normalizační institut, Prosinec 2008. 44 s. Dostupné z WWW: <<http://csnonline.unmz.cz/vyhledavani.aspx>>.
- [23] *Omron* [online]. 2011 [cit. 2011-05-09]. Dostupné z WWW: <<http://omron.cz/>>.
- [24] *THK* [online]. 2006 [cit. 2011-05-09]. Dostupné z WWW: <<http://www.thk.com/cz/index.html/>>.

## 9 Seznam použitých příloh

- Příloha 1: Výkres sestavy vnitřních krytů
- Příloha 2: Kusovník sestavy vnitřních krytů
- Příloha 3: Výkres sestavy vnějších krytů
- Příloha 3: Kusovník sestavy vnějších krytů
- Příloha 3: Bezpečnostní výpočty v programu Mathcad
- Příloha 4: Výpočet vedení posuvných dveří v programu Mathcad
- Příloha 5: 3D model multifunkčního obráběcího centra CNC EcoSMART 1-line

## 10 Seznam obrázků

Obr.1 Funkce systému managementu rizik.....	12
Obr.2 Příklad matice rizik.....	15
Obr.3 Schéma FTA analýzy.....	16
Obr.4 Ukázka ETA s pre-nehodovou událostí.....	17
Obr.5 Metoda „Bowl-tie“.....	17
Obr.6 Postup metody HAZOP.....	18
Obr.7 Tabulka závažnosti rizik.....	20
Obr.8 Postup prosazení výrobku na trh.....	24
Obr.9 Vnější kryty.....	26
Obr.10 Vnitřní kryty.....	27
Obr.11 Teleskopický kryt.....	29
Obr.12 Skládané měchy.....	30
Obr.13 Rolovací kryt.....	30
Obr.14 Stírací rámečky.....	31
Obr.15 Stírací kartáče.....	31
Obr.16 Spirálové kryty.....	32
Obr.17 Dvouosé kryty.....	32
Obr.18 Square sliding cover.....	33
Obr.19 Metoda tří kroků pro snižování rizika.....	35
Obr.20 Opakovací proces snižování rizika.....	36
Obr.21 Popis os stroje.....	37
Obr.22 Základní blokový diagram.....	39
Obr.23 Druhý stupeň detailizace blokového diagramu stroje.....	40
Obr.24 Jednotlivé uzly stroje v třetím stupni detailizace.....	43
Obr.25 Graf pro odhad rizika.....	62
Obr.26 Bezpečnostní zámek D4NL.....	68
Obr.27 Vnitřní kryty stroje a samonosná konstrukce.....	70
Obr.28 Vnější kryty stroje.....	71

## 11 Seznam použitých tabulek

Tab.1 Technické parametry stroje.....	39
Tab.2 Identifikace relevantních nebezpečí.....	46
Tab.3 Analýza významných nebezpečí.....	49
Tab.4 Seznam závažných nebezpečí .....	57
Tab.5 Seznam významných nebezpečí .....	61
Tab.6 Formulář pro odhad rizika .....	64

## 12 Seznam použitých symbolů a zkratek

$v_c$	[m/s]	- maximální rychlost otáčení nástroje
$v_i$	[m/s]	- maximální rychlost otáčení vřetene
$B$	[m]	- maximální průměr upínacího zařízení
$B_n$	[m]	- maximální průměr nástroje v zásobníku
$n$	[s <sup>-1</sup> ]	- maximální frekvence otáčení vřetene
$m$	[kg]	- hmotnost zkušebního vzorku
$J_c$	[J]	- energie nárazu
$f_s$		- statistický bezpečnostní faktor
$f_H$		- tvrdostní faktor
$f_T$		- teplotní faktor
$f_c$		- kontaktní faktor
$f_w$		- faktor zatížení
$C$	[kN]	- dynamický faktor
$C_o$	[kN]	- statistický faktor
$C_l$	[kN]	- základní dynamická hodnota
$C_{l0}$	[kN]	- základní statická hodnota
$l_o$	[mm]	- velikost zdvihu
$l$	[mm]	- délka vedení
$L$	[km]	- životnost válečkového vedení
$P_c$	[kN]	- zatížení váhy dveří
HRC		- jednotka tvrdosti materiálu podle zkoušky S. P. Rockwella