FAKULTA STROJNÍ
ZÁPADOČESKÉ
UNIVERZITY
V PLZNI

KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ

DISERTAČNÍ PRÁCE

k získání akademického titulu doktor
v doktorském studijním programu: P2301 Strojní inženýrství
studijním oboru: Stavba strojů a zařízení

TEORIE A METODIKA KOMPLEXNÍ PREDIKCE A ANALÝZY RIZIK KONSTRUOVANÝCH TECHNICKÝCH PRODUKTŮ

Autor: Ing. Josef Dvořák

Školitel: Prof. Ing. Stanislav Hosnedl, CSc.

Plzeň 2019

PROHLÁŠENÍ

Předkládám tímto k hodnocení a obhajobě disertační práci zpracovanou na Katedře konstruování strojů Fakulty strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem předloženou disertační práci:

Teorie a metodika komplexní predikce a analýzy rizik konstruovaných technických produktů

Tato disertační práce je koncipována dle požadavků Studijního a zkušebního řádu ZČU Plzeň, tj. obsahuje zejména vlastní výsledky výzkumu v rámci tvorby disertační práce, včetně původních a uveřejněných výsledků. Prohlašuji, že jsem tuto písemnou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této práce.

V Plzni dne 28.11.2019 .....
podpis

PODĚKOVÁNÍ

Na závěr této práce bych rád poděkoval všem, kteří v uplynulých letech přispěli k rozvoji mých znalostí a zkušeností v oblasti tématu mé disertační práce i v řadě dalších souvisejících oblastí. Z tohoto důvodu bych rád vyzdvihl osobu mého školitele, Prof. Ing. Stanislava Hosnedla, CSc., za jeho odborné a lidské vedení a upřímnou snahu předávat své odborné znalosti a celoživotní zkušenosti, zároveň děkuji za podporu své rodině během doktorského studia.

UPOZORNĚNÍ

Podle zákona o právu autorském č. 121/2000 Sb. a § 17 zákona o vysokých školách č. 111/1998 Sb. je využití a společenské uplatnění výsledků práce, včetně uváděných vědeckých a výrobně-technických poznatků, nebo jakékoliv nakládání s nimi možné pouze na základě autorské smlouvy za souhlasu autora, autorů citovaných prací a Fakulty strojní Západočeské univerzity v Plzni.

VYJÁDŘENÍ KE VZNIKU DISERTAČNÍ PRÁCE:

Předložená disertační práce vznikla v rámci projektu: SGS-2016-012 Komplexní podpora konstruování technických zařízení III. ZČU, Plzeň 1.4.2016 - 31.12.2018. Student je autorem Disertační práce z 100 %, což činí 5 % z celkového projektu.

Dále byly při tvorbě Disertační práce využity znalosti a zkušenosti z projektů, na jejichž řešení se student podílel během svého studia:

- projekt č. FR-TI3/751 Biometrické signály – jejich snímání, vyhodnocování a přenos ve zdravotnickém a pečovatelském prostředí. Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO)

- projekt GAČR 402/08/H051 – „Optimalizace multidisciplinárního navrhování a modelování výrobního systému virtuálních firem“

- projekt č. SGS-2016-012 Komplexní podpora konstruování technických zařízení II. ZČU, Plzeň, interní grant

Potvrzení o účasti studenta na těchto projektech je uvedeno v přihlášce k obhajobě disertační práce v příloze a).

Datum:

Podpis:

ANOTACE

AUTOR - STUDENT DSP	Příjmení vč. titulů **Ing. Dvořák**	Jméno **Josef**
STUDIJNÍ OBOR	**Stavba strojů a zařízení**	
ŠKOLITEL	Příjmení vč. titulů **prof. Ing. Hosnedl, CSc.**	Jméno **Stanislav**
PRACOVIŠTĚ ŠKOLITELE	**Katedra konstruování strojů Fakulta strojní, Západočeská univerzita v Plzni**	
DRUH PRÁCE	**Disertační práce**	
NÁZEV PRÁCE	**Teorie a metodika komplexní predikce a analýzy rizik konstruovaných technických produktů**	

Fakulta: Fakulta strojní
Katedra: Katedra konstruování strojů
Rok odevzdání: 2019

Počet stran (A4 a ekvivalentů A4)

Celkem	114		**Textová část**	114		**Grafická část**	0

STRUČNÝ POPIS ZAMĚŘENÍ, TÉMATU, CÍLŮ, POZNATKŮ A PŘÍNOSŮ PRÁCE	Disertační práce je zaměřena na problematiku predikce a analýzy rizik technických produktů v rámci jejich životního cyklu. Úvodní část obsahuje rešerši stavu poznání v oblasti životního cyklu produktu, rizik a metod predikce a analýzy rizik. Jako teoretická a metodická podpora pro metodiku predikcí rizik jsou uplatněny poznatky Engineering Design Science and Methodology (EDSM). Tyto poznatky jsou následně využity v další části disertační práce, která je věnována návrhu komplexní metodiky predikce rizik včetně ukázky jejího pilotního použití ve výuce a ve spolupráci s průmyslovými partnery. Závěrem je navržená metodika zhodnocena a jsou naznačeny směry dalšího výzkumu.
KLÍČOVÁ SLOVA	EDSM, Technický systém, riziko, příčina, následek, životní cyklus, riziková událost, bezpečnost

ANNOTATION

AUTHOR - DSP STUDENT	Surname, incl. ac. degrees **Ing. Dvořák**	Name **Josef**
FIELD of STUDY	**Design of Machines and Equipment**	
SUPERVISOR	Surname, incl. ac. degrees **prof. Ing. Hosnedl, CSc.**	Name **Stanislav**
INSTITUTION of SUPERVISOR	**Department of Machine Design Faculty of Mech. Engineering, University of West Bohemia**	
TYPE of WORK	**Dissertation**	
TITLE of WORK	**Theory and Methodology of Complex Risk Prediction and Analyses of Designed Technical Products**	

Faculty: Faculty of Mechanical Engineering
Department: Design of Machines and Equipment
Year of submission: 2019

Number of pages (A4 and A4 equivalents)

Total	114		**Textual part**	114		**Graphical part**	0

BRIEF DESCRIPTION of DIRECTION, TOPIC, GOALS, RESULTS and CONTRIBUTIONS of WORK	The dissertation thesis is focused on the risk prediction and analyses of designed technical products within their life cycle. The introductory part contains a review of the state of knowledge in the field of product life cycle, risk and methods of prediction and risk analysis of technical products. Engineering Design Science and Methodology (EDSM) is used as a theoretical and methodological support for risk prediction methodology. These findings are then summarized and another part of the dissertation is devoted to the design of a complex methodology of risk prediction including demonstration of its pilot use in education and in cooperation with industrial partners. Finally, the proposed methodology is evaluated and directions of further research are indicated.
KEY WORDS	EDSM, Technical system, risk, cause, consequence, life cycle, risk event, safety

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ 3
SEZNAM TABULEK 4
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK 5
1. Úvod 6
1.1 Motivace pro výzkum v oblasti predikce a analýzy rizik 8
2. Teorie a metodika konstruování 13
2.1 TTS v EDSM 13
2.2 Technický produkt v TTS 15
2.3 Obecný model Transformačního systému 15
2.4 Heterogenní technický produkt 16
2.5 Vlastnosti technických produktů 18
2.6 Taxonomie vlastností technických produktů 19
2.7 Konstrukční struktury 22
2.8 Životní cyklus produktu 24
2.9 Obecný model postupu konstruování na bázi TTS 29
3. Teoretická a metodická východiska predikce a analýzy rizik 32
3.1 Základní teoretické pojmy v oblasti predikce rizik 32
3.2 Členění rizik 34
3.3 Metody predikce rizik technických produktů a jejich členění 42
3.4 Shrnutí poznatků 57
4. Shrnutí teoreticko-metodických poznatků 59
4.1Stanovení cíle disertační práce 60
4.2 Stanovení hypotéz pro dosažení cíle disertační práce 62
4.3 Předpokládané přínosy disertační práce 62
5. Návrh teorie a metodiky predikce a analýzy rizik s využitím EDSM 63
5.1 Teorie a metodika predikce a analýzy rizik 63
5.2 Taxonomie příčin R|E/S| 66
5.3 Taxonomie nositelů R|E/S| 70
5.4 Relace základních metodik analýzy bezporuchovosti a bezpečnosti TS(s) s navrženou teorií a metodikou komplexní predikce a analýzy R|E/S| 76
5.5 Predikce rizik s využitím matematicko-statistických metod a podobnosti 79
6. Pilotní ověření metodiky ve výuce 84
6.1 Elektricky poháněné přídavné zařízení vozíků pro tělesně postižené 84
6.2 Dopravník kusového odpadu v oblasti recyklace 85
6.3 Smart lavička 86

7 Uplatnění, verifikace a validace metodiky v průmyslové praxi 88
7.1 Navíječka kabelů 88
7.2 Vratná stanice dopravníku 91
7.3 Odmašťovací stroj 93
8. ZÁVĚREČNÉ HODNOCENÍ 95
8.1 Naplnění hypotéz disertační práce 97
8.2 Vize pro další výzkum 98
9 SEZNAM INFORMAČNÍCH ZDROJŮ 99
10 SEZNAM PUBLIKOVANÝCH PRACÍ DOKTORANDA 106
11 DALŠÍ TVŮRČÍ ČINNOST DOKTORANDA 111
Přílohy i

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.1-1 Detailní pohled na řez SRB 8
Obr.1-2 Simulace letové dráhy letu TWA 9
Obr.1-3 3D rekonstrukce Boeingu 747 společnosti TWA 9
Obr.1-4 Umístění palivové nádrže Boeingu 747 10
Obr.1-5 Elektroinstalace v Boeingu 747 10
Obr.1-6 Dva typy umělého horizontu 11
Obr.2-1 Základní struktura „mapy“ EDSM na bázi Teorie technických systémů 14
Obr.2-2 Obecný model Transformačního systému s Transformačním procesem 15
Obr.2-3 Generické složky heterogenního technického produktu 17
Obr.2-4 Princip definice stavu vlastností 18
Obr.2-5 Reflektované vlastnosti technických produktů 19
Obr.2-6 Vkonstruované vlastnosti technických produktů 20
Obr.2-7 Obecný hierarchický systém technického produktu 20
Obr.2-8 Stanovení, predikce a projevení vlastnosti TS v životním cyklu 21
Obr.2-9 Konstrukční struktury v TTS 22
Obr.2-10 Stavební struktura technického produktu 23
Obr.2-11 Tradiční pojetí životního cyklu s ohledem k lokalizacím jednotlivých etap 24
Obr.2-12 Životní cyklus technického systému jako série TrfP a příslušných TrfS 25
Obr.2-13 Model životního cyklu z pohledu PLM v oblasti CA technologií 27
Obr.2-14 Manažerské pojetí životního cyklu technického produktu 28
Obr.2-15 Model životního cyklu produktu z pohledu environmentálního managementu 29
Obr.2-16 Strategické základní operace obecného modelu postupu řešení konstr. úkolu 31
Obr.3-1 Hierarchie členění rizik projektu 37
Obr.3-2 Hierarchie členění technických rizik 37
Obr.3-3 Směrodatná odchylka 41
Obr.3-4 Vývojový diagram postupu řízení technických rizik 42
Obr.3-5 Odhad velikosti rizika a matice rizik 45
Obr.3-6 Dílčí aplikace metody FTA 46
Obr.3-7 Dílčí aplikace metody ETA 47
Obr.3-8 Postup metody CCA a dílčí aplikace metody 48
Obr.3-9 Členění technickcých produktů na nižší úrovně 49
Obr.3-10 Příklad hierarchického členění technického produktu 50
Obr.3-11 Dílčí aplikace metody FMEA 52
Obr.3-12 Postup metody HAZOP 53
Obr.3-13 Příklad záznamu ve studii HAZOP 53
Obr.3-14 Příklad klasifikace F&EI skóre pomocí indexů rizika 55
Obr.4-1 Příklad záznamu analýzy bezporuchovosti bez stanovení příčin 60
Obr.4-2 Příklad provedení formální predikce a analýzy rizik z průmyslu 61
Obr.5-1 Modelový případ výskytu rizikových situací a jejich příčin a následků 63
Obr.5-2 Základní schéma modelu postup predikce rizik technického produktu 64
Obr.5-3 Hierarchické uspořádání složitého technického produktu 64
Obr.5-4 Model postupu predikce a analýzy R|E/S| složitého technického produktu 65
Obr.5-5 Model metody Ishikawa pro identifikaci potenciálních příčin vzniku R|E/S| 66
Obr.5-6 Členění příčin rizika na základě zdrojů příčin I 66
Obr.5-7 Členění příčin rizika na základě zdrojů příčin II 67
Obr.5-8 Členění příčin rizika na základě zdrojů příčin III 67

Obr.5-9 Členění příčin rizika na základě zdrojů příčin IV 68
Obr.5-10 Mapa znalostní teoreticky podležené podpory taktiky hledání příčin R|E/S| s teoreticky podloženou znalostní podporou EDSM v etapách životního cyklu 70
Obr.5-11 Teorií podložená mapa oblasti predikce a analýzy R|E/S| v etapách LC TS(s) pro objektový systém TS(s) 71
Obr.5-12 Teorií podložená mapa oblasti predikce a analýzy R|E/S| v etapách LC TS(s) pro objektový systém TS(s) & ∑HuS 72
Obr.5-13 Teorií podložená mapa oblasti predikce a analýzy R|E/S| v etapách LC TS(s) pro objektový systém TS(s) & ∑TS 73
Obr.5-14 Teorií podložená mapa oblasti predikce a analýzy R|E/S| v etapách LC TS(s) pro objektový systém TS(s) & ∑Env 74
Obr.5-15 Teorií podložená mapa oblasti predikce a analýzy R|E/S| v etapách LC TS(s) pro objektový systém TS(s) & ∑IS 75
Obr.5-16 Teorií podložená mapa oblasti predikce a analýzy R|E/S| v etapách LC TS(s) pro objektový systém TS(s) & ∑MgtS 76
Obr.5-17 Teorií podložená mapa oblastí pro taktiku predikce a analýzy R|E/S| objektového systému: TS(s) dle [ČSN EN 60812, 2007] 77
Obr.5-18 Teorií podložená mapa oblastí pro taktiku predikce a analýzy R|E/S| objektového systému: TS(s)&∑HuS podle [ČSN ISO EN 12100, 2011]) 78
Obr.5-19 Indikátory vkonstruovaných vlastností jako měřitelné parametry 80
Obr.5-20 Grafické vyjádření korelací parametrů 81
Obr.5-21 Grafické znázornění výsledků pro spojitou databázi prvků 83
Obr.5-22 Grafické znázornění výsledků pro nespojitou databázi prvků 84
Obr.6-1 Elektricky poháněné přídavné zařízení vozíků pro tělesně postižené 84
Obr.6-2 Elektricky poháněné přídavné zařízení vozíků pro tělesně postižené II 85
Obr.6-3 Dopravník kusového odpadu v oblasti recyklace 85
Obr.6-4 Inteligentní vybavení pro odpočinek v interiérech budov smart city 86
Obr.6-5 Aplikace metodiky ve výuce - Dopravník do čistého prostředí 87
Obr.7-1 Navíječka kabelů výrobní společnosti SOFIS Plus 88
Obr.7-2 Predikce a analýza bezpečnosti - Navíječka kabelů 89
Obr.7-3 Predikce a analýza bezporuchovosti - Navíječka kabelů 90
Obr.7-4 Predikce a analýza bezpečnosti - Vratná stanice dopravníku 91
Obr.7-5 Predikce a analýza bezporuchovosti - Vratná stanice dopravníku 92
Obr.7-6 Predikce a analýza bezpečnosti - Odmašťovací stroj 93
Obr.7-7 Predikce a analýza bezporuchovosti - Odmašťovací stroj 94

SEZNAM TABULEK

Tab.3-1 Členění rizik podle věcné podstaty 37
Tab.3-2 Skupiny členění rizik 37
Tab.3-3 Možnosti vyjádření následků rizika 38
Tab.3-4 Příklad vyjádření subjektivní pravděpodobnosti 40
Tab.3-5 Analýza environmentálního rizika 57
Tab.3-6 Vhodnost použití metod predikce rizik pro jednotlivé etapy životního cyklu 58
Tab.5-4 Koeficient korelace pro vkonstruované vlastnosti – cena (lineární průběh) 80
Tab.5-5 Koeficient korelace pro vkonstruované vlastnosti – cena (skokový průběh) 80
Tab.5-6 Srovnání skutečných a predik. cen ložisek pro spojitou databázi hodnot 82
Tab.5-7 Srovnání skutečných a predik. cen ložisek pro nespojitou databázi hodnot 83

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AREnv	Aktivní a reaktivní okolí
C	Náklady
CA	Computer aied
CAD	Computer-aided design
DesP	Konstrukční proces
DiSP	Disertační práce
DfX	Design for X (konstruování se zaměřením na třídu vlastností TS)
E	Energie
EDS	Engineering design science
EDSM	Engineering design science and methodology
FMEA	Analýza možného výskytu a vlivu vad
GMPD	Obecný model postupu konstruování
HuS	Člověk a ostatní živé bytosti
HW	Hardware
IS	Informační systém
KKS	Katedra konstruování strojů
LC	Životní cyklus
MDesP	Metodika konstrukčního procesu (Metodika konstruování)
MgtS	Manažerské systémy – řídicí informace pro TrfS(operátor TrfS)
NTSB	Národní rada pro bezpečnost dopravy
O	Odhalitelnost
P	Pravděpodobnost
P(Bi)	Pravděpodobnost apriorní
PoX	Predikce se zaměřením na třídu vlastností X
PoR	Predikce rizik
R	Riziko
R|E/S|	Riziková situace/událost
RPN	Risk priority number
S	Závažnost
SW	Software
SbR	Similarity based Reasoning
T	Čas, doba pobytu
TDesSp	Teorie konstrukčních systémů se zaměřením na procesy (postupy)
TDesSs	Teorie konstrukčních systémů se zaměřením na jejich struktury(syntax)
TrfS	Transformační systém (umělý)
TS	Technický systém
TS(s)	Technický systém -„subjektivizovaný technický systém
TTS	Teorie technických systémů
TTSs	Teorie technických systémů se zaměřením na jejich struktury („syntax“)
TTSp	Teorie technických systémů se zaměřením na procesy („postupy“)
ZKM	Systémové navrhování technických produktů

1. Úvod

Pod termínem konstruování si lze představit klíčový proces, v rámci životního cyklu (nejen) technického produktu, jako významnou syntetizující tvůrčí odbornou činnost, jejíž výstupy zásadně ovlivňují úspěšnost národního hospodářství, stav životního prostředí, spokojenost, technickou vyspělost společnosti, zdraví i životy nás všech. Jedná se o činnost, jejíž výstupy odrážejí odborné znalosti z řady obecných i speciálních vědních disciplín, pokrok, inovace, využití tvůrčího potenciálu člověka a schopnost jejich realizace v podobě návrhu technických produktů s vysokou přidanou hodnotou.

Nároky na zlepšování kvality technických produktů v souladu s [ČSN EN ISO 9000, 2015] a na zkracování jejich životního i inovačního cyklu se v dnešní společnosti nejen díky faktoru globalizace neustále zvyšují. Následkem toho trvale rostou i požadavky na výrazné zlepšování kvality, snižování výrobních nákladů, zkracování dodacích termínů a tím pádem, zkracování procesu samotné etapy konstruování, jehož výstupy ovlivňují nejen funkci či tvar technických produktů, ale mají rovněž zásadní význam na jejich užitnou kvalitu, použití materiálů, výrobní náklady či dodací termíny. Pokud konstruktér „konstruuje“, dává budoucímu technickému produktu nejen tvar a funkce, ale prakticky „konstruuje“ také všechny jeho ostatní vlastnosti vůči okolí včetně jeho celoživotních nákladů [Hundal 1997]. Konstruování je tedy klíčovou etapou životního cyklu technického produktu, kterou je nutné kontinuálně zefektivňovat nejen s podporou znalostního managementu s využitím nových poznatků, metodik či nástrojů tvořící paralelní konstrukční činnosti, a to jak pro vlastní proces konstruování, tak jejich implementací z ostatních procesů životního cyklu technického produktu.

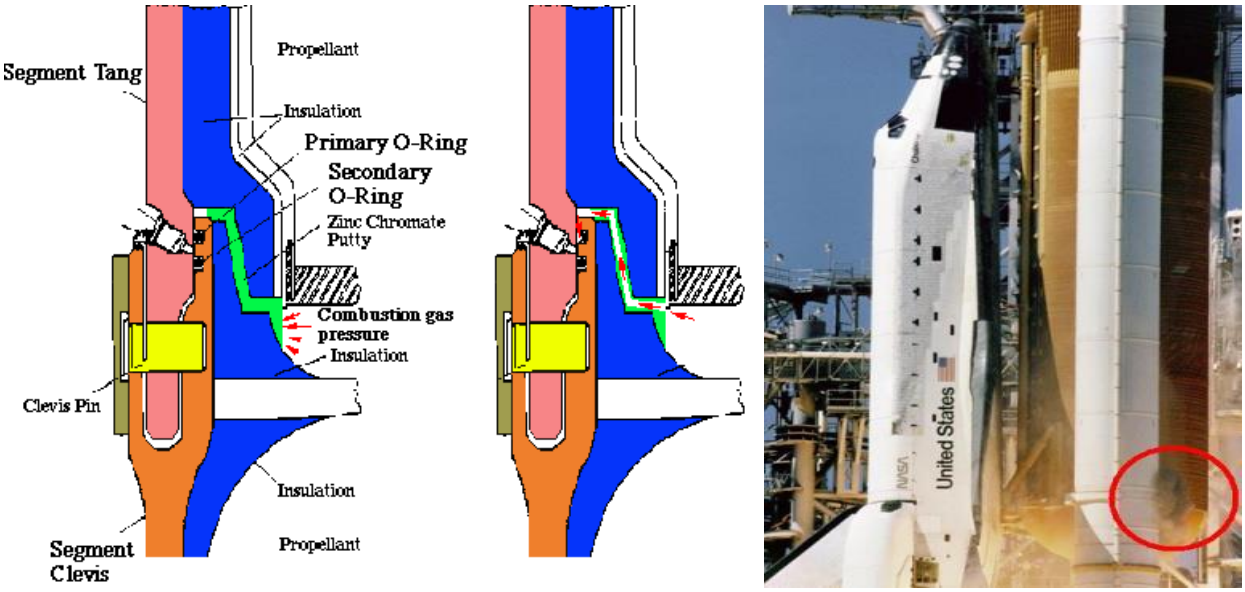
Nezbytným předpokladem kvalitního konstruktéra je schopnost predikce a analýzy budoucích vlastností navrhovaného technického produktu, ze kterých vyplývají konkurenční výhody a nevýhody (silné a slabé stránky). Při predikcích a analýzách vlastností, kvality a konkurenceschopnosti technického produktu se objevuje další, v dnešní době často diskutovaná oblast, a tím jsou potenciální rizika technických produktů. Setkáváme se s nimi každý den nejen v profesním životě, ale i v osobním životě. Přítomnost potenciálních rizik je objektivním faktem. Cílem konstrukčních činností je návrh „bezvadného“ technického produktu, který by měl respektovat přání zákazníka, ale zároveň by měl být „dostatečně“ bezpečný a měl by obecně předcházet výskytu všech potenciálních rizikových situací [Hales 2001]. V osobním životě se s riziky většinou vypořádáváme intuitivně. Mezi typické vlastnosti českých konstruktérů patří úžasná schopnost improvizace a intuitivní pohotovosti při řešení problémů, mezi negativní vlastnosti patří zejména nesystematičnost, neorganizovanost a laxnost. V profesní sféře je však intuitivní přístup vypořádání se s potenciálními riziky zcela nedostatečný a rizika je potřeba řídit nebo dokonce ovládat organizovaně a zejména systematicky. V poslední době je této problematice přikládán stále větší význam, tento trend umocňuje výskyt nehod, které mohou mít často mezinárodní dopad, kupříkladu na životní prostředí nebo na přímé ztrátě na lidských životech. Rizika je potřeba chápat nejen jako čistě negativní události, situace či hrozby,

ale také jako významné indikátory v podobě příležitostí (pokud budou v případě vhodné eliminace rizik včas odhaleny), které mohou být využity nejlépe k diskontinuálnímu zdokonalování technických produktů, a tím pádem k upevňování pozice výrobce těchto produktů na trhu. Rizika se mnohdy bohužel začínají uvažovat seriózně až v situacích, kdy se vypořádávají jejich mnohdy fatální a v krátkodobém horizontu jejich prakticky neodstranitelné následky.

1.1 Motivace pro výzkum v oblasti predikce a analýzy rizik

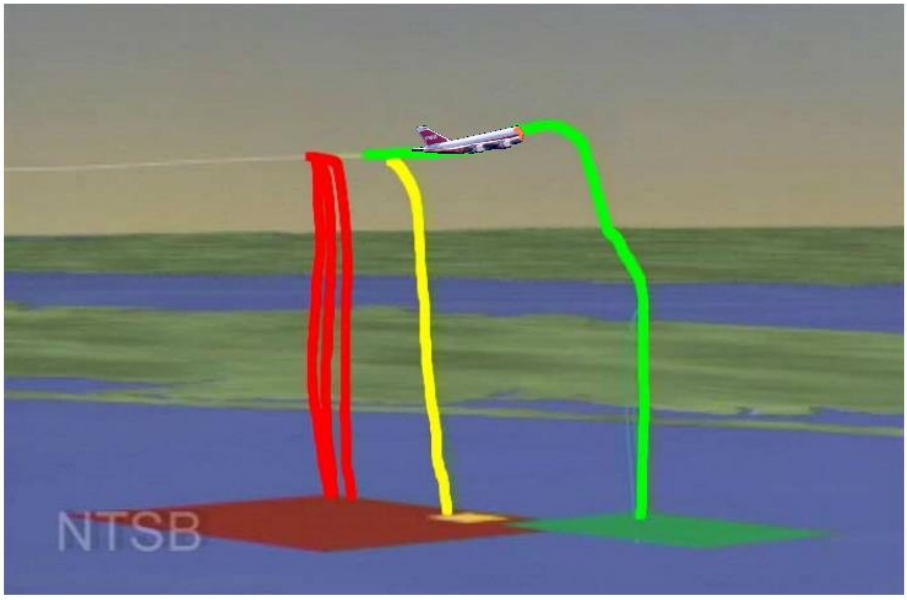
Motivací pro výzkum v oblasti predikce a analýzy rizik technických produktů jsou pro autora DiSP mimo jiné věřejnosti známá závažná selhání technických produktů a především následky těchto selhání, které ovlivnily život milionům lidí na naší planetě [Hales 1993], z nichž některé jsou uvedeny a stručně popsány v této podkapitole.

V roce 1986 např. došlo krátce po startu k havárii raketoplánu Challenger v Kennedyho vesmírném středisku v USA. Na základě následného vyšetřování bylo zjištěno, že příčinou havárie bylo mimo jiné selhání pryžového těsnění na jednom z pomocných raketových pohonů (Space shuttle rocket booster - SRB) [NASA 1986]. Skutečných souběžných příčin však bylo více, SRB byl dopravován na místo startu raketoplánu v segmentech spojených ocelovými čepy, kdy vůle v těchto segmentech byly utěsněny kaučukovými kroužky a speciálním tmelem na bázi $ZnCrO_4$, který byl plněn práškovým azbestem viz. V průběhu dopravy raketoplánu na místo startu pak došlo k poškození segmentu pravého motoru SRB, jeho kruhovitost vykazovala odchylku lokálně až 15 mm. Jeho tvar byl následně bez důsledné kontroly deformován do původního předepsaného tvaru. Podíl této úpravy SRB na havárii není přímo v závěrečné zprávě NASA určen, ale předpokládá se, že je jednou z dílčích příčin havárie, na které se také významně podílela velmi nízká teplota, až -17 °C. Těsnící kroužky v důsledku této teploty zásadně ztratily pružnost a vznikla netěsnost, kterou prošel plamen viz. Obr. 1-1. Ten porušil spoj motoru SRB s externí nádrží a povolený motor SRB pak tuto nádrž prorazil a způsobil výbuch uvolněných plynů, který si následně vyžádal život všech členů posádky, událost byla detailně popsána v [NASA 1986] nebo [Jenab & Moslehpour 2016].



Obr. 1-1 Detailní pohled na řez SRB s naznačeným průběhem vzniku netěsnosti a postupem plynu (vlevo), místo poruchy SRB motoru indikující poruchu (vpravo) [NASA 1986], [Jenab & Moslehpour 2016]

V roce 1996 kupříkaldu došlo k tragické havárii Boeingu 747 společnosti TWA při letu z New Yorku do Paříže, při kterém přišli o život všichni účastníci letu. Krátce po vzletu došlo k explozi a odlomení přídě letadla, které se následně věhem několika desítek vteřin zřítilo do moře viz. Obr. 1-2.

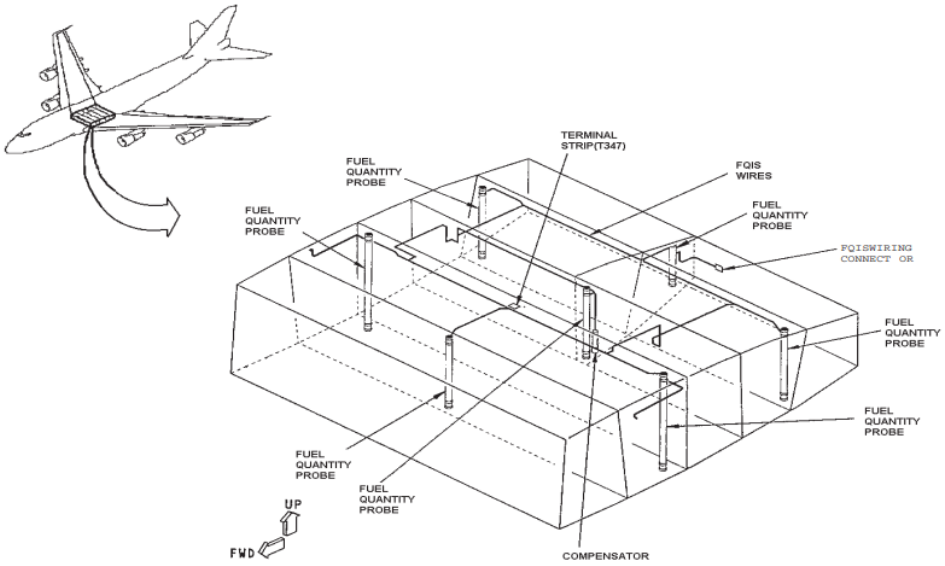


Obr. 1-2 Simulace letové dráhy letu TWA, červeně je znázorněno místo první exploze části palivové nádrže, žlutě trajektorie pádu přední části a zeleně trajektorie pádu trupu letadla [NTSB 1986]

Po detailní analýze trosek letadla se podařilo určit, že se nejprve od letadla oddělil hlavní nosník z centrální palivové nádrže. Na základě ožehnutí části trosek bylo zjištěno, že k výbuchu došlo uvnitř palivové nádrže letadla. Vyšetřovatelský tým NTSB následně celé letadlo rekonstruoval viz. Obr. 1-3.

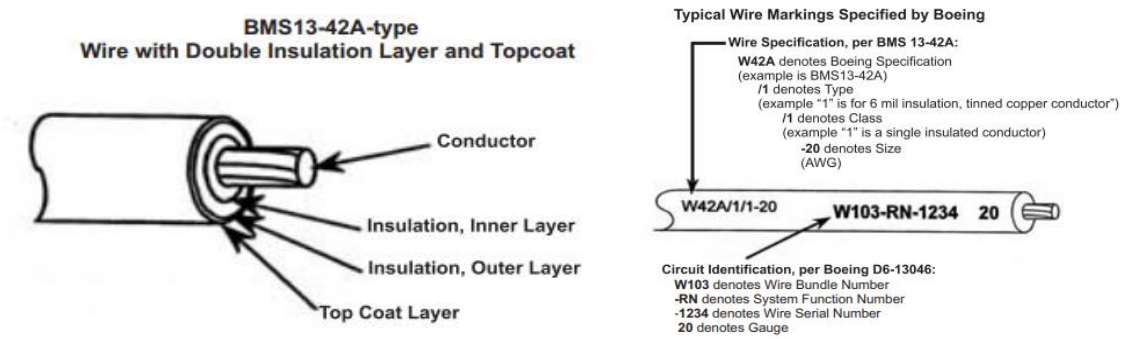
Obr. 1-3 3D rekonstrukce Boeingu 747 společnosti TWA [NTSB 1986]

Při vyšetřování se podařilo prokázat hypotézu vyšetřovatelů, že palivo bylo v době letu hořlavé, ačkoli výrobce letadel avizoval, že se palivo v křídelních nádržích nemůže na bod vznícení nikdy ohřát. Bylo prokázáno, že na teplotu paliva měla vliv činnost klimatizačních jednotek, které byly umístěny přímo pod palivovými nádržemi viz. Obr. 1-4. V důsledku nepřetržitého provozu klimatizačních jednotek došlo k ohřátí teploty paliva nad bod vznícení tj. na takovou míru, že se začalo odpařovat a vytvářet výbušnou směs se vzduchem.



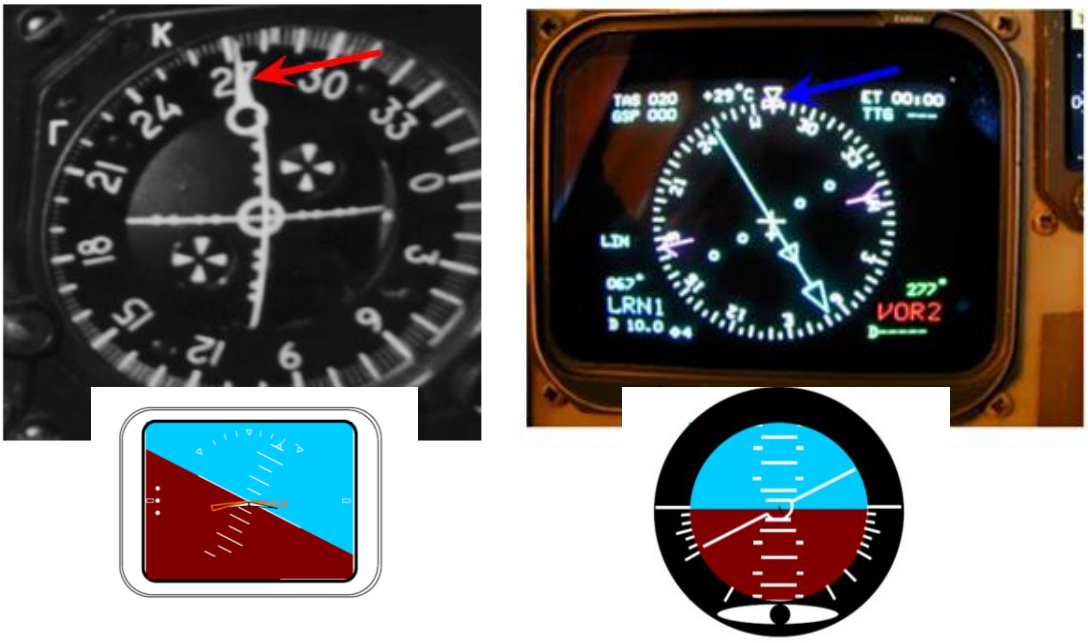
Obr. 1-4 Umístění palivové nádrže v křídelní části letadla Boeingu 747 [NTSB 1986]

Na základě rekonstrukce letu bylo zjištěno, že na výbuchu měl podíl zkrat v elektroinstalaci letadla. Kabely elektroinstalace měly totiž popraskanou a místy poškozenou izolaci. Dalším zjištěním bylo, že vysokonapěťové kabely vedly v jednom svazku s nízkonapěťovými kabely viz. Obr. 1-5. Některé z nich byly v natolik špatném stavu, že mohly způsobily zkrat a vyslat impuls vysokého napětí k palivovému čidlu uvnitř centrální nádrže, následovala fatální exploze. V závěrečné zprávě NTSB bylo doporučeno, aby všechna letadla Boeing 747 podstoupila revizi elektroinstalace. Také byly rovněž navrženy úpravy konstrukce, včetně umístění izolace mezi palivové nádrže a klimatizační jednotky.



Obr. 1-5 Elektroinstalace v Boeingu 747 [NTSB 1986]

V lednu 2000 došlo k havárii letadla společnosti CrossAir při letu z Curychu do Drážďan, která si vyžádala život všech pasažérů a členů posádky. Na základě oficiální zprávy vyšetřovatelů byla havárie způsobena chybou posádky, kdy došlo k nedodržení leteckých předpisů posádky v kombinaci s užíváním léků hlavního pilota. Další kritickou příčinou nehody se ukázala konstrukce umělého horizontu (gyroskopický přístroj, který zobrazuje skutečnou vodorovnou rovinu bez ohledu na dynamické síly, působící na letadlo), kdy hlavní pilot ztratil prostorovou orientaci. Hlavní pilot byl proškolen na opačný způsob vizualizace úhlu natočení letadla vůči vodorovné rovině.



Obr. 1-6 Dva typy umělého horizontu [AAIB 2002]

V prosinci 1984 v indickém městě Bhópál došlo zřejmě k největší průmyslové katastrofě, při které došlo k úniku smrtelně jedovatých chemických látek z chemického závodu. Do reaktoru vnikla během údržbářských prací voda a v důsledku chemické reakce, kterou vniknutí vody vyvolalo, do okolí uniklo asi 40 tun kyanovodíku a dalších chemických látek. O život přišlo nejméně 3000 lidí a na následky havárie přišlo o život následně ještě několik desítek tisíc lidí. Obdobným haváriím se nevyhnula ani Evropa, v roce 1974 došlo k havárii ve Flixborough (Velká Británie), způsobenou netěsností reaktoru, za hlavní příčinu byla určena netěsnost v propojovacím potrubí mezi reaktory. V roce 1978 došlo k úniku nebezpečné látky tetrachlordibenzoparadioxinu z reaktoru v italském městě Seveso. Všechny tyto tři havárie však v konečném součtu přispěly ke zvýšené bezpečnosti v chemickém průmyslu přijetím klíčové legislativy v oblasti životního prostředí například [Seveso III]. V dubnu roku 1986 došlo k nejhorší jaderné havárii v sovětské jaderné elektrárně v Černobylu. Nehodu způsobila jednak nevyhovující konstrukce elektrárny, zejména bezpečnostních opatření, spolu s

nebezpečným zátěžovým pokusem, během kterého bylo porušeno postupně několik nařízení a bezpečnostních postupů. V odborné literatuře je zmíněno velké množství analýz poruch v průmyslovém strojírenství, spotřebitelských produktů či dopravních a manipulačních zařízení, kupříkladu [Sasiadek&Babierecki 2014], [Jirota 2017] a analýz bezpečnosti [Barnett&Brickman 1988], [Procházková 2017]. Ve výčtu obdobných nehod a havárií lze dále pokračovat, na základě analýz případů z odborné literatury lze konstatovat, že k rizikovým událostem dochází zpravidla kombinací výskytu alespoň dvou a více na sobě nezávislých příčin a následnému řetězení událostí. Technické produkty, se kterými se na trhu setkáváme jsou většinou na vysoké technické úrovni a v důsledku zpřísňující se legislativy mj. [Zákon č. 102/2001 Sb.], mají rovněž vysoké bezpečnostní parametry, zejména však pouze pro etapu jejich provozu, na následující či předcházejícíc etapy jejich životního cyklu není obvykle brán zřetel. Největším bezpečnostním rizikem je většinou samotný uživatel technických produktů, člověk.

2. Teorie a metodika konstruování

V odborné literatuře je publikována řada strategických postupů metodické podpory řešení konstrukčního návrhu technických produktů (dále označovaných jako technické systémy – TS) individuálně hierarchicky členěných do konstrukčních fází a operací. Z historických i řady dalších důvodů mají tyto metodiky rozdílné názvy. V komplexním pojetí Engineering Design Science and Methodology (EDSM) [Hubka&Eder 1996] ⇒ [Eder&Hosnedl 2010] jsou nazývány jako modely postupu konstruování, z nichž nejznámější jsou zejména [Pahl&Beitz (1995), 2007], [Roth 1994], [Roozenburg&Eekels 1995] apod., případně i jako směrnice, např. [VDI-2221 1986], [BS-7000 1989]. Ty mají prakticky výhradně instruktivní charakter založený na systematickém popisu konstrukčních procesů a jejich částí. Modely postupu konstruování je však nutné posuzovat podle úrovně znalostní podpory. Jako nejefektivnější se proto v současném období osvědčil model postupu konstruování (GPMD) EDSM podložený teorií technických systémů (TTS) , zejména teorií vlastností a struktur TS a teorií konstrukčního procesu. Tento model postupu je díky tomu systematický, transparentní, otevřený i kompatibilní (obvykle po nezbytné terminologické harmonizaci) i s ostatními uvedenými a dalšími modely postupu konstruování (na všech úrovních znalostní podpory vč, zcela nezbytných intuitivních i ryze heuristických), což přináší významné, jinak nerealizovatelné synergické efekty. GMPD se pro řešení konkrétního konstrukčního úkolu konkretizuje na plán postupu podle konstrukční situace a finálně až na individuální způsob postupu podle osobních vlastností, znalostí a zkušeností konkrétního konstruktéra [Hubka&Eder 1996] ⇒ [Eder&Hosnedl 2010]. Přesto však má výsledná dokumentace konstrukčních návrhů TS díky GPMD na bázi EDSM stále shodnou strukturu, což je základem dosud jiným způsobem nerealizovatelných přirozeně aktualizovaných databází pro znalostní management vývoje dalších TS.

2.1 TTS v EDSM

Cílem Engineering design science and methodology (EDSM) je systematické uspořádání teoretických a metodických poznatků o technických produktech/systémech a jejich konstruování pro výzkum, výuku a praxi. Cílem EDSM je poskytnutí uceleného systematického přehledu, „mapy“, poznatků a metod o objektech, procesech a jejich vazbách, které proces konstruování ovlivňují. „Mapy“, poznatků na bázi EDSM mohou být při vhodné aplikaci cíleně využity pro základ knowledge managementu společnosti. EDSM proto v mezích daných možností umožňuje:

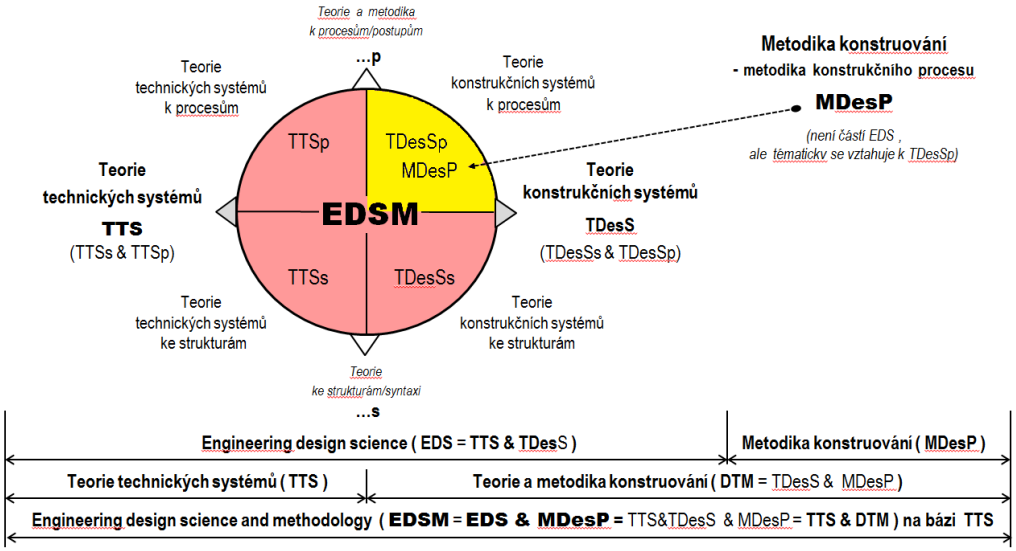
- seznámit se s racionálními poznatky a metodami pro konstruování a tvořivě a efektivně je využívat a dále rozvíjet
- analyzovat a predikovat přitom i mimořádné situace vč. rizikových událostí/situací

Základní struktura → "mapa" poznatků EDSM, viz Obr. 2-1, je členěna do čtyř základních oblastí:

- Teorie technických systémů (Theory of Technical System) ke strukturám (s) – TTSs
- Teorie technických systémů k procesům (p) – TTSp
- Teorie konstrukčních systémů ke strukturám (s) – TDesS
- Teorie konstrukčních systémů k procesům (p) – TDesP, a Metodika konstrukčního procesu– MDesP

Na uvedeném pojetí EDSM [Hosnedl 2002 => 2016] prezentovaném v [Hubka&Eder 1996] je významná komplexnost a logická provázanost teoretických i metodických poznatků o a pro konstruování včetně vnějších návazností na další procesy spadající do integrovaného vývoje (TS). Tato logická provázanost je podpořena i provázaností terminologickou (v češtině, angličtině a němčině). Ostatní známé světové „školy" např. Design theory and methodology (DTM) jsou převážně soustředěny jen na dílčí oblasti EDSM, zejména na oblast instruktivních metodických postupů při konstruování (vč. VDI 2221, BS 7000 a další), tj. pouze metodickou část obsahu (horního ⇧ pravého ⇨) „kvadrantu" (MDesP). To snižuje jejich komplexnost a tím také na rozdíl od EDSM jejich kompatibilitu jak s teoretickými tak praktickými poznatky a metodami na všech stupních znalostní podpory konstruování.

Předložená DiSP využívá zejména oblasti TTSs a TDesP včetně MDesP. TTSs obsahuje potřebné teoretické poznatky o technických produktech jako takových, chápaných jako technické systémy (TS), o jejich vlastnostech (embedded - vkonstruovaných, reflected – reflektovaných), taxonomii těchto vlastností a o strukturách TS. TDesP včetně MDesP obsahuje teoretické pznatky a metodiku konstrukčního procesu s využitím poznatků uvedených v celé TTS. Obě tyto oblasti jsou stručně popsány v dalších podkapitolách. Detailnější informace o EDSM lze nalézt v následujících odborných publikacích [Hubka&Eder 1988], [Hubka&Eder 1996], [Eder&Hosnedl 2008], [Eder&Hosnedl 2010], [Eder&Hosnedl 2019]. Školitel autora DiSP je významným odborníkem v EDSM, který konkrétně oblast EDSM resp.TTS desítky let usilovně rozvíjí.



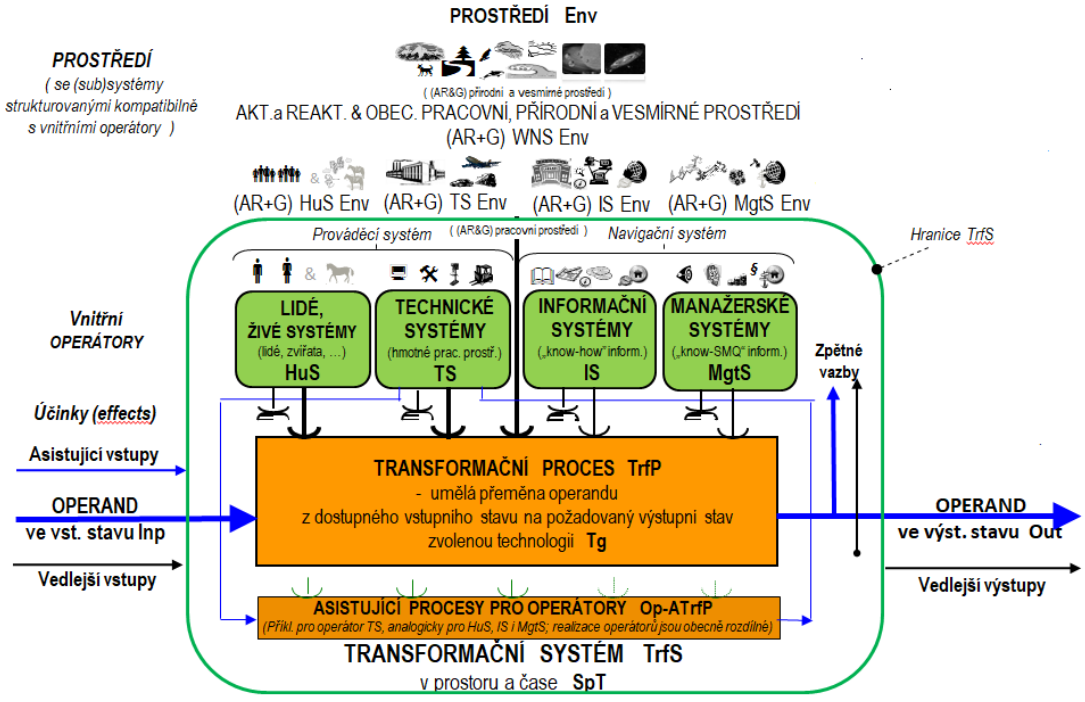
Obr. 2-1 Základní struktura „mapy" EDSM na bázi TTS [Hosnedl 2019]

2.2 Technický produkt v TTS

O úspěšnosti výrobních společností na vysocekonkurencechopném globalizovaném trhu rozhodují mimo jiné technické produkty, které společnost na trhu nabízí. Ve strojírenském odvětví je převážně označujeme jako technické produkty. Produkt dle [ČSN EN ISO 9000, 2015] je výstup organizace (tj. výsledek procesu jako souboru vzájemně provázaných nebo vzájemně působících činností, které přeměňují vstupy na výstupy). Příkladem takovéhoto produktu může být kniha, počítačový software, pečivo aj. Technický produkt je produkt s dominantním inženýrským obsahem [Eder&Hosnedl 2010]. Příkladem technického produktu může být obráběcí stroj, dopravní prostředek, mobilní telefon aj. Technický produkt je v terminologii EDSM chápán jako technický systém (TS) ve všech jeho nehmotných i hmotných formách vyskytujících se v etapách jeho životního cyklu [Hosnedl 2017].

2.3 Obecný model Transformačního systému

Základním teoretickým stavebním modulem, který vychází z Teorie technických systémů ke strukturám [Hubka&Eder 1988, aj.] je model (umělého) transformačního systému (TrfS) s transformačním procesem (TrfP) – viz. Obr 2-2. Tento model obecně vyjadřuje, že každá činnost (např. technologická operace Tg) je přeměnou (transformací) transformovaného objektu, označeného jako OPERAND v určitém vstupním stavu na OPERAND v požadovaném stavu na jeho výstupu, která je docílena přímým nebo zprostředkovaným působením účinků OPERÁTORů, tj. účinků lidí (HuS), technických systémů (TS), aktivního a reaktivního prostředí (AREnv), informačního systému (IS) a manažerského systému (MgtS) na přeměňovaný OPERAND.



Obr. 2-2 Obecný model Transformačního systému (TrfS) s Transformačním procesem (TrfP) [Hosnedl 2019]

Vzhledem a analogické struktuře TrfS, AREnv a GEnv lze definovat komplexní zobecněné OPERÁTORY [Hosnedl 2019]:

HuS = HuS & AR HuS Env & G HuS Env - člověk a ostatní živé bytosti & aktivní a reaktivní okolí operátora člověk a ostatní živé bytosti & obecné obecné prostředí operátora člověk a ostatní živé bytosti

TS = TS & AR TS Env & G TS Env - technické systémy & aktivní a reaktivní okolí operátoru technický systém & obecné prostředí operátoru technický systém

Env = AR WNS Env & G WNS Env - aktivní a reaktivní pracovní, přírodní a vesmírné prostředí & obecné pracovní, přírodní a vesmírné prostředí

IS = IS & AR IS Env & G IS Env - informační systémy & aktivní a reaktivní okolí operátoru informační systém & obecné prostředí operátoru informační systém

MgtS = MgtS & AR MgtS Env & G MgtS Env - manažerské systémy & aktivní a reaktivní okolí operátoru manažerský systém & obecné prostředí operátoru manažerský systém

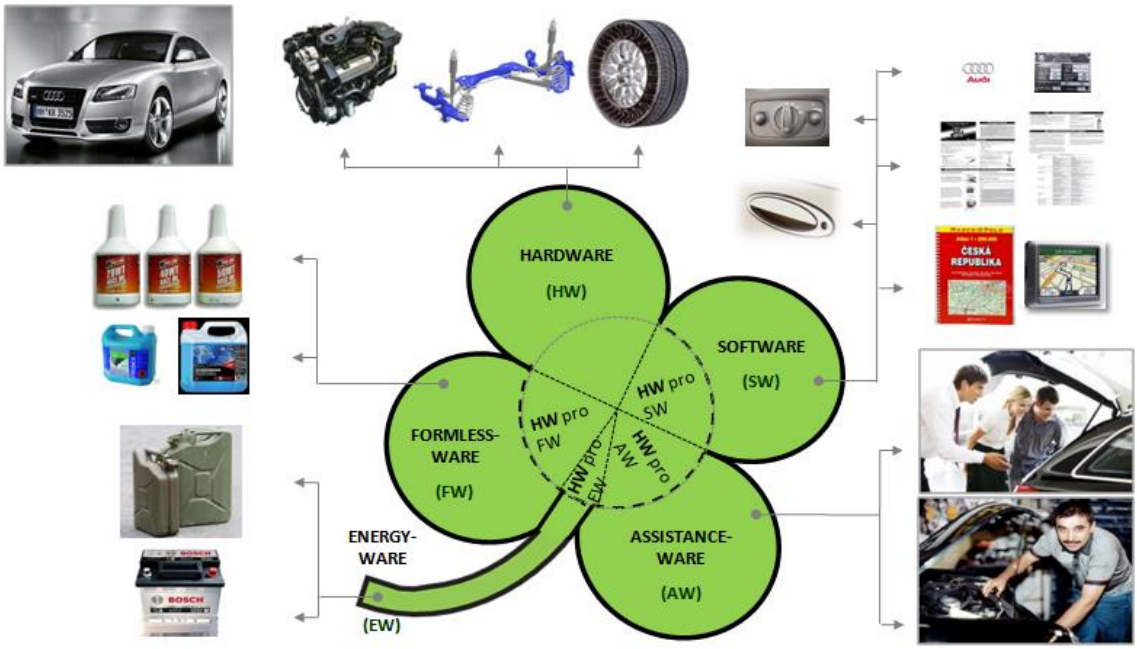
Aktivní&reaktivní prostředí (AR Env) se týká pouze účinků, ne R|E/S|, proto zde musí být navíc uvažované i Obecné prostředí (G Env) [Hosnedl 2019].

2.4 Heterogenní technický produkt

Technický produkt je chápán jako technický systém (TS), a to ve všech jeho vývojových fázích, nehmotných i hmotných formách vyskytujících se v etapách jeho životního cyklu, který obsahuje všechny níže uvedené generické složky TS v komplexním pojetí EDS. Z důvodu zjevné heterogenity těchto složek je označován jako heterogenní technický produkt (HTS).

HTS může existovat ve formě **čtyř základních generických** složek a dvou složek doplňkových (Obr. 2 - 3):

- **hardware** (HW) - tvarová složka, jejíž množství je počitatelnou charakteristikou (např. disk kola, mechanická část motoru)
- **formlessware** (FW) - beztvará složka, jejíž množství je spojitou charakteristikou (např. náplně, povlaky, chladicí kapalina)
- **energyware** (EW) - energetická složka (energie),
- **software** (SW)- informační složka (informace, návrh k obsluze),
- assistanceware (AW) – servisní komplementární složka, údržba
- livingware (LW)– člověk a jiné živé bytosti (např. při chovu zvířat, ale i hmyzu, bakterií apod., což však nelze z etických důvodů použít v případě člověka (při jeho dopravě, léčení apod.)



Obr. 2-3 Generické složky heterogenního technického produktu [Hosnedl 2017]

Kritériem pro uvedené členění generických složek heterogenního technického produktu v pojetí EDSM jsou čtyři objektivně existující možnosti racionálního zajištění požadovaných vlastností technického produktu, a to prostřednictvím: Materiálu/„Materie“ (HW a FW), Energie (EW), Informací (SW) a/nebo Procesů (AW).

Pro konstruování a realizaci generických složek technického produktu je podstatné, že:

- nositelem nebo alespoň „nástrojem“ nehmotných složek , tj. SW, EW a AW musí být hmotné složky, tj. HW a/nebo FW

- nositelem „beztvaré hmotné“ složky, tj. FW musí být **HW** složka [Hosnedl 2019].

2.5 Vlastnosti technických produktů

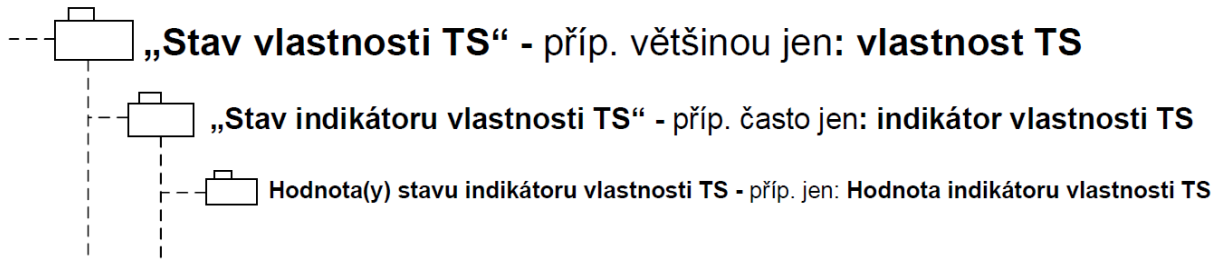
Vlastnost TS podle EDSM je dle [Hubka 1988] každý „znak, charakteristika, atribut a podobně“ technického produktu, který jej z nějakého hlediska charakterizuje. Každý TS je nositelem „vkonstruovaných“ tj. na konstrukci TS kauzálně závislých vlastností, jako jsou kupříkladu tvar, velikost, stabilita, životnost, barva, vyrobitelnost, dopravitelnost, recyklovatelnosti, smontovatelnost apod. [Hosnedl 2017].

Každou vlastnost TS lze definovat pomocí stanoveného souboru kritérií nazývaných v TTSs jako „indikátory vlastnosti TS“. Velikost „indikátoru vlastnosti ” lze definovat pomocí jednoho nebo více „rozměrů“, tj. pomocí rozměrů příslušných „nezávisle proměnných” určených podle stupnic [Hosnedl 2017].

Stupnice pro definování velikosti jednotlivých rozměrů indikátorů vlastností TS lze roztřídit např. podle [Ackoff 1962], [Pons 2001] takto:

- Spojité (kvantitativní)
  - numerické poměrné – např. pro délku, hmotnost, tvrdost, absolutní teplotu
  - numerické intervalové – např. pro relativní teplotu, relativní čas
- Pořadové (kvalitativní)
  - numerické - např. Mohsova stupnice pro tvrdosti
  - textové - např. horký; teplý pro teplotu, stupnice ECTS pro klasifikaci
- Jmenovité (kvalitativní)
  - číselné - např. čísla součástí v kusovníku
  - textové - např. kladivo, kleště, šroubovák pro ruční nářadí

Libovolnou vlastnost TS lze tedy definovat pomocí jejích indikátorů vlastností, které jsou definovány jejich hodnotou – viz schéma na Obr. 2-4.



Obr. 2-4 Princip definice stavu vlastností [Hosnedl 2017]

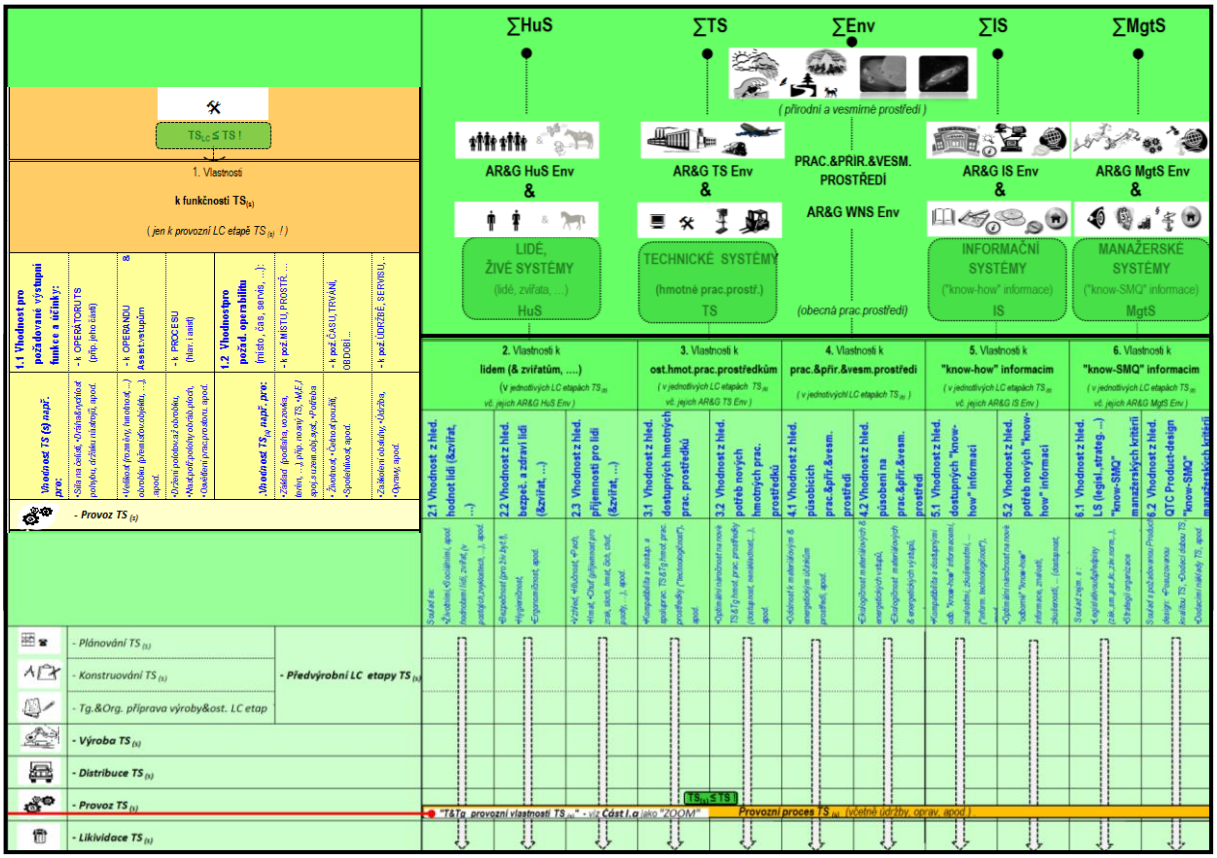
2.6 Taxonomie vlastností technických produktů

Při návrhu TS je nutné brát v potaz důležité požadavky na vlastnosti z hlediska celého životního cyklu TS. Na každý TS se vztahují jiné konkrétní požadavky na jeho vlastnosti. Problémem je však zajistit, aby některé, zejména klíčové vlastnosti, nebyly opomenuty, nebo aby byly vždy specifikovány všechny vlastnosti.

Touto otázkou se zabývá ve světě řada autorů a existuje několik principů tzv. taxonomie (třídění) vlastností do skupin, kategorií, tříd apod. V disertační práci je uvažována taxonomie dle [Hosnedl 2017], protože bylo prokázáno, že je díky základu v TTS ze všech dostupných taxonomií nejkomplexnější a nejsystematičtější. Její základ tvoří navíc dvě kvalitativně odlišné domény (oblasti) vlastností.

Reflektované (reflected) vlastností

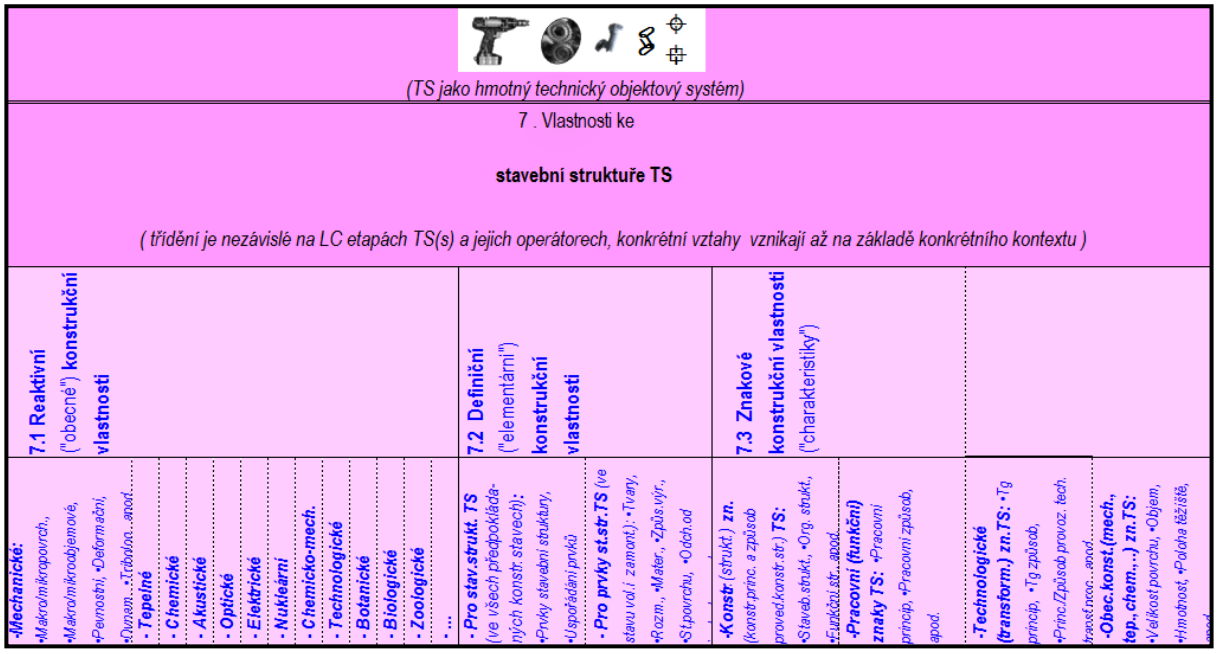
Vyjadřují reflexe, tj. reflektování technického produktu okolím na základě vkonstruovaných vlastností (následující doména). Jedná se o subjektivní „vnější“ vnímání technického produktu v celém životním cyklu vyjádřené jeho odpovídajícími „charakteristikami“. Příkladem těchto vlastností jsou např. bezpečnost, vyrobitelnost, uspokojivý design a další viz. Obr. 2-5.



Obr. 2-5 Reflektované (reflected) vlastnosti technických produktů [Hosnedl 2019]

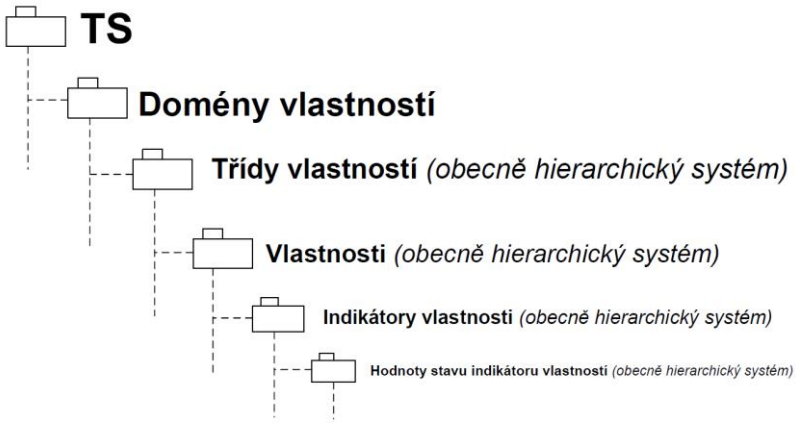
Vkonstruované (embeded) vlastností

Vyjadřují objektivní popis TS příp. jeho charakteristiku. Jedná se o obecný „vnitřní“ popis TS vyjádřený jeho konstrukčními znaky, stavební strukturou a reakcemi na definované zatížení v definovaném prostředí. Mezi tyto vlastnosti patří např. tvar, rozměry, drsnost, použité materiály, tuhost, svařitelnost, obrobitelnost a další viz. Obr. 2-6



Obr. 2-6 Vkonstruované vlastnosti technických produktů [Hosnedl 2019]

Hierarchický systém tohoto členění je zobrazen na Obr. 2-7. Toto hierarchické členění vlastností do domén a tříd je využito jako základ kličový dokument konstruktéra, specifikace požadavků na vlastnosti navrhovaného technického produktu. Více informací o tomto způsobu taxonomie a měření vlastností lze nalézt v [Hosnedl 2017].



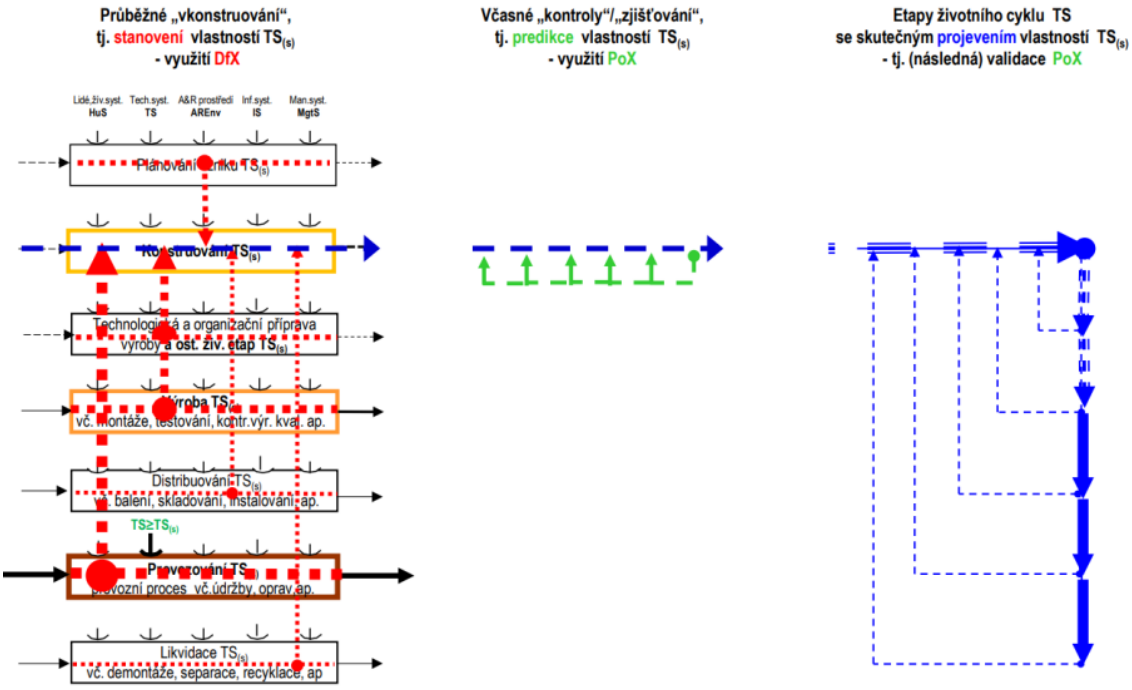
Obr. 2-7 Obecný hierarchický systém technického produktu/systému [Hosnedl 2017]

Predikce vlastností

Všechny vlastnosti TS spolu vzájemně obecně souvisejí. Pro konstruování je proto nezbytné znát, příp. mít k dispozici, kvantitativní nebo alespoň pseudokvantitativní vzájemné závislosti jednotlivých vlastností TS (známé jsou např. poznatky z nauky o pevnosti, pružnosti, apod.). Obsah, forma a dostupnost těchto poznatků a metod rozhoduje jak o kvalitě budoucího TS, tak o efektivnosti a účinnosti konstrukčního procesu [Hosnedl 2017].

Všechny vlastnosti TS závisejí na jediné třídě definičních („elementárních“) konstrukčních vlastností (která patří spolu se třídou znakových („charakteristik“) a reaktivních („obecných“) konstrukčních vlastností TS do oblasti vlastností ke stavební struktuře), což jsou: - pro stavební strukturu TS: = prvky stavební struktury = jejich uspořádání - pro prvky stavební struktury TS: = tvary = rozměry = materiály = způsoby výroby = stavy povrchů = odchylky od jmenovitých stavů Všechny uvedené vlastnosti je obecně nutné definovat pro volný i zamontovaný stav.

Cílem PoX (Prediction of Property X) je predikce vztahů jak na dané stavební struktuře (“konstrukci“) resp. na vkonstruovaných (embedded) vlastnostech dané stavební struktury TS závisí vlastnosti (cena, bezpečnost, apod.). PoX se tedy zabývá poznatky a metodami pro predikci, tj. včasné „zjištění“ (identifikaci) (budoucího, příp. existujícího) vztahů vlastností s definičními („elementární “) konstrukčními vlastnostmi dané (navrhované nebo již existující) stavební struktury („konstrukce“) technického produktu.



Obr. 2-8 Stanovení, predikce a projevení vlastnosti technického produktu v jeho životním cyklu [Hosnedl 2017]

2.7 Konstrukční struktury

Ve fázi návrhu uvažuje TTS čtyři úrovně abstraktnosti konstrukčních struktur TS, mj. podle [Hosnedl 2019] se jedná o: Černá skříňka, Funkční struktura, Orgánová struktura a Stavební struktura.

Černá skříňka

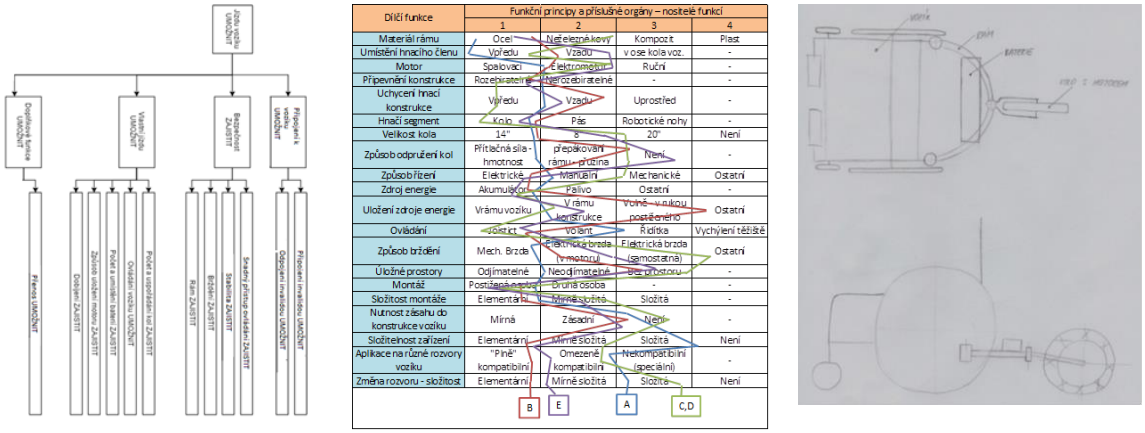
Za černou skříňku lze uvažovat „prázdnou strukturu", tj. popis druhu a případně základních znaků znaků TS s příp. zobrazením základních vstupujících/vystupujících veličin (materiál, energie, informace) v jejich vstupním/výstupním stavu, kdy v jejich výstupním stavu způsobují požadované transformační účinky TS.

Funkční struktura

Funkční struktura je modelem TS z hlediska jeho vnitřních funkcí zajišťující hlavní transformační (pracovní) funkce TS, potřebné asistující i vyvolané funkce. Struktura funkčních prvků je obvykle hierarchická, tj. člení se nejprve na dílčí funkční struktury, ty na další až postupně na elementární funkce. Hloubka prováděného členění závisí na účelu, pro nějž je funkční struktura určena (např. hydr. motor lze znázornit jako funkční prvek, pokud je nakupován, nebo pomocí dílčích funkčních struktur i elementárních funkcí, pokud je podrobněji zkoumán, konstruován, apod.).

Orgánová struktura

Orgánová struktura TS je modelem TS z funkčního hlediska v přímé vazbě na jeho reálnou stavební strukturu. Orgánová struktura TS je rovněž hierarchická, tj. člení se na dílčí orgánové struktury (které se obvykle překrývají), ty na další až postupně na elementární orgány – „nositele funkcí". Hloubka členění rovněž závisí na účelu, pro nějž je orgánová struktura určena a odpovídá příslušné funkční struktuře. Jako efektivní nástroj je využívána metoda morfologické matice pro vytvoření přehledů orgánů, kterými lze potenciálně zajistit funkce navrhovaného TS. Princip této struktury je zobrazen na Obr. 2-9.



Dílčí funkce	Funkční principy a příslušné orgány – nositelé funkcí			
	1	2	3	4
Materiál rámu	Ocel	Neželezné kovy	Kompozit	Plast
Umístění hnacího členu	Vpředu	Vzadu	v ose kola voz.	-
Motor	Spalovací	Elektromotor	Ruční	-
Připevnění konstrukce	Rozebíratelné	Nerozebíratelné	-	-
Uchycení hnací konstrukce	Vpředu	Vzadu	Uprostřed	-
Hnací segment	Kolo	Pás	Robotické nohy	-
Velikost kola	14"	8	20"	Není
Způsob odpružení kol	Přitlačná síla - hmotnost	přepákování rámu - pružina	Není	-
Způsob řízení	Elektrické	Manuální	Mechanické	Ostatní
Zdroj energie	Akumulátor	Palivo	Ostatní	-
Uložení zdroje energie	Vrámu vozíku	V rámu konstrukce	Volně v ruku postiženého	Ostatní
Ovládání	Joystick	Volant	Řídítka	Vychýlení těžiště
Způsob brzdění	Mech. Brzda	Elektrická brzda (v motoru)	Elektrická brzda (samostatná)	Ostatní
Úložné prostory	Odjímatelné	Neodjímatelné	Bez prostoru	-
Montáž	Postižená osoba	Druhá osoba	-	-
Složitost montáže	Elementární	Mírně složitá	Složitá	-
Nutnost zásahu do konstrukce vozíku	Mírná	Zásadní	Není	-
Složitelnost zařízení	Elementární	Mírně složitá	Složitá	Není
Aplikace na různé rozvory vozíku	"Plně" kompatibilní	Omezeně kompatibilní	Nekompatibilní (speciální)	-
Změna rozvoru - složitost	Elementární	Mírně složitá	Složitá	Není

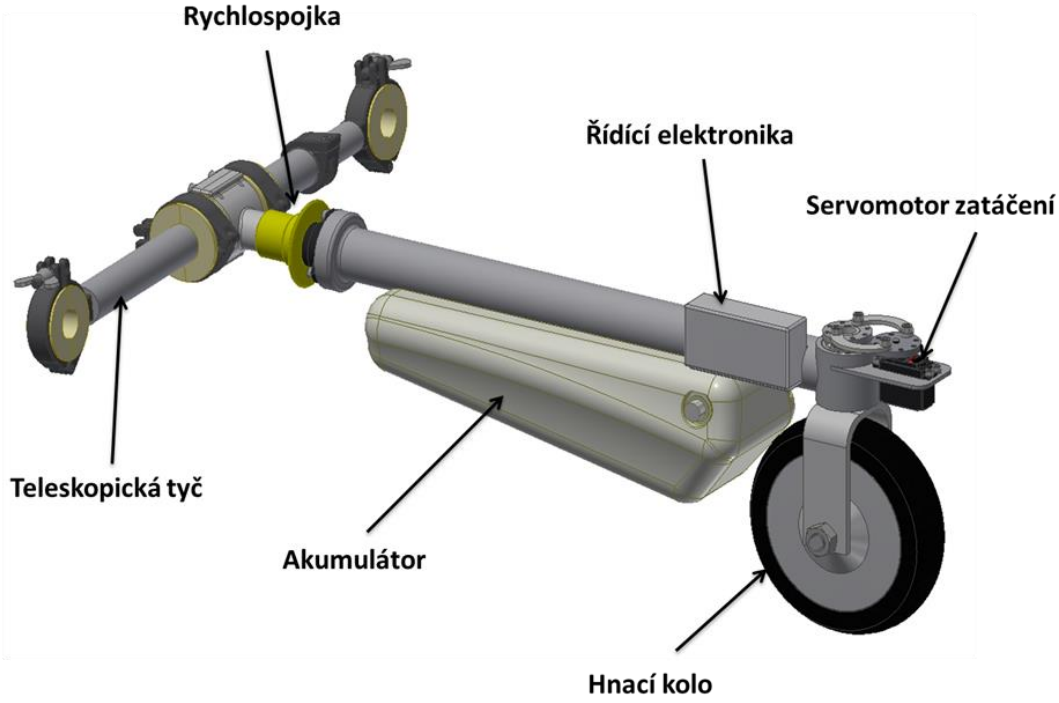
B E A C,D

Obr. 2-9 Konstrukční struktury TS - funkční struktura (vlevo), morfologická matice (uprostřed), orgánová struktura (vpravo) [Pražák a kol. 2017]

V prvém sloupci matice (Obr. 2-9, uprostřed) jsou uvedeny všechny požadované funkce navrhovaného technického produktu. K těmto funkcím se do jednotlivých řádek napravo zaznamenávají známé, příp. další vyhledané a realizovatelné mechanické orgány (abstraktní), příp. strojní části (konkrétní orgány), které mají schopnost příslušnou funkci zajistit při zvoleném/daném funkčním/pracovním principu navrhovaného technického produktu. Dostupných možností pro zajištění příslušné funkce je obvykle více. Výběrem různých (vzájemně kompatibilních) orgánů/strojních částí z jednotlivých řádek tak mohou vzniknout nejrůznější kombinace pro alternativy/varianty orgánových struktur (koncepčních schémat) konstruovaného TS.

Stavební struktura

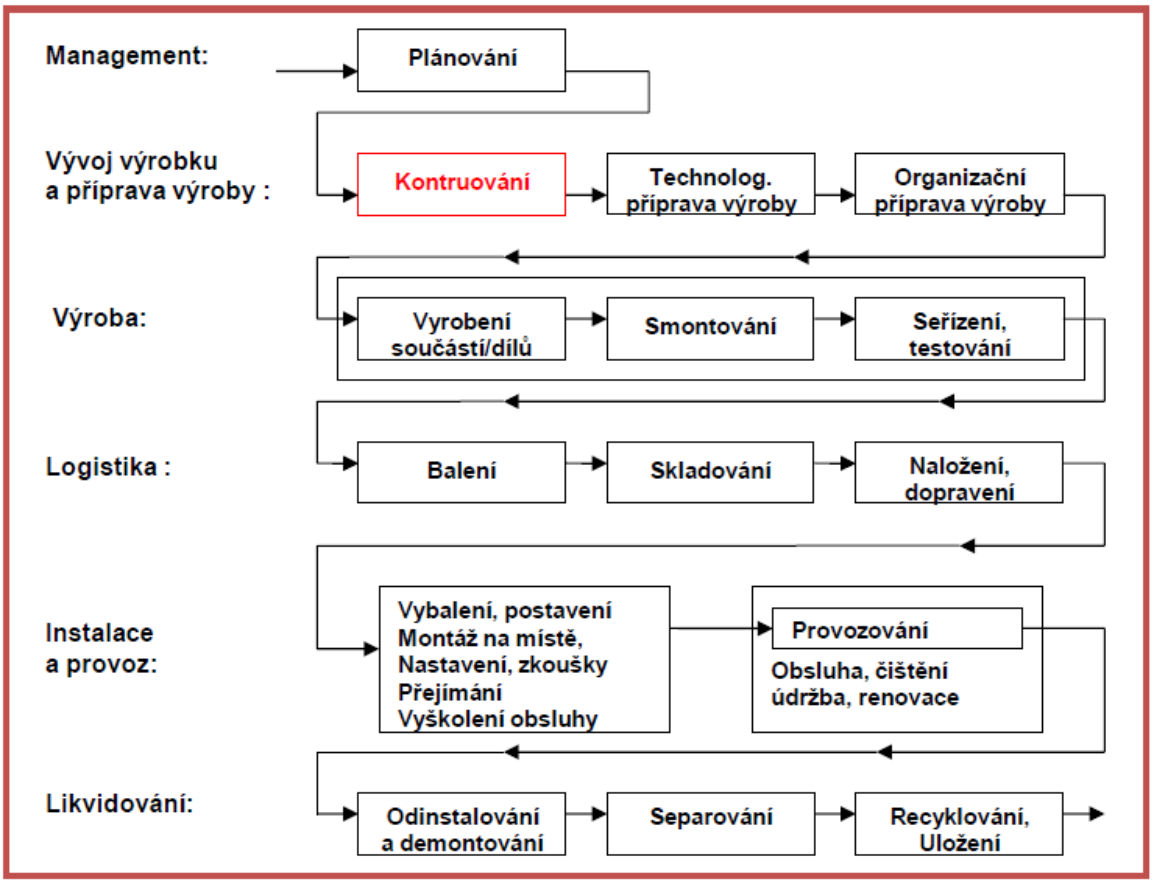
Stavební struktura TS je reálná struktura TS (Obr. 2-10) odpovídající výrobě a montáži TS z hierarchicky uspořádaných stavebních prvků (součástí/dílů, …). Všechny tyto úrovně struktur TS jsou uplatněny v teoreticky podloženém metodickém modelu obecného modelu postupu konstruování (GMPD) na bázi TTS, ve kterém je postupnými systematickými kroky vyjádřen postup konstruování od zadání až ke sdělení (popis) navrženého řešení konstruovaného TS.



Obr. 2-10 Stavební struktura TS v 3D CAD [Pražák a kol. 2017]

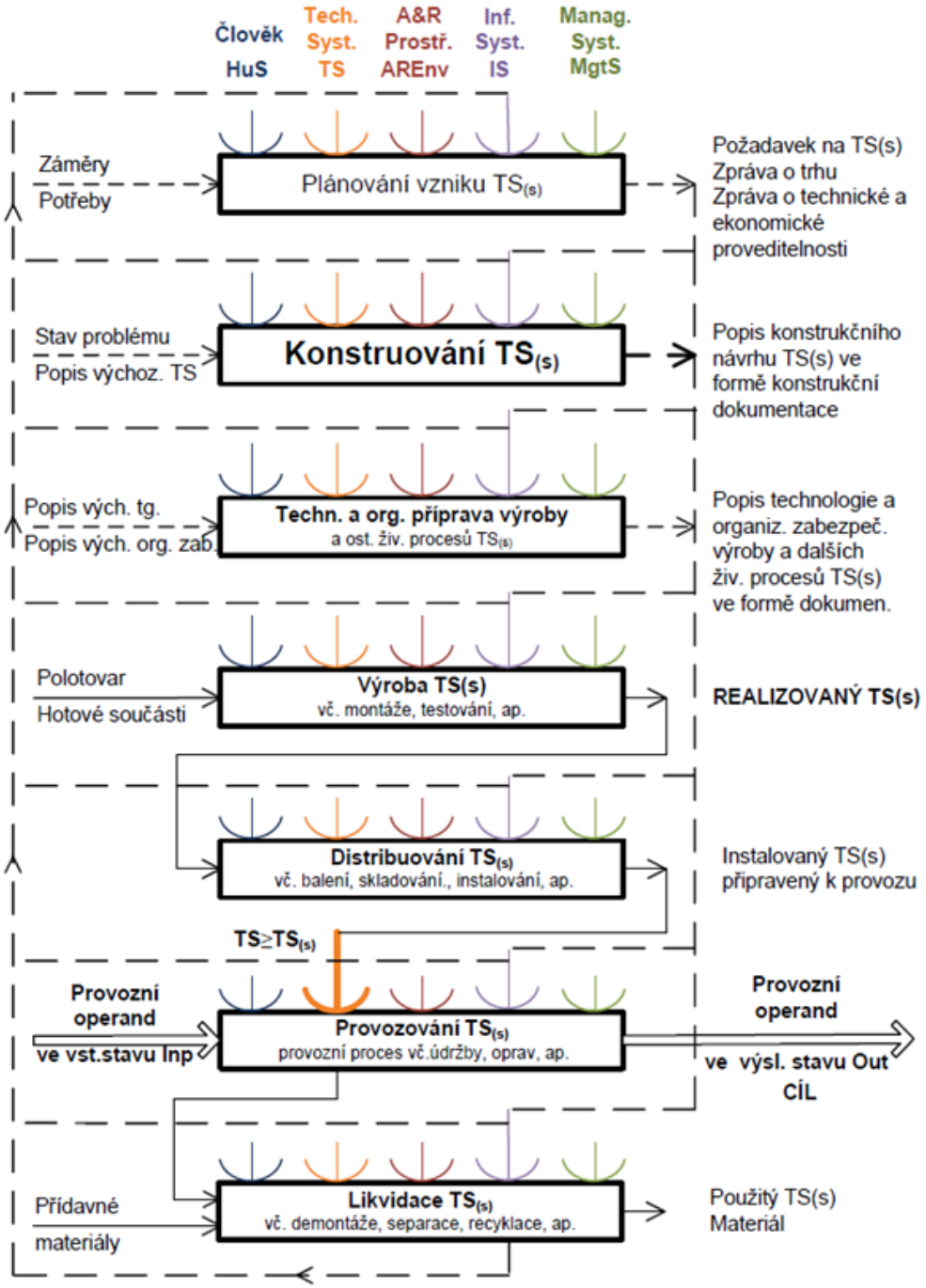
2.8 Životní cyklus produktu

Životní cyklus (Life Cycle, dále v textu LC) TS je sledem etap, kterými TS prochází, je racionální ho tudíž rozdělit do jeho významných obecně se opakujících životních etap. To lze provést podle různých hledisek, kupříkladu podle místa jejich realizace (management, konstrukce, technologie, sklad, dílna, expedice, …) viz. Obr. 2-11.



Obr. 2-11 Tradiční pojetí životního cyklu s ohledem k lokalizacím jednotlivých etap [Hubka&Eder 1992], [Hosnedl 2019]

Rozdělení životního cyklu (LC) TS lze provést podle různých hledisek (např. podle místa jejich realizace, podle vývojových fází, případně nákladových hledisek, prodejních fází na trhu, apod.), avšak pro potřeby konstruování TS je optimální jejich rozdělení podle dominantních transformací - transformačních procesů (TrfP) [Hosnedl 2017]. S využitím obecného modelu transformačního systému (TrfS), Obr. 2-12, s jeho transformačním procesem (TrfP) lze znázornit obecný model LC TS [Hubka&Eder 1988, 1996, aj.]. Jednotlivé etapy obecného životního cyklu TS jsou modelovány sériovým uspořádáním jednotlivých etap vyjádřených pomocí těchto modelů.



Obr. 2-12 Životní cyklus (LC) technického systému jako série TrfP a příslušných TrfS [Hosnedl 2017→ 2019]

TS(s), jehož životní cyklus je znázorněn na Obr. 2-12, je pro rozlišení od ostatních technických systémů v jednotlivých etapách odlišen indexem (s). TS(s) má v počáteční fázi formu informací (čárkované toky), počínaje výrobou se přemění do formy hmotné/materiální (plné toky). TS(S) má převážně funkci operandu, v provozní/pracovní fázi se však stává operátorem (s výjimkou asistujících procesů údržby a oprav, kdy se stává operandem, což není znázorněno). Výsledný TS musí splňovat všechny požadavky kladené na jeho vlastnosti z hlediska celého životního cyklu produktu (od plánování až po likvidaci) [Hosnedl 2017, 2019]. To potom mj.

umožňuje do požadavků na TS, do návrhu TS, do hodnocení TS, apod. jednoduše zahrnout řadu klíčových hledisek týkajících se celého jeho životního cyklu, jako jsou např. bezpečnost, ekologičnost, atd. (které se nejen v praxi ale i v teorii často chybně přiřazují pouze k provozu TS nebo likvidaci TS).

Při tomto modulárním procesním pojetí životního cyklu TS lze pak např. rozlišit a uvažovat i rozdílnou specifickou kvalitu obecně shodných prvků/faktorů (např. lidí, technických prostředků, prostředí, apod.) v jednotlivých životních etapách (např. ve výrobní, provozní, likvidační, apod.) konstruovaného konkrétního TS a zahrnout tak specificky a přitom přehledně řadu významných obecných hledisek.

V odborné literatuře bylo dále nalezeno několik modelů životního cyklu produktu, [Vintr 1998] člení životní cyklus do následujících etap: etapa koncepce a stanovení požadavků, etapa návrhu a vývoje, etapa výroby, etapa uvedení do provozu, etapa provozu a etapa likvidace. Z pohledu analýzy bezpečnosti technických produktů [ČSN ISO EN 12100, 2011] a [ČSN ISO EN 14121-1, 2008] jsou za základní etapy životno cyklu považovány etapy výroby, přepravy, provozu a likvidace. Z pohledu managementu spolehlivosti je životní cyklus členěn následovně s uvedením definic jednotlivých etap životního cyklu TS [ČSN EN 60300-2, 2015]:

Etapa koncepce a stanovení požadavků TS- jedná se o etapu životního cyklu TS, během níž se determinuje potřeba TS a specifikují se jeho cíle. Je zde zdůrazněna hypotéza, že rozhodnutí učiněná během této etapy mají největší dopad výkonnostní funkce produktu a jeho náklady, to koreluje kupříkladu s [Hundal 1997].

Etapa návrhu a vývoje TS - v této etapě se vytváří architektura, hardware a/nebo software TS. Jsou v ní zachyceny a dokumentovány příslušné informace o TS, aby se usnadnila následná výroba a montáž hardwaru, kódování a rozmnožování softwaru a integrace systému, v této etapě se rovněž kriticky rozhoduje o budoucích nákladech TS [Hundal 1997].

Etapa výroby TS - jedná se o etapu, během níž se TS vyrábí, software se rozmnožuje a montují se součásti TS.

Etapa instalace TS- etapa, během níž se TS vloží na místo své aplikace a provozu. Operace v této etapě zahrnují instalaci systému, integrování funkcí zajištěnosti údržby a zavedení nového TS, skládající se z instalovaného hardwaru a softwaru, do zkušebního provozu. Před konečnou přejímkou pro provozní použití se integrovaný systém nebo konečný TS podrobí prokázání výkonnosti ve skutečném provozním prostředí.

Etapa provozu a údržby TS - etapa životního cyklu TS, během níž se TS používá ke svému předpokládanému účelu. Pokud je to vhodné, TS se udržuje, aby mohl být stále v provozu. "Užitečný" život TS končí tehdy, když se jeho provoz stane nehospodárný v důsledku zvýšených nákladů na údržbu nebo vlivem jiných faktorů, jako je technologické zastarání TS, nebo když dojde k nenapravitelnému poškození TS.

Etapa vypořádání (likvidace) TS - etapa životního cyklu TS, během níž se ukončí používání TS, ten se vyjme z místa používání, demontuje se, zničí nebo se, pokud je to nezbytné uloží na skládku.

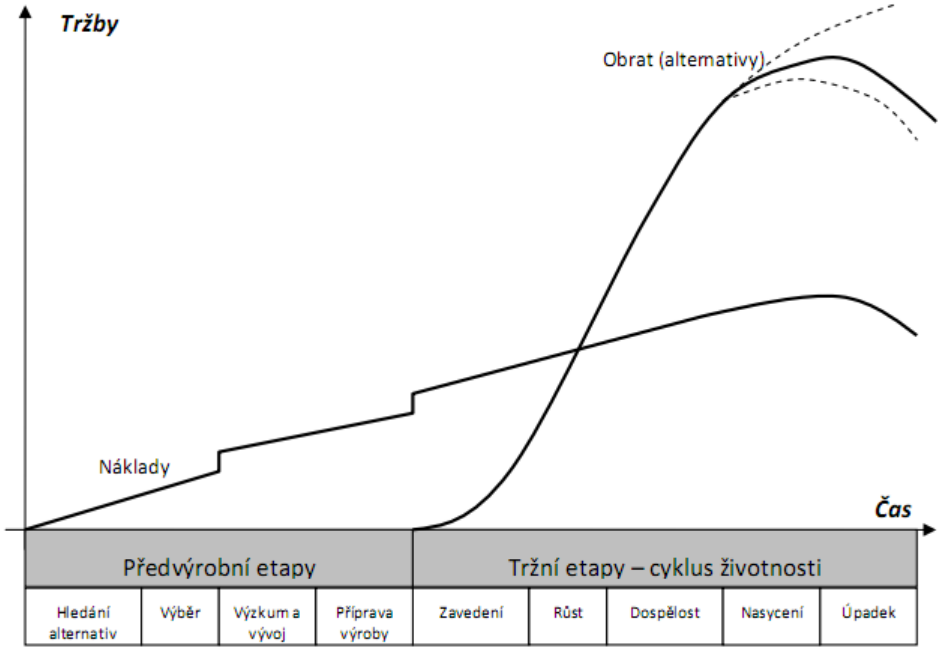
V oblasti CA technologií se jako životní cyklus považují pouze vývojové etapy životního cyklu TS viz. Obr. 2-13 [Kurkin&Januška 2010], [Kurkin&Edl 2011], [Bergsjö 2009] a mnoho dalších. Podobně se v obchodní sféře označuje jako životní cyklus TS období od jeho uvedení na trh až po jeho stažení. Nejužší používané pojetí životního cyklu TS je pak uživatelské pojetí od pořízení až po vyřazení TS z provozu uživatelem.

Obr. 2-13 Model životního cyklu z pohledu PLC Product lifecycle v oblasti CA technologií [Bergsjö 2009], [Kurkin&Januška 2010]

Z pohledu managementu [Kruliš 2011] je na životní cyklus TS nahlíženo jako na sekvenci etap definující „život“ TS. Nicméně na tento cyklus existuje řada pohledů. Na základě těchto pohledů se liší i jednotlivé etapy životního cyklu TS. V zobecněné podobě je možno, kromě již zmiňovaného pohledu z hlediska místa realizace jednotlivých etap a z hlediska jednotlivých transformačních procesů dle TTS nalézt pojetí životního cyklu TS z hlediska odbytového množství: zavádění na trh, růst, zralost, nasycení trhu, pokles prodeje (úpadek).

[Tomek&Vávrová 2001] tento model uvádějí rovněž v rozšířeném pohledu: hledání alternativ řešení problému, hodnocení a volba alternativ, před-vývoj, sériový vývoj (konstrukce), příprava výroby a odbytu, investice do speciálních výrobních prostředků a zařízení, náběh výroby a zavedení na trh, pronikání na trh, nasycení trhu, tržní úpadek, ukončení a vyřazení zařízení, záruční výkony, likvidace TS.

Tento model [Tomek&Vávrová 2001] je znázorněn za pomocí S-křivky, kde tato křivka životnosti TS na Obr. 2-14 je ovlivněna vývojem tržeb, zisku, nákladů, případně jiných ukazatelů v čase tak, že dosahovaná výše charakterizuje fáze zavedení, růstu, dospělosti, nasycení a úpadku.



Obr. 2-14 Manažerské pojetí životního cyklu TS [Tomek&Vávrová 2001]

Jednotlivé etapy (předvýrobní a tržní) životního cyklu TS jsou dále označovány jako fáze a jsou definovány následovně [Tomek&Vávrová 2001]:

Fáze zavádění – TS vstupuje na trh v základní formě, jeho obrat je malý, náklady jsou vysoké. Chybí odbytová síť, síť zákaznických služeb se postupně buduje.

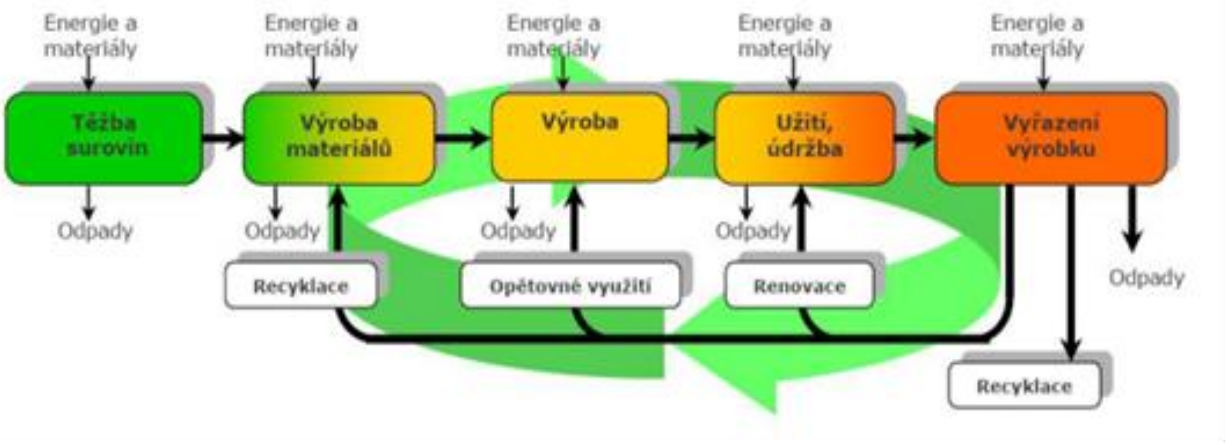
Fáze růstu – v této fázi dosahuje obratová funkce bodu zvratu a nastává konjunkturální vzestup obratu. V této fázi se na trhu objevu stále více konkurentů, kteří napodobují vlastní TS. V této fázi je možné dosahovat vysokých zisků.

Fáze zralosti – v této fázi obrat stále ještě roste a dosahuje svého maxima. Z tohoto důvodu je nutné výrobek diferencovat, aby se odlišil od konkurentů. Kromě toho musí být nasazena reklama, aby se udržely dosavadní preference a vytvořily nové. Proti rostoucímu počtu výrobců stojí také přibývající počet odběratelů.

Fáze nasycení – obrat klesá a tempo růstu je záporné, zisk z prodeje TS proto klesne.

Při posuzování vlivu TS na životní prostředí (LCA - Life-Cycle Assessment) je celoživotní cyklus technického produktu tvořen následujícími etapami: těžba surovin, výroba materiálů, výroba, užití a údržba, vyřazení výrobku. Základem metody LCA je

stanovení všech energeticko - materiálových toků, které sledovaný systém spojují s jeho okolím. Postup LCA je upraven normami řady ISO 1404X a [ČSN EN ISO 14001, 2016] viz. Obr. 2-15.



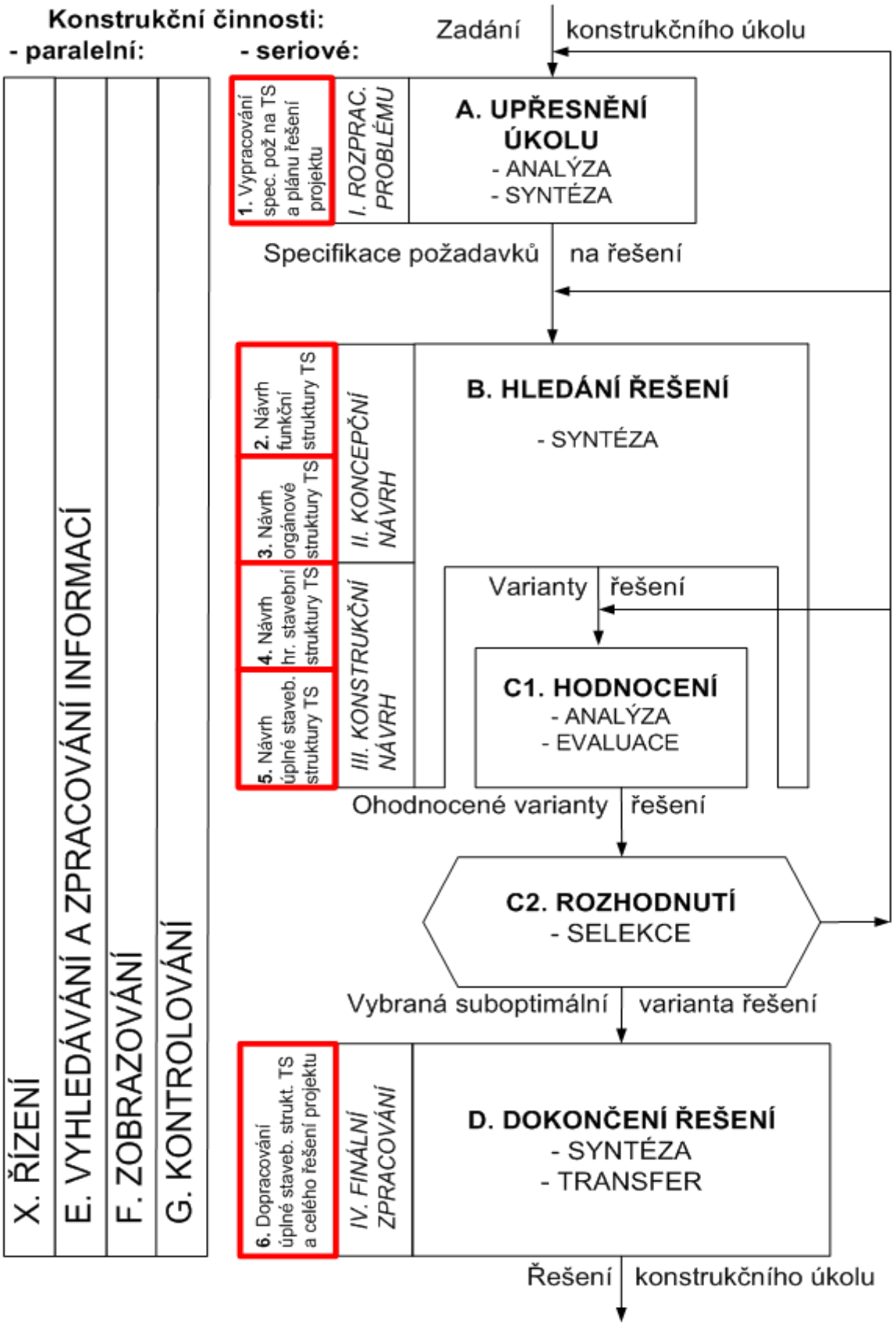
Obr. 2-15 Model životního cyklu technického produktu z pohledu environmentálního managementu [ČSN EN ISO 14001, 2016]

2.9 Obecný model postupu konstruování na bázi TTS

Obecný model postupu konstruování (GMPD) je zobrazený na Obr. 2-16 je složen ze tří vrstev [Hosnedl 2017], kde predikce a analýza rizik vč. SWOT tvoří jednu z možných strategických základních operací.

- Strategické základní operace (A-G,X)
- Tradiční instruktivní metodické etapy (I-IV)
- Teoreticky podložené fáze Obecného modelu postupu konstruování (GMPD) na bázi TTS EDSM (1-6), v těchto fází autor DiSP uvažuje působnost strategie Predikcí a analýzy rizik navrhovaného TS vč. provedení SWOT analýz

Obecný model GMPD se pro řešení konstrukčního úkolu konkretizuje na plán postupu konstruování podle konkrétní konstrukční situace a finálně až na individuální způsob postupu podle osobních vlastností, znalostí a zkušeností konkrétního konstruktéra [Hubka&Eder 1996]. Detailněji je tento model popsán v [Hosnedl 2017→2019].



Obr. 2-16 Strategické základní operace obecného modelu postupu řešení konstrukčního úkolu (GMPD) [Hosnedl 2017]

V rámci této kapitoly byly nalezeny základní teoretické modely, se kterými se bude v DiSP v následujících kapitolách pracovat. Jak už bylo výše uvedeno v odborné literatuřey je publikováno více modelů životního cyklu TS z větší části však z manažerského pohledu a nikoliv z „konstrukčního“ pohledu. Lze však prokázat, že za suboptimální model životního cyklu může být považován model životního cyklu technického produktu/systému jako série TrfP a příslušných TrfS na bázi TTS (Obr. 2-12). V modelech životních cyklů z pohledu manažerského či z pohledu environmentálního managementu např. zcela chybí životní etapa Technologické přípravy výroby (a procesů v dalších etapách LC !). V manažerském pojetí [Tomek&Vávrová 2001] není např. TS prakticky vůbec zmíněn. Také v modelu [ČSN EN 60300-2, 2015] zásadně chybí etapa Technologické přípravy výroby a procesů v dalších etapách LC a etapa plánování. CA modely LC (např. PLM) např. neuvažují etapu distribuce, plánování ani technologické přípravy výroby a dalších procesů v dalších etapách LC. Jak již bylo výše naznačeno, pro potřeby konstruování technického produktu je optimální členění jeho životních etap podle **všech** klíčových „životních“ Transformačních procesů (přeměn). Všechny etapy životního cyklu pak mají zcela shodnou strukturu Transformačního systému [Hosnedl 2017→2019], tudíž tento model životního cyklu technického produktu je proto jako za uceleným komplexním a konzistentním systémem. To žádné z ostatních nalezených dostupných (převážně procesních) pojetí LC TS(s) neumožňuje.

3. Teoretická a metodická východiska predikce a analýzy rizik

V této kapitole je stručně uvedena základní terminologie a poznatky podle současného dostupného stavu poznání v oblasti teorie rizik, jejich základní parametry a některé vztahy mezi nimi, se kterými se v této disertační práci dále pracuje. Tuto problematiku z velké části obecně rovněž upravují technické standardy, a to zejména [ČSN EN ISO 14121-1, 2011], [ČSN EN 31010, 2011], [ČSN EN 60812, 2007], [ČSN EN 61025, 2007], [ČSN EN 292-1, 2000], [ČSN EN ISO 12100, 2011], [ČSN EN 60300-1, 2015], [ČSN EN 60300-1, 2015]. Další specializované normy jsou zaměřeny a členěny na konkrétní zařízení např. obráběcí stroje, slaboproudé, silnoproudé stroje apod. Tyto normy v praxi členíme na normy typu A, typu B a typu C.

3.1 Základní teoretické pojmy v oblasti predikce rizik

Predikce rizika TS – typ odhadu nebo-li estimace rizika TS použitý v souvislosti s určitou předpovědí či prognózou zpravidla založený na vědecké hypotéze, kterou predikce potvrzují nebo kupříkladu i vyvrací.

Analýza rizik TS– jedná se o proces, jehož cílem je v této konkrétní oblasti stanovení rizika, jeho příčin a následků. Při analýze rizik se identifikují faktory a zdroje, které tyto factory a zdroje ovlivňují. Část autorů se přiklání k definici analýzy proces definování hrozeb, pravděpodobnosti jejich uskutečnění a dopadu na aktiva, tedy stanovení rizik a jejich závažnost

Strojní zařízení (stroj) – montážní celek sestavený ze součástí nebo částí strojů, ze kterých nichž je alespoň jedna pohyblivá, z příslušných pohonných zařízení, řídících jednotek a silových obvodů atd. Ty jsou vzájemně logicky provázány za účelem přesně stanoveného funkčního použití, především zpracování, úpravy, dopravy nebo balení materiálů. Konkrétně podle [ČSN EN 292-2, 2000] je pod pojmem strojní zařízení uvažován soubor strojů, který je za účelem dosažení stejného cíle uspořádán a ovládán takovým způsobem, aby fungoval jako souhrnný system. V DiSP je na stroj nahlíženo jako na TS.

Spolehlivost TS – schopnost TS a jeho součástí nebo jeho příslušenství vykonávat v daném časovém období a za specifikovaných podmínek bez závady uvažované funkce.

Bezpečnost TS – způsobilost TS vykonávat funkce, tj. být přepravován, instalován, namontován, nastavován, udržován, demontován, recyklován, likvidován atd. za podmínek předpokládaného užití TS, které jsou uvedeny v návodu k použití, s tím, že se předpokládá, že TS nezpůsobí obsluze poranění nebo jí nepoškodí zdraví.

Nebezpečí – zdroj možného zranění nebo poškození zdraví

Nebezpečný prostor – jakýkoliv prostor uvnitř nebo vně TS, kde je osoba vystavena riziku zranění nebo poškození zdraví

Ošetření rizika – jedná se eliminaci či snížení velikosti rizika TS na základě posouzení jeho závažnosti a následků spočívající v odhadu pravděpodobnosti a závažnosti možné poruchy TS či hrozícího zranění nebo poškození zdraví v nebezpečné situaci za účelem volby přiměřených bezpečnostních, a to nejlépe preventivních opatření.

Pro riziko neexistuje oborově obecně široce uznávaná definice, je tedy definováno poměrně různě z pohledu jednotlivých přístupů mj. [Smejkal&Rais 2006]:

- Pravděpodobnost či možnost vzniku ztráty
- Variabilita možných výsledků nebo nejistota jejich dosažení.
- Odchylka skutečných od očekávaných výsledků.
- Pravděpodobnost jakýchkoliv výsledků, odlišných od výsledků očekávaných.
- Nejistá událost nebo podmínka, která, pokud nastane, má pozitivní nebo negativní účinek
- Situace, kdy kvantitativní rozsah určitého jevu podléhá jistému rozdělení pravděpodobnosti.
- Nebezpečí negativní odchylky od cíle (tzv. čisté riziko).
- Nebezpečí chybného rozhodnutí.
- Možnost vzniku ztráty nebo zisku (tzv. spekulativní riziko).
- Neurčitost spojená s vývojem hodnoty aktiva (tzv. investiční riziko).
- Střední hodnota ztrátové funkce.
- Možnost, že specifická hrozba využije specifickou zranitelnost systém.
- Podmínka reálného světa, v němž existuje vystavení nepříznivým okolnostem.
- Riziko je nahodilá událost vedoucí ke vzniku škody v nebo z podnikání společnosti.
- Kombinace pravděpodobnosti a závažnosti možného zranění nebo poškození zdraví v nebezpečné situaci
- Kombinace pravděpodobnosti a závažnosti rizika
- Kombinace prvků rizika
- ….

3.2 Členění rizik

Rizika lze členit podle mnoha aspektů. Mezi některé z mnoha způsobů třídění patří členění tizik podle [Hnilica&Fotr, 2009]:

1) **Podnikatelské** (dále lze uvažovat podle pozitivního či negativního hlediska) **a čisté**

- Pozitivní hledisko – naděje vyššího zisku společnosti, naděje vyššího úspěchu

- Negativní hledisko – nebezpečí hospodářských neúspěchů společnosti, kde čisté riziko lze vyjádřit pouze z hlediska negativního, tj. existuje zde nebezpečí vzniku nepříznivých situací resp. nepříznivých odchylek od žádoucího stavu, za který se považuje uchování majetku, zdraví a lidských životů. Čistá rizika se obvykle vztahují ke ztrátám a škodám na majetku organizací resp. ztrátám na životech vyvolaných přírodními jevy, TS a jejich selháním.

2) **Systematické a nesystematické**

Systematické riziko je riziko vyvolané převážně socio-ekonomickými faktory týkající se s různou intenzitou všech hospodářských jednotek resp. oblastí podnikatelských činností. Zdrojem systematického rizika jsou např. změny rozpočtové politiky, celkové změny trhu. Nesystematické riziko je riziko, které je specifické pro jednotlivé organizace, produkty apod. Zdrojem takového rizika může být např. selhání významného subdodavatele, vstup nového konkurenta na trh, havárie TS apod.

3) **Vnitřní a vnější**

Vnitřní rizika jsou rizika, která se vztahují k faktorům ve společnosti (kupříkladu rizika výzkumně-vývojová nebo. technicko-technologická). Vnější rizika se vztahují k podnikatelskému okolí společnosti, tj. operátor G WNS Env (podkap. - 2.2).

4) **Ovlivnitelné a neovlivnitelné**

Toto členění souvisí s možností působit ex ante na příčiny vzniku rizika. Ovlivnitelné riziko lze odstranit či alespoň minimalizovat opatřením orientovaným na jeho příčiny, a to ve smyslu eliminace, tudíž minimalizace pravděpodobnosti vzniku či rozsahu možných rizikových situací/událostí. U neovlivnitelného rizika naopak není možnost na tyto příčiny jakkoliv preventivně působit.

5) **Primární a sekundární**

Sekundární riziko je vyvoláno přijetím určitého opatření na snížení (minimalizaci) primárního rizika tvořeného všemi výše uvedenými faktory. Používá se i členění počáteční riziko a zbytkové riziko (kvanitifikuje se např. pomocí číselného vyjádření velikost/míra/úroveň rizika)

6) **Riziko ve fázi přípravy a realizace a riziko provozní**

Rizika ve fázi přípravy a realizace představují všechny druhy rizik, která ohrožují splnění termínu dokončení projektu, dodržení rozpočtu a kvalitu projektu. Rizika ve fázi provozu představují všechny rizikové faktory, ovlivňující hospodářské výsledky. Někteří autoři předpokládají, že se riziko skládá ze čtyř základních parametrů: pravděpodobnosti výskytu, závažnosti následků, citlivosti na změnu, stupně vzájemné závislosti a dalších faktorů rizika. Bez jednoho z těchto faktorů nemůže být situace či událost považováno za riziko [Merna a kol., 2007]. V odborné literatuře je uvedeno členění rizik rovněž podle jejich věcné podstaty viz. Tab. 3-1 [Tichý 2006]:

Technologická rizika	
• Průmyslová	• Elektronická
• Energetická	• Komunikační
• Chemická	• Technologická seizmicita
• Elektrická	• Softwarová
• Nukleární	• Internetová
• Dopravní	• Atd.
Ekonomická rizika	
• Platební neschopnost dlužníků a jiná rizika pohledávek	• Změny kurzů měn
• Zastarávání technologií	• Kolaps peněžních ústavů
• Volatilita trhu	• Znárodnění
• Obecné změny hodnot ve společnosti	• Privatizace
• Selhání (ne-)movitých investic	• Nadvýroba
Politickérizika	
• Násilné změny politického systému	• Demokratický vývoj
• Občanské nepokoje	• Nacionalizmus
• Občanské iniciativy	• Totalitní režim
• Terorismus	• Atd.
Sociální rizika	
• Obecná kriminalita	• Squateři
• Speciální kriminalita	• Vandalství
• Podvody	• Nezaměstnanost
• Nepolitická sabotáž	• Atd.
Legislativní rizika	
• Zákony, normy	• Rozhodci
• Smlouvy	• Experti řešení sporů
• Advokáti a jiní právníci	• Znalci
• Soudy	• Atd.

Klimatická rizika	
• Krátkodobé povětrnostní jevy • Dlouhodobá kolísání po-větr.podmínek	• Změny klimatu • Atd.
Geologická rizika	
• Seizmicita • Svahové posuvy • Sedání zemin	• Podzemní vody • Poddolování • Atd.
Ekologická rizika	
• Kyselý déšť • Biologická poškození	• Meteority • Elektrické výboje
Ergonomická rizika	
• Tělesně postižení (zdroje) • Ovladatelnost mechanismů	• Tělesně postižení (příjemci) • Atd.
Fyziologická rizika	
• Výměšky živých organismů (pot, exhalace) • Zdravotní stav lidí a zvířat	• Epidemie, pandemie • Atd.
Psychologická rizika	
• Ovlivnění nevědeckými teoriemi • Vnímaný strach	• Podvědomý strach • Atd.

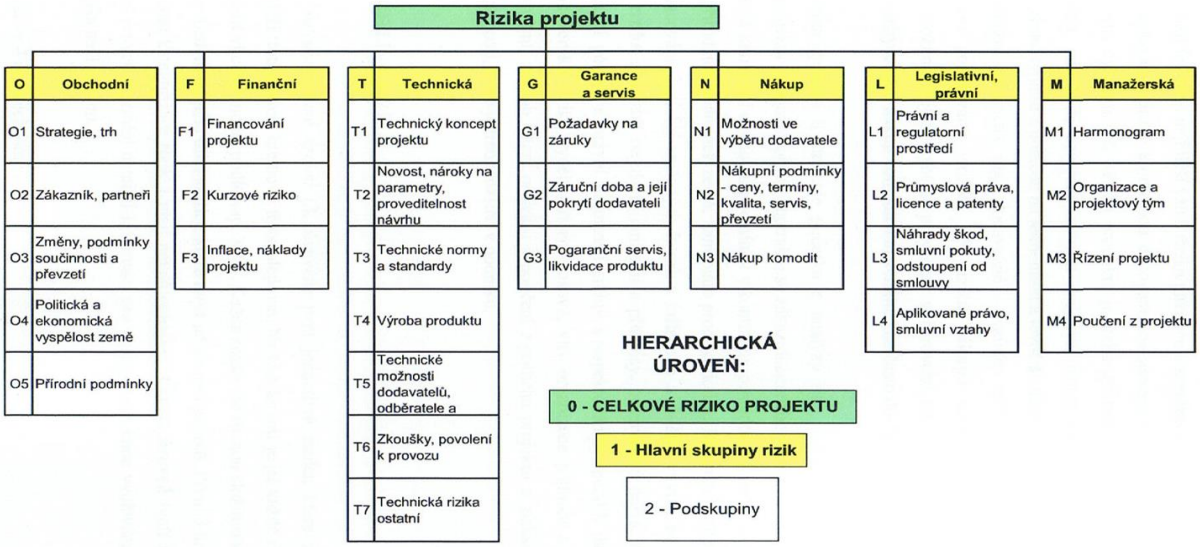
Tab. 3-1 Členění rizik podle věcné podstaty [Tichý 2006]

Podle [Korecký 2008], [Korecký 2009] a [Korecký&Trkovský 2011] jsou rizika členěna na základě tzv. třídníku používajícího systém označení rizik se čtyř úrovňovou strukturou, která sestává z hlavních skupin: jedná se o rizika finanční, garance a servis, legislativně-právní, manažerská, nákup, obchodní a technická viz. Tab. (3-2).

ID	Název	Popis
O	Obchodní	Strategie, trh, obchodní podmínky, zákazník, cílová země
F	Finanční	Financování, směnný kurz, inflace, náklady
T	Technická	Definice produktu, vývoj, zkoušky, výroba, montáž, normy
G	Garance a servis	Podmínky záruky a servisu
N	Nákup	Výběr dodavatelů, nákup subdodávek i materiálu
L	Legislativní	Regulace, cla, průmyslová práva, smlouvy, uplatnění škod
M	Manažerská	Harmonogram, organizace a proj. tým, řízení projektu

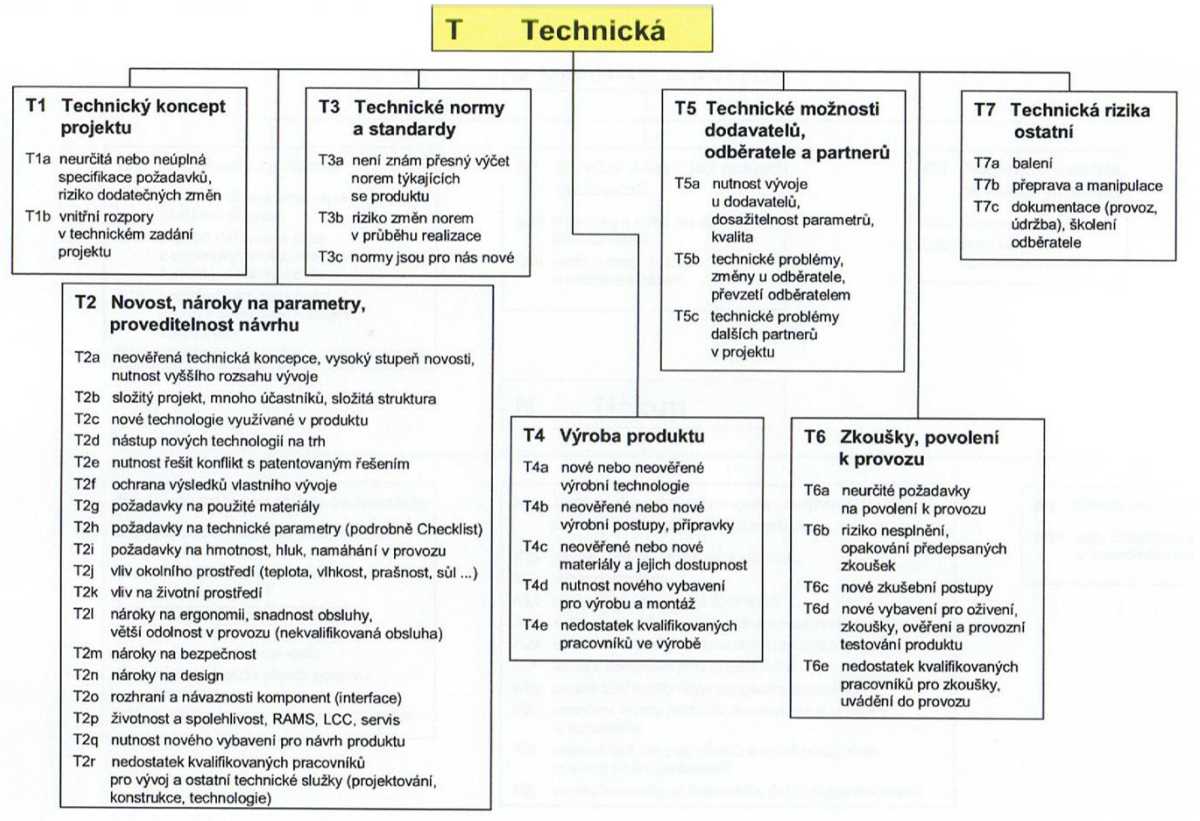
Tab. 3-2 Skupiny členění rizik [Korecký 2008]

Po stanovení požadované hloubky struktury autor tedy taxativně determinoval všechny typy identifikovaného rizika a rozdělil je následovně do hlavních skupin rizik. Pro možnost pracovat s menším počtem typologických rizik sdružil autor jednotlivá rizika do podskupin. Přehled těchto podskupin je na Obr. 3-1:



Obr. 3-1 Hierarchie členění rizik projektu [Korecký 2008]

Dílčí klíčovou podmnožinou rizik z pohledu konstruktéra resp. jednou z hlavních skupin rizik se autor zabývá rovněž v [Korecký 2008] viz. Obr. 3-2:



Obr. 3-2 Hierarchie členění technických rizik [Korecký 2008]

Podle mj. [Marek& al 2009] lze na riziko nahlížet jako na kombinaci závažnosti možné poruchy a pravděpodobnosti vzniku škody během specifikované nebezpečné události v rámci zkoumaného systému. Riziko je definováno podle následujícího vztahu:

$$R = S \,.\, P \qquad (1)$$

kde:

R = riziko
S = bezrozměrné číslo, které klasifikuje závažnost, tj. odhad jak silně budou následky poruchy ovlivňovat systém nebo uživatele
P = bezrozměrné číslo, které vyznačuje pravděpodobnost výskytu poruchy

Vyjádření (vyčíslení) následků rizika

Následky rizika lze vyčíslit odlišně, kupříkladu podle Tab. 3-3. V odborné literatuře jsou rizika vyjadřována v různých jednotkách:

Pravděpodobnost	Následek
rok^{-1}	peněžitá škoda [Kč]
km^{-1}	okamžité úmrtí [počet]
$km^{-2}.\ rok^{-1}$	úmrtí z pozdních následků [počet]

Tab. 3-3 Možnosti vyjádření následků rizika [Ramroth 2008]

V odborné literatuře je použito několik vyjádření pravděpodobnostního charakteru následku rizika, ale běžně se používá kupříkladu riziko poruchy, riziko úmrtí z dopravních nehod na 1 km při použití dopravního prostředku nebo riziko úmrtí nebo poškození zdraví při havárii TS. Hodnocení následků rizik se dále dokládá prostřednictvím ekonomické ztráty (v některé z národních či mezinárodních měn) nebo v poškození lidského zdraví, tyto dvě hlediska se uvádějí v odborné literatuře nejčastěji a jsou označovány jako **míry/úrovně/velikosti** rizika finančního a **míry/úrovně/velikosti** rizika zdravotního.

Příklad těchto měr/úrovní/velikostí rizika lze nalézt kupříkladu v chemickém průmyslu, kde v průměrné pravděpodobnosti jednou za 100 let (vztažená pravděpodobnost $1.10^{-2}.rok^{-1}$) muže dojít k nadlimitnímu úniku nebo koncentrace nebezpečných látek. Následkem úniku jsou materiální škody a poškození zdraví člověka, a to kupříkladu v závislosti na meteorologické situaci (např. povětrnostní podmínky, vlhkost prostředí, déšť). Finanční míra rizika ($měna.rok^{-1}$) udává sumu finančních prostředků, které musí společnost vytvořit pro pokrytí následků havárie. Zdravotní míra rizika (úmrtnost, poranění a poškození zdraví) pak určuje

velikost/míru/úroveň rizika osob ohrožených únikem nebezpečných látek z chemického provozu nebo radioaktivních látek kupříkladu z jaderné elektrárny. Velikost/míra/úroveň rizika (která v sobě obsahuje i finanční náhradu za poškození zdraví či úmrtí) představuje souhrn nákladů, které je nutno zahrnout do prodejní ceny, kde zdravotní míra/úroveň/velikost rizika by měla být rozhodujícím faktrorem pro povolení provozu TS certifikačním subjektem a následného prodeje na volném trhu.

Při používání zdravotní míry/úrovně/velikosti rizika je nutné rozhodnout, na koho se vztahuje. Například při velké průmyslové havárii jsou jiné dopady a následky pro osoby v těsné blízkosti havárie než pro obyvatele přilehlého města nebo regionu. Riziko konkrétního jednotlivce je odlišné podle toho, v jakém postavení (a to nejen topologickém) se při havárii nachází. Riziko vztahované k jednotlivci se nazývá individuální riziko (riziko individua). Riziko vztahované ke skupině osob se označuje jako společenské riziko.

Individuální riziko poukazuje na riziko, kterému je vystavena osoba v blízkosti zdroje rizika, kde tato veličina zahrnuje povahu poškození osoby a pravděpodobnost, že toto poškození nastane a limit času, během kterého poškození může nastat. V odborné literatuře [Fuchs&Vališ 2004] se uvádí i riziko individuální fatality, a to pokud se vztahuje ke smrti člověka, individuální riziko zranění, například popálení nebo ozáření, pokud jde o zranění člověka takovým poškozením. Individuální riziko ozáření, v případě poškození obsluhy přímo souvisí s únikem toxické látky. Individuální riziko je pravděpodobnost výskytu nežádoucích následků způsobených rizikovou událostí/situací osobě nacházející se v bodě (x, y) v okolí nebezpečného TS.

Při hodnocení rizika je nutné uvažovat jak pravděpodobnost vzniku nežádoucí události/situace, tak její následek (dopady). Následky nežádoucí rizikové události/ situace můžou být velmi rozdílné, mohou být měřeny ve formě finančních ztrát způsobených výpadkem napájení stroje (vznikající nežádoucí prostoje TS) až po pokročilé modelování systémů úniku nebezpečných látek a radioaktivity do životního prostředí specializovanými metodami predikce rizik.

Objektivní pravděpodobnost jevu

Definice pravděpodobnosti předpokládá, že ještě před provedením pokusu nebo měření je známo, jaké mohou být jeho výsledky při znalosti jejich relativní četnosti. Potom pravděpodobnost jevu A je definována následovně [Marek 2012]:

$$P(A) = \frac{N_A}{N} \qquad (2),$$

kde N_A je četnost jevů, v nichž nastane jev A, a N je teoretická pravděpodobnost všech možných výsledků pokusu či měření. Statistická definice pravděpodobnosti naopak předpokládá, že žádné takové znalosti nejsou k dispozici.

Subjektivní pravděpodobnost jevu

V praxi se však podstatně častěji lze setkat s tzv. subjektivní pravděpodobností. Jedná se o vlastní tj. subjektivní odhad (estimaci) objektivní pravděpodobnosti. Ukazuje se velmi často , že tyto odhady bývají dosti zkreslené, a to především buď optimistickým či pesimistickým přístupem hodnotitele. Dále pak výslednou pravděpodobnost velmi často zkresluje podvědomá snaha o symetrizaci rozdělení. Dalším problémem je časté přeceňování pravděpodobností málo pravděpodobných jevů a naopak nedoceňování pravděpodobností jevů, které mohou nastat s vysokou pravděpodobností. Subjektivní pravděpodobnost lze vyjádřit slovně, a/nebo číselně. Slovní vyjádření pravděpodobnosti je často srozumitelnější, ale nelze jej využít ke tvorbě matematických modelů. Vztah mezi číselným a slovním vyjádřením pravděpodobnosti výskytu lze vyjádřit například s pomocí Tab. 3-4.

Vyjádření subjektivní pravděpodobnosti	
Číselné	Slovní
0	zcela vyloučeno
0,1	krajně nepravděpodobné
0,2-0,3	velmi nepravděpodobné
0,4	nepravděpodobné
0,6	pravděpodobné
0,7-0,8	velmi pravděpodobné
0,9	nanejvýš pravděpodobné
1	zcela jisté

Tab. 3-4 Příklad vyjádření subjektivní pravděpodobnosti [Marek 2012]

Vztah mezi slovním a číselným vyjádřením není upraven ani technickými normami (standardy) a mohou jim být přikládány různé významy [Marek 2012]. Subjektivně lze vyjádřit pravděpodobnost:

• čísly od 0 do 1 – hodnota pravděpodobnosti 0 je v případě, že daná situace s jistotou nenastane (jev nemožný) a hodnota pravděpodobnosti 1 v případě, že daná situace nastane s jistotou (jev jistý).

• poměrem – udává počet realizací jevu z celkového možného počtu (např. jev se vyskytne jednou za týden 7:1) nebo poměrem sázek (zvýšení prodejní ceny materiálu 3:1).

Pro stanovení subjektivních pravděpodobností existují uvedeny dvě metody – metoda relativních velikostí a metoda kvantilů. Metoda relativních velikostí se používá pro určování subjektivních pravděpodobností u jevů, kterých je pouze omezený počet [Otipka&Šmajstrla 2013]. Důležitým pojmem v pravděpodobnosti je pojem nezávislosti, kdy nezávislost je chápána jako nepřítomnost kauzalit. U dvou jevů A a B nezávislost

znamená, že jeden jev (jeho ne-výskyt) neovlivňuje jev druhý, resp. pravděpodobnost toho, že nastane jev A, je stejná, ať existuje informace o tom, že nastal (či nenastal) jev B nebo taková informace vůbec neexistuje.

Pro pravděpodobnost pak platí:

$$P(A \cap B) = P(A) \,.\, P(i) \tag{3}$$

Tato platnost platí jen když se jedná o nezávislé jevy. S pojmem nezávislosti jevů souvisí pojem podmíněné pravděpodobnosti. Někdy se totiž omezujeme jen na situace, kdy už nastal nějaký jev, např. jev B, a zajímá nás pravděpodobnost jevu A [Budíková a kol., 2017]. Dalším důležitým vzorcem, který vychází ze vzorců podmíněných pravděpodobností, je Bayesův vzorec inverzní pravděpodobnosti. Jedná se o vzorec:

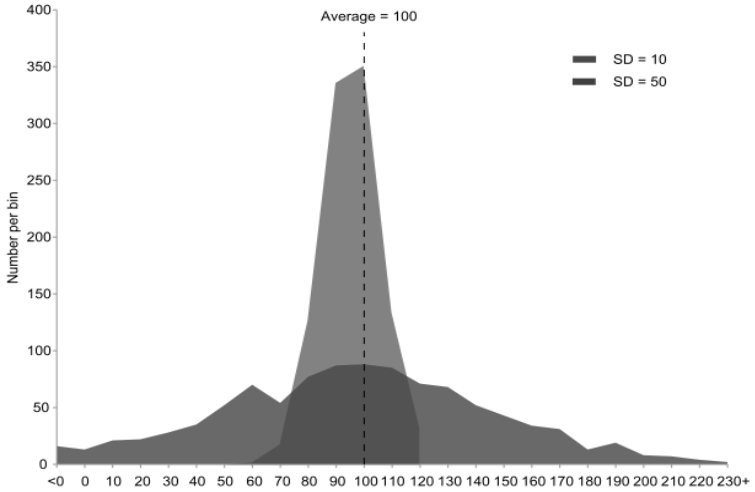
$$P(Bi\,|A) = P(A|Bi)P(Bi) \tag{4}$$

$$Pr\ i=1\ P(A|Bi)P(Bi)\ ,\ i = 1, 2, \ldots, n$$

kde kolekce (B1, . . . , Bn) je opět úplnou kolekcí nezávislých jevů.

Pravděpodobností P(Bi) se nazývají apriorní pravděpodobnosti a P(Bi|A) aposteriorní pravděpodobnosti.

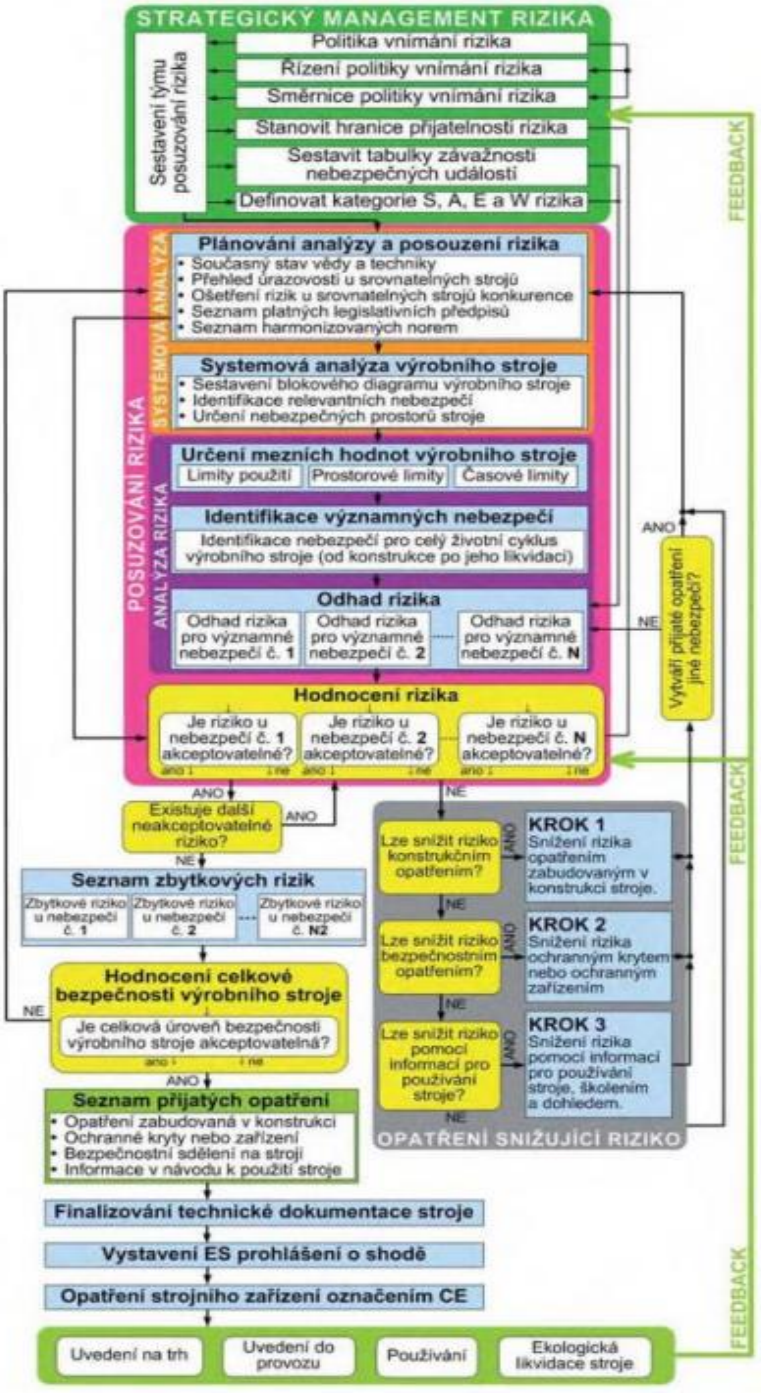
Směrodatná odchylka je v teorii pravděpodobnosti velmi často používanou mírou statistické disperze. Jedná se o kvadratický průměr odchylek hodnot veličiny od jejich aritmetického průměru a vyjadřuje, jak se od sebe navzájem liší typické hodnoty v souboru zkoumaných hodnot. Čím je menší, tím si jsou prvky souboru většinou navzájem podobné, a naopak velká směrodatná odchylka vyjadřuje velkou vzájemnou rozdílnost hodnot. Pravidly 1σ a 2σ se určuje vzdálenost hodnot od průměru, resp. hodnoty náhodné veličiny vzdálené od střední hodnoty (Obr. 3-3).



Obr. 3-3 Směrodatná odchylka [Otipka&Šmajstrla 2013]

3.3 Metody predikce rizik technických produktů a jejich členění

Odborná literatura se o členění metod predikce a analýzy rizik TS vyjadřuje nejednotně, v této kapitole je pojednáno o členění metod predikce a analýzy rizik a doporučení pro jejich využívání z pohledu mnoha autorů. Rizika je nutno predikovat a analyzovat s využitím jednotlivých metod systémově dle [Blecha 2009] viz. Obr. 3-4, kde je znázorněn postupový vývojový diagram systémového přístupu predikce a analýzy technických rizik – predikce a analýza poruch a bezpečnosti.



Obr. 3-4 Vývojový diagram postupu řízení rizik [Blecha 2009]

Podle [ČSN EN 31010, 2011] lze metody pro predikce a analýzy technických a bezpečnostních rizik členit do několika skupin. Jedná se o metody vyhledávací, za které jsou považovány například kontrolní seznamy (CL) a předběžná analýza nebezpečí (PHA). Další skupinou jsou metody podpůrné (strukturovaný rozhovor a brainstorming, SWIFT – What if? a analýza bezporuchové činnosti člověka HRA), další skupinou metod jsou analýzy scénáře (mezi ty jsou řazeny metody analýzy kořenových příčin, FTA, ETA nebo analýza vztahu příčina-následek), analýzy funkce (zde jsou uvedeny FME(C)A, HAZOP) metody posuzování prvků rizika (například metoda analýza Bow-tie) a statistické metody (Markovova a Bayesova analýza apod.). V odborné literatuře dále autoři [Korecký&Trkovský 2011] člení metody predikce a analýzy rizik na analýzy kořenových příčin, na diagramy, na metody pro identifikaci a analýzy poruch a nebezpečí, na metody pro základní popis rizika, na statistické a simulační metody, na analýzy pomocí scénářů a na analýzy pro podporu rozhodování. Metody používané k hodnocení rizika lze rovněž členit do několika skupin podle stupně podrobnosti analýzy rizika a schopnosti kvantifikace **míry**/**úrovně/velikosti** rizikové události podle stupně podrobnosti [Fuchs&Vališ 2004]:

Srovnávací metody

Srovnávací metody slouží k identifikaci (zjištění) příčin rizika a podstatou těchto metod je vzájemné porovnávání údajů získaných z provozu TS s mezními údaji TS, srovnání TS je často doplněné vizuální prohlídkou TS. Jejich cílem je odhalení slabých konstrukčních mísgt TS a jeho potenciálních rizik a následná klasifikace rizik TS, jeho podskupin (subsystémů) nebo klíčových uzlů na základě subjektivního posouzení jejich podílu na příčinách a simulovaném průběhu potenciálních rizikových událostí/situací. Tyto metody slouží k odhalení potenciálně nebezpečných částí posuzovaného TS. Jejich cílem není číselně vyjádření pravděpodobnosti vzniku rizikové události ani definice podílu dílčích částí TS s ohledem na výskyt rizikové události/situace S použitím těchto metod nelze vyčíslit pravděpodobnost vzniku, závažnost či následky výskytu rizikové události/situce.

Analytické metody založené na deterministickém přístupu

Analytické metody pak slouží k systematické identifikaci příčin vzniku rizikových událostí/ situací a k predikci jejich potenciálních následků. Pro identifikovaná rizika (nebezpečné události) se vypracovává seznam (zpravidla poruch TS) nebo jeho skupin a klíčových částí a případných chyb obsluhy. Cílem těchto metod je poskytnutí přehledu o chování TS v případě predikovaného rizikové události/situaci. Vhodnost jejich použití v jednotlivých etapách životního cyklu zařízení je podle odborné literatury velmi rozdílná (viz. Tab. 3-6) Nedostatkem těchto metod (společně se srovnávacími metodami) je v tom, že nemají schopnost determinace pravděpodobnosti výskytu

rizikových událostí/situací, pravděpodobnosti selhání pro bezpečnost klíčových částí TS a zásahu obsluhy. Proto tyto metody selhávají při řízení pravděpodobnostní složky rizika a neumožňují důslednou prevenci rizikových událsotí/situací jak z pohledu TS a jeho obsluhy. Metody FTA, ETA, CCA, HRA představují pokročilé metody predikcí TS a jejich částí a jsou spíše komplementárními metodami pro posouzení a analýzu rizik celého TS.

Analytické metody založené na pravděpodobnostním přístupu

Tyto metody se začaly vyvíjet v polovině 70. let minulého století, zejména při konstrukci sofistikovaných strojů s potenciálně vysokou závažností následků rizikových událsotí/situací. Často se v odborné literatuře uvádí, že zejména pro vojenský či chemický průmysl. Před vývojem těchto metod se užívaly metody analytických posouzení rizik založených pouze na vyhledání příčin a následků selhání TS (deterministický přístup). Z důvodu vysokých nároků na kvalitu a bezpečnost v oblastech jaderného strojírenství vznikla potřeba numerického vyjádření hodnocení podílu rizik s využitím matematicko-statistických metod pro co nejpřesnější predikce pravděpodobnosti výskytu rizikových událostí/situací. Obdobně jako u předchozích skupin metod je analyticky sestaven seznam poruch TS, jeho komponentů či chyb obsluhy, vedoucích ke vzniku rizikové události/situaci. K těmto rizikům jsou přiřazeny numericky vyjádřené pravděpodobnosti jejich výskytu rizikové události/situace.

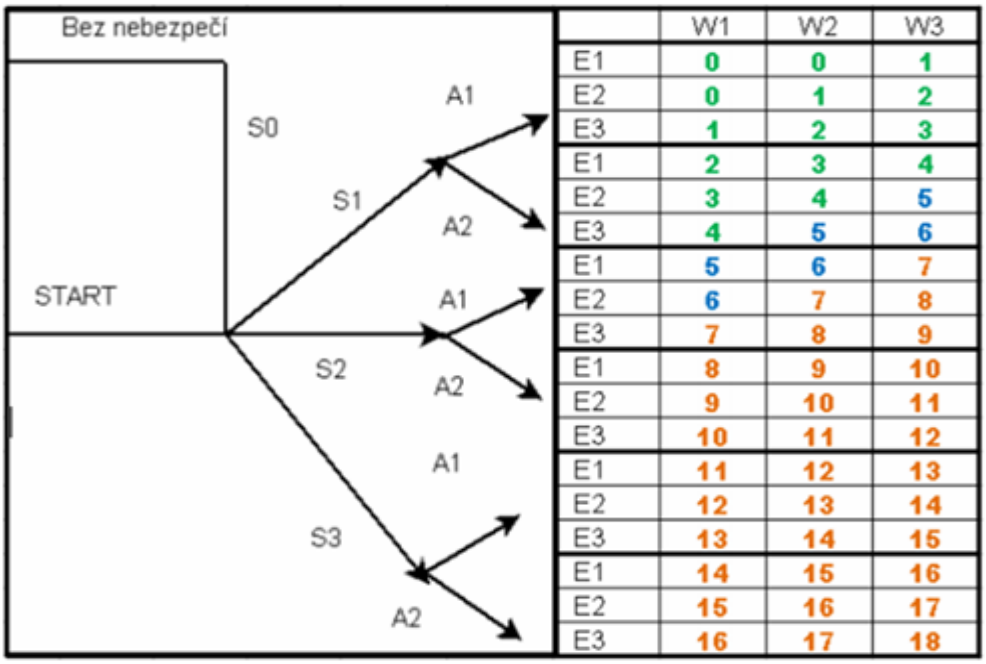
Podle odborné literatury [Fuchs&Vališ 2004] lze členit metody predikce a analýzy rizik podle schopnosti stanovení míry rizika:

- kvalitativní metody
- semikvantitativní metody
- kvantitativní (pravděpodobnostní) metody

Toto členění do skupin je však nejen podle odborné literatury subjektivní, jelikož metody se mohou napříč těmito třemi skupinami prolínat. V následující části je uveden stručný popis jednotlivých metod podle výstupů, které jejich použití umožňuje s využitím [Fuchs&Vališ 2004]:

3.3.1 Analýza bezpečnosti stroje

Tato metoda slouží k identifikaci nebezpečí a odhadu velikosti rizika s ohledem na bezpečnost obsluhy a je upravena v [ČSN ISO EN 12100, 2011] a [ČSN ISO EN 14121-1, 2008]. Pro odhad velikosti rizika berou v podtaz faktory (prvky rizika), a to: míru poškození, dobu pobytu v oblasti nebezpečí, možnost rozpoznání (odhalitelnost) a vyvarování se nebezpečí a pravděpodobnost vzniku nebezpečné události.



	W1	W2	W3
E1	0	0	1
E2	0	1	2
E3	1	2	3
E1	2	3	4
E2	3	4	5
E3	4	5	6
E1	5	6	7
E2	6	7	8
E3	7	8	9
E1	8	9	10
E2	9	10	11
E3	10	11	12
E1	11	12	13
E2	12	13	14
E3	13	14	15
E1	14	15	16
E2	15	16	17
E3	16	17	18

Obr. 3-5 Graf pro odhad velikosti rizika a matice rizik [Marek&kol. 2009]

Velikost odhadovaného rizika (rozmezí 0 až 18) se poté stanoví s využitím grafu pro odhad velikosti rizika, kde je hodnotitel navigován (Obr. 3-5).

[ČSN ISO EN 12100-1, 2011] a [ČSN ISO EN 14121-1,2008] normativně doporučují hodnocení rizikových situací/událostí ve třech kategoriích:

- akceptovatelné riziko (hodnoty v rozmezí 0 až 4)

- riziko akceptovatelné po ověření (rozmezí 5 až 6)

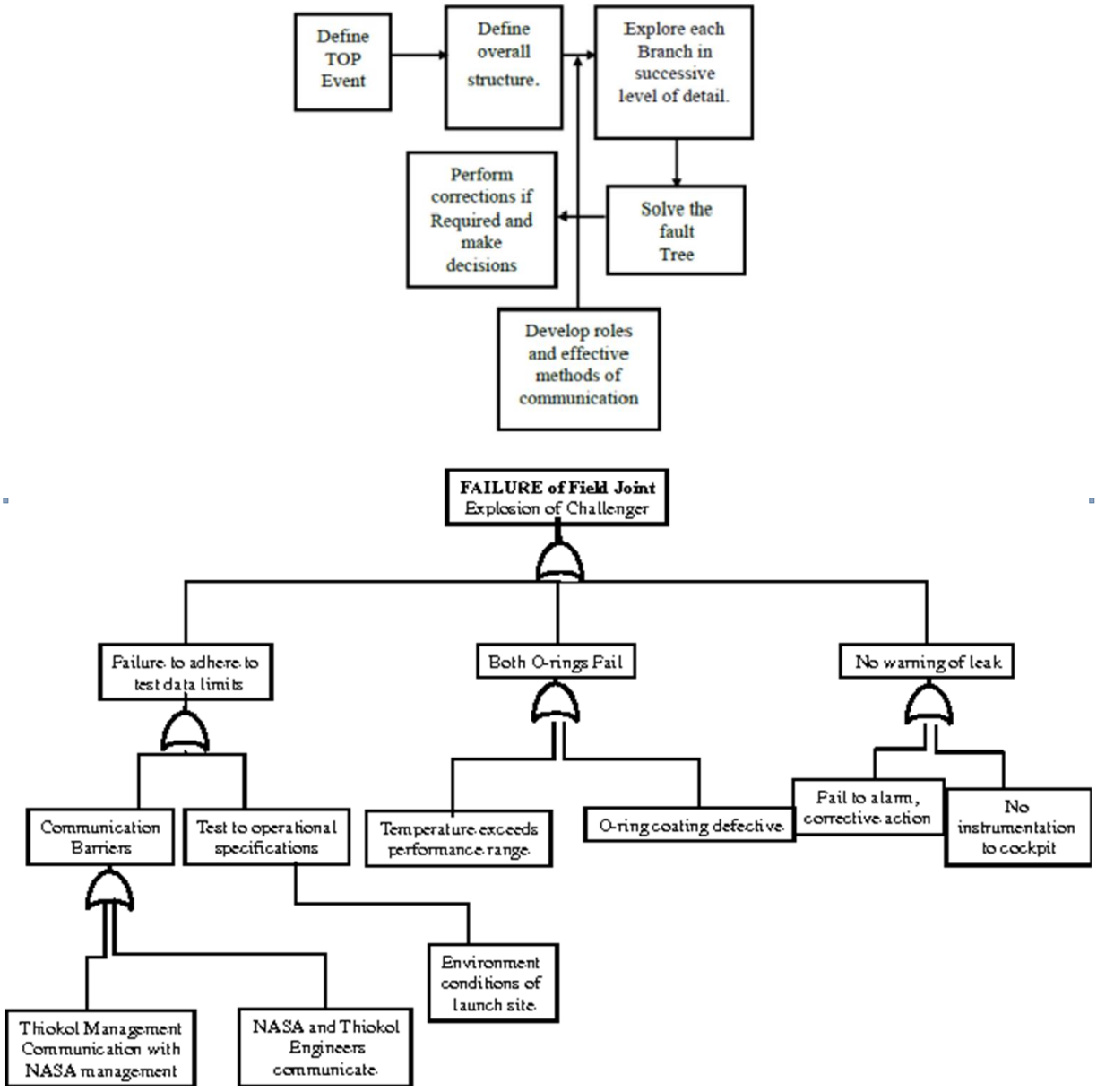
- neakceptovatelné riziko (rozmezí 7 až 18)

V případě, že riziko nabývá hodnot v rozmezí 7 až 18, je nutné obligatorně provést ošetření rizika v podobě opatření, kde podle [ČSN ISO EN 12100-2, 2011] jsou uvedena konkrétní opatření pro typy rizikových událostí (např. mechanické, chemické či elektrické rizikové situace). Analýza se následně opakuje dokud se riziko nabývá hodnoty max. 6. Detailněji se s postupem lze seznámit v příloze DiSP.

3.3.2 Analýza stromu poruchových stavů

Jedná se o metodu, která se aplikuje vždy na konkrétní určitou předpokládanou poruchu (alternativně nebezpečí) TS [ČSN EN 61025, 2007], tato metoda je odborné veřejnosti známější v anglickém překladu FTA (Fault Tree Analyses). Metoda FTA využívá grafický model stromu poruch, který zobrazuje příklady různých kombinací poruch TS a jeho komponent či chyb jeho obsluhy, které mohou potenciálně vyvolat kritickou poruchu celého TS. Ty jsou podle [ČSN EN 61025, 2007] označeny jako vrcholové události. FTA je dle [Fuchs&Vališ 2004] řazena mezi analytické metody

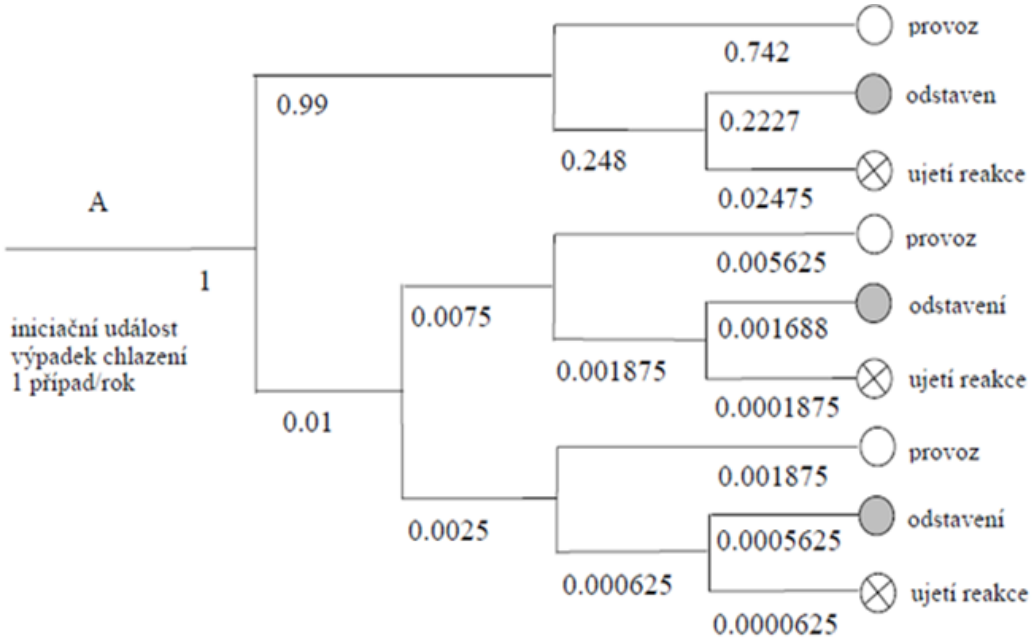
založené na deterministickém přístupu. Účelem FTA je nalezení kombinací potenciálních závažných poruch TS, kdy FTA vytváří logické modely poruch TS, které používají logická hradla typu boolean (kupříkladu AND nebo OR) pro popis způsobu selhání TS. Každý logický model v podobě seznamu poruch je ověřován, přičemž seznamy kombinací poruch TS se nazývají minimální kritické řezy směřující k vrcholové události. Tyto seznamy se řadí číselně a podle typu poruch TS v každém kritickém řezu. Kontrola seznamů minimálních kritických řezů indikuje slabá místa v provozu TS a k těm jsou poté navrženy alternativy možných bezpečnostních opatření. Metoda umožňuje kvantitativní (numerické) hodnocení vrcholových událostí.



Obr. 3-6 Dílčí aplikace metody FTA [Jenab&Moslehpour 2016]

3.3.3 Analýza stromu událostí

Cílem analýzy stromu událostí ETA (Event Tree analyses) je identifikace potenicálních vrcholových následků poruchy TS, které se mohou objevit po iniciaci rizikové události/situaci (např. konkrétní porucha TS nebo chyba obsluhy). Strom událostí predikuje odezvy bezpečnostních systémů a obsluhy na iniciační událost a následně predikuje koncové stavy nehody [ČSN EN 62502, 2011]. Výsledkem analýzy ETA jsou scénáře nehody v podobě souboru poruch TS vedoucích k nehodě. Tyto výsledky popisují možné koncové stavy nehody pomocí sekvence událostí objevující se po iniciační události. ETA je vhodná pro analýzu složitých procesů, které mají několik úrovní bezpečnostních systémů nebo postupů pro případ nouze vhodných pro odezvu na určité typy iniciačních událostí. Stromy událostí jsou užívány pro identifikaci různých typů poruch TS. Po identifikaci těchto nehodových sekvencí mohou být určeny typické kombinace poruch TS pomocí analýzy stromu poruch potenciálně vedoucím k těmto nehodám. Výsledkem analýzy stromu událostí jsou modely stromu událostí a odolnosti bezpečnostních systémů každého zvoleného koncového stavu (viz. Obr. 3-7). Nehodové sekvence zobrazené ve stromu událostí představují logické AND kombinace událostí a tyto poruchy TS mohou vizualizovány na formu modelu stromu poruch TS pro následující kvalitativní analýzu jinou metodou. Výsledky metody jsou využitelné pro identifikaci převážně procesních slabých míst a poskytují doporučení pro snížení pravděpodobnosti vzniku možných rizikových událostí TS(s).



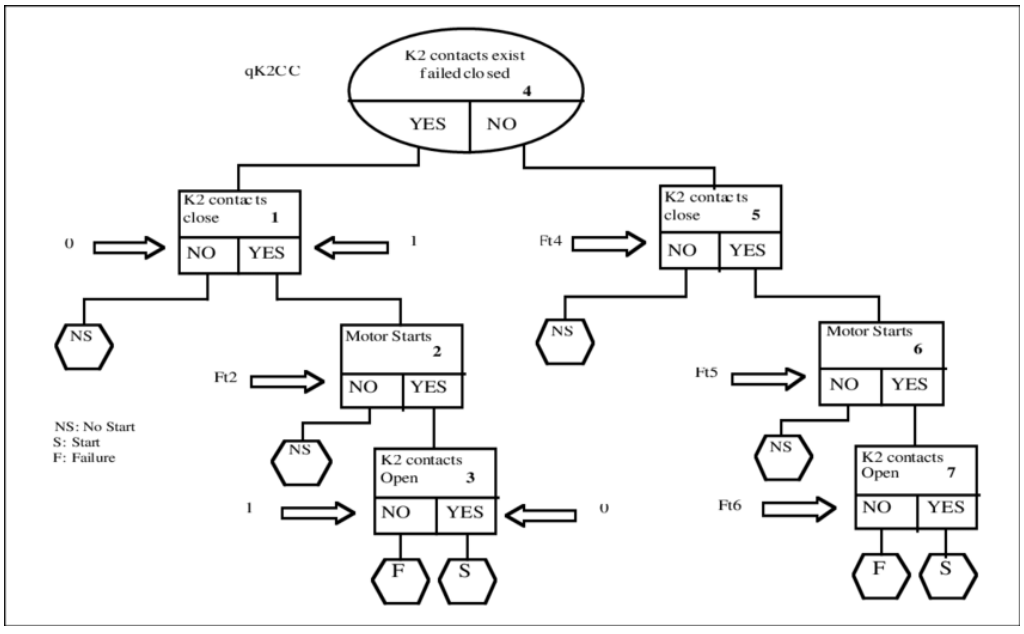
Obr. 3-7 Dílčí aplikace metody analýzy stromu událostí [Babinec 2005]

3.3.4 Bezpečnostní prohlídka

Bezpečnostní prohlídka (safety review - SR) je jednou z nejstarších metod pro identifikaci příčin rizik. Je tvořena z jednoduchých inspekčních prohlídek, které spočívají v informačních, rutinních vizuálních kontrolách TS. Bezpečnostní prohlídky jsou určeny pro identifikaci podmínek nebo provozních činností TS, které by mohly vést k nehodě a následně ke zranění, ztrátě na majetku nebo na životním prostředí. Bezpečnostní prohlídka se soustřeďuje na závažné rizikové situace a doplňuje ostatní bezpečnostně procesní činnosti a ostatní metody identifikace zdrojů rizika (jako jsou metody kontrolním seznamem a SWIFT). Výstupem bezpečnostních prohlídek jsou kvalitativní popisy možných bezpečnostních problémů a podnětů k jejich ošetření. Závěrečná práva inspekčního týmu zahrnuje seznam potenciálních predikovaných rizikových událostí.

3.3.5 Cause and consequences analyses

Analýza příčin a následků (Cause and consequences analyses - CCA**)** kombinuje dohromady analýzy stromu poruch a analýzy stromu událostí. Diagram příčin a následků zobrazuje vztahy mezi následky a jejich základními potenciálními příčinami. Protože grafická forma, která kombinuje jak strom poruch tak strom událostí v jednom diagramu, muže být hodně detailní, tato metoda se užívá obvykle nejvíce v případech méně náročné logiky poruch TS. Podstatou analýzy příčin a následků je tedy identifikace příčin a následků potenciálních poruch TS. Výstupy této metody jsou v podobě diagramů s nehodovými sekvencemi a kvalitativními popisy možných následků rizikových situací, tato metoda je pak v odborné literatuře často označována jako analýza typu motýlek (tzv. Bow-tie analysis) viz. Obr. 3–8.



Obr. 3-8 Postup metody CCA a dílčí aplikace metody [Ridley a kol. 2001]

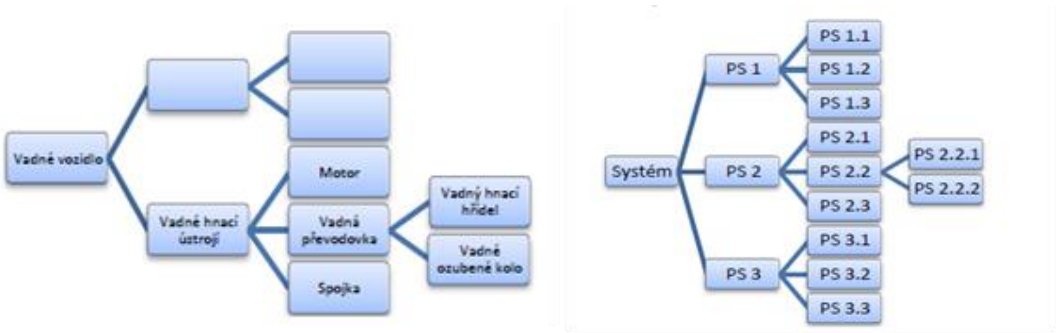
3.3.6 Analýza „Co se stane, když …“

Metoda Co se stane, když …“(What if – WI) je metodou spontánní diskuse, ve které skupina odborníků pokládá otázky a posuzuje následky nežádoucích rizikových událostí, kupříkladu: Co se stane, když se reaktor A zastaví při najíždění? Co se stane, když obsluha otevře potrubí A namísto potrubí B? Účelem analýzy WI je identifikovat příčiny rizikových událostí, které mohou potenciálně způsobit nežádoucí následky. Ve své nejjednodušší formě se při použití techniky WI vytváří seznam otázek a odpovědí bez kvantifikace výskytu rizikové události. Tato metoda tvoří dle odborné literatury základ metody SWIFT (strukturovaná analýza what if).

3.3.7 FMEA

Metoda FMEA (analýza způsobů a důsledků poruch) je nejužívanější metodou analýzy rizik TS, tuto metodu významněji aplikovala nejprve společnost NASA na projekt Apollo 13 jako analýzu spolehlivosti složitých TS v kosmickém výzkumu a jaderném průmyslu. Později se metoda aplikovala na sériovou výrobu projektu Ford Pinto, v 80. letech byla kompletně zpracována ve standard v podobě QS9000. FMEA se postupně vyvinula a aplikovala do jiných odvětví leteckého průmyslu, jaderné energetiky nebo pro oblast sdělovací techniky.

FMEA se řadí k základním preventivním metodám predikce rizik TS, jedná se o systémovou týmovou analýzu umožňující identifikaci rizik u posuzovaného návrhu TS, ale i reálného prototypu či technického produktu v provozu ke zjištění rizikovosti a následné realizaci preventivních či následných opatření, které vedou ke zlepšení kvality [ČSN EN 60812, 2017], kde se přímo doporučuje, aby během FMEA analýzy byli přítomni všichni zaměstnanci v konstrukci, technologii, vývoji, kontroly, výroby, řízení kvality apod. FMEA je přednostně doporučena pro konstrukční etapu technického produktu, avšak umožňuje použití i již existující TS a procesy. Před použitím analýzy FMEA se v případě složitosti TS doporučuje hierarchické rozčlenění TS na jednotlivé funkční části a provádění analýzy podle potřeby na úrovni TS jako celku, subsystému, konstrukčního celku či konstrukčního dílu (viz. Obr. 3-9).



Obr. 3-9 Členění technického produktu na nižší úrovně [Zeman 2010]

Ve standartu [ČSN EN 60812, 2007] se uvádí tři základní typy FMEA:

SFMEA (System Failure Mode Effects Analysis) (systémová FMEA) - analyzuje systémy a subsystémy viz Obr. 3-9 v raném (koncepčním) stadiu TS a zaměřuje se na interakce mezi systémy a jejich subsystémy.
DFMEA (Design Failure Mode Effects Analysis) (konstrukce, návrh) analyzuje TS ve fázi konstrukčního návrhu. Specializuje se na druhy vad způsobené nedostatky konstrukce (návrhu).
PFMEA (Process Failure Mode Effects Analysis) tento typ FMEA se používá k analýze procesů v etapě výroby a montáže (nehovoří see zde explicitně o distribuci).

Při analýze FMEA se postupuje směrem zespoda nahoru od dílčích částí na nejnižším zvoleném stupni tj. kupříkladu pro SFMEA (brzdový kotouč →přední náprava→brzdový systém→brzdový kotouč).

Obr. 3-10 Příklad hierarchického rozčlenění TS
(automobil→přední náprava→brzdový systém→brzdový kotouč) [Machan 2012]

Následek poruchy na nejnižším zvoleném stupni (brzdový kotouč) se poté může stát příčinou poruchy technického systému na hierarchicky vyšším stupni. Tímto způsobem se postupuje, až ke zjištění konečného důsledku poruch vůči technickému produktu jako celku. Rozšířením analýzy FMEA o analýzu kritičnosti rizika spočívající v posouzení vzájemného vztahu pravděpodobnosti výskytu rizika a závažnosti jeho následků vzniká FMECA (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis).

Metoda FMEA se nejčastěji používá v etapě konstrukce (vývoje) TS(s), procesu nebo systému tvořeného několika TS, avšak lze ji aplikovat také při rengineeringu reálného TS. Dle [ČSN EN 60812, 2007] se zjišťují poruchy TS, které mají nežádoucí důsledky na provoz TS jako systému (celku) nebo mají vliv na bezpečnost obsluhy TS. Výhodou FMEA je „objektivní“ posouzení stavu TS již v etapě konstrukce včetně funkčních požadavků, což potenciálně zvyšuje pravděpodobnost, že závady a jejich následky budou odhaleny ještě během této etapy, a dojde k zefektivnění kvality TS pro výrobu, popřípadě eliminaci pozdějších reklamací, vícenákladů apod.

K hlavním nevýhodám metody FMEA patří zejména složitost, pracnost a časová

náročnost v případě TS, které jsou složeny z většího množství komponent, které mají mnoho funkcí, nebo je v případech, kdy je metoda aplikována poprvé na složitější TS bez předchozích zkušeností s takovým TS. Je totiž nutné zmapovat velké množství informací o TS, jako jsou technologie, příprava výroby, konstrukce, funkce, provoz, montáž apod.

Standard deklaruje [ČSN EN 60812, 2007] cíle a účely metody:

- metoda FMEA je vhodným mechanismem pro prokázání bezpečnosti TS jak o TS, pokud neexistuje nějaká jiná vhodnější metoda (ekejtivní a efektvnější metoda)
- objevení kritických prvků v systému, jejich specifikace a vliv na plnění základních funkcí tohoto TS,
- prokázání spolehlivosti analyzovaného TS ještě před provedením závěrečných zkoušek před sériovou výrobou TS,
- obstarání veškerých informací k optimálnímu návrhu TS i informace o uvažované údržbě TS

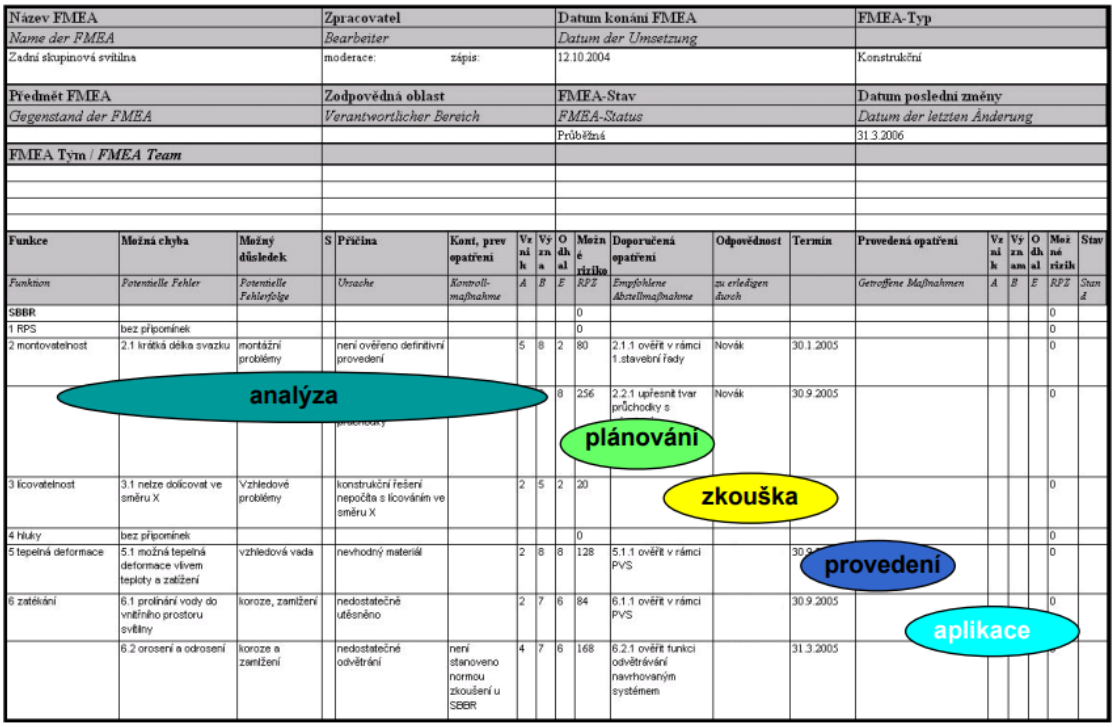
Důležitým momentem pro SFMEA a DFMEA je uvažování systémových rozhraní, jedná se o určení hranic, kde dochází ke vzájemné interakci mezi částmi subsystémů TS navzájem nebo okolním prostředím, cílem je vyloučení rizik (nekompatibilit) mezi (sub-)systémy TS a eliminaci opakování poruch TS několikrát v různých oblastech styku TS.

Nejpoužívanější způsob kvantitativního stanovení kritičnosti je zavedení tzv. čísla priority rizika RPN (risk priority number), jako součinu faktorů S, O, D v předem stanoveném časovém intervalu předpokládaným pro analýzu [ČSN EN 60812, 2007] viz. (Obr. 3–11):

$$RPN = S \,.\, O \,.\, D \qquad (5)$$

kde:

RPN = bezrozměrné číslo priority rizika
S = bezrozměrné číslo, které hodnotí, s jakou závažností bude daná závada ovlivňovat zákazníka a celý systém,
O = bezrozměrné číslo, které vyznačuje pravděpodobnost výskytu závady
D = bezrozměrné číslo, které označuje detekci poruchy, její odhad, že se závada zjistí ještě před tím, než bude mít vliv na systém.



Název FMEA	Zpracovatel	Datum konání FMEA	FMEA-Typ
Name der FMEA	*Bearbeiter*	*Datum der Umsetzung*	
Zadní skupinová svítilna	moderace: zápis:	12.10.2004	Konstrukční
Předmět FMEA	**Zodpovědná oblast**	**FMEA-Stav**	**Datum poslední změny**
Gegenstand der FMEA	*Verantwortlicher Bereich*	*FMEA-Status*	*Datum der letzten Änderung*
		Průběžná	31.3.2006
FMEA Tým / *FMEA Team*			

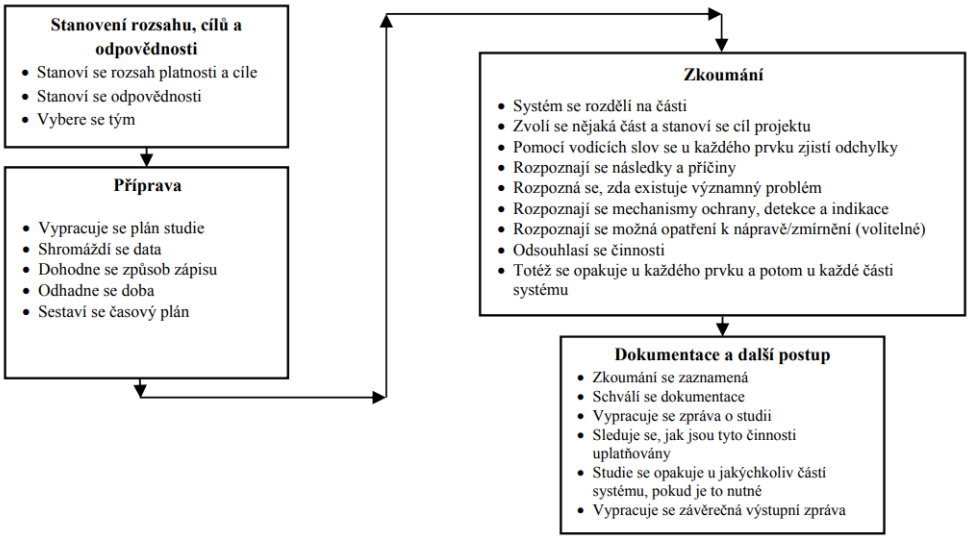
Funkce	Možná chyba	Možný důsledek	S	Příčina	Kont. prev opatření	Vzn ík	Výz na	Odh al	Možné riziko	Doporučená opatření	Odpovědnost	Termín	Provedená opatření	Vzn ík	Výz nam	Odh al	Mož né rizik	Stav
Funkton	*Potentielle Fehler*	*Potentielle Fehlerfolge*		*Ursache*	*Kontroll-maßnahme*	*A*	*B*	*E*	*RPZ*	*Empfohlene Abstellmaßnahme*	*zu erledigen durch*		*Getroffene Maßnahmen*	*A*	*B*	*E*	*RPZ*	*Stan d*
SBBR									0								0	
1 RPS	bez připomínek								0								0	
2 montovatelnost	2.1 krátká délka svazku	montážní problémy		není ověřeno definitivní provedení		5	8	2	80	2.1.1 ověřit v rámci 1.stavební řady	Novák	30.1.2005					0	
								8	256	2.2.1 upřesnit tvar průchodky s	Novák	30.9.2005					0	
3 lícovatelnost	3.1 nelze dolícovat ve směru X	Vzhledové problémy		konstrukční řešení nepočítá s lícováním ve směru X		2	5	2	20								0	
4 hluky	bez připomínek								0								0	
5 tepelná deformace	5.1 možná tepelná deformace vlivem teploty a zatížení	vzhledová vada		nevhodný materiál		2	8	8	128	5.1.1 ověřit v rámci PVS		30.9					0	
6 zatékání	6.1 prolínání vody do vnitřního prostoru svítilny	koroze, zamlžení		nedostatečné utěsněno		2	7	6	84	6.1.1 ověřit v rámci PVS		30.9.2005					0	
	6.2 orosení a odrosení	koroze a zamlžení		nedostatečné odvětrání	není stanoveno normou zkoušení u SBBR	4	7	6	168	6.2.1 ověřit funkci odvětrávání navrhovaným systémem		31.3.2005						

Obr. 3-11 Dílčí aplikace metody FMEA [Machan 2012]

RPN se normativně využívá ke zjištění priority rizika se zaměřením na nejzávažnější způsoby poruch TS, a to na takové poruchy TS, které mají vysoké hodnoty RPN nebo dosahují vysoké závažnosti jejich následků. V některých případech není přípustné, aby přijatelné následky se zjištěným číslem RPN převyšovaly určitou předepsanou hodnotu, v jiných případech se klade důraz na hodnocení závažnosti bez ohledu na čísla RPN (vysoká závažnost následků, velmi nízká pravděpodobnost výskytu rizika). Stupnice, které jsou přiřazovány k jednotlivým ukazatelům, se mohou obecně v řadě případů měnit (ppně odlišné pro jízdní kolo X jaderný reaktor). Používají se převážně stupnice viz. [VDI 2206], ale v řadě případů se používá klasická stupnice od 1 do 10 [ČSN EN 60812, 2007], zjemnění stupnice proto není vyloučeno.

3.3.8 HAZOP

Podstatou analýzy nebezpečnosti a provozovatelnosti HAZOP (Hazard and operability study) je systematická identifikace nebezpečných/havarijních stavů složitých procesních TS směřující k odhalení možných příčin a následků, včetně „prověření“ stávajících bezpečnostních funkcí a stanovení následných opatření snižující potenciální rizika (Obr. 3-12 a Obr. 3-13). Tato metoda je převážně aplikovaná v energetickém průmyslu.



Obr. 3-12 Postup analýzy HAZOP [Janáč&Kopal 2013]

NÁZEV STUDIE: PŘIKLAD PROCESU								LIST č.: 1 z 1	
Výkres č.:		ČÍSLO REVIZE:						DATUM: DD.MM.RRRR	
SLOŽENÍ TÝMU:		LB, DH, EK, NE, MG, JK						DATUM PORADY: DD.MM.RRRR	
UVAŽOVANÁ ČÁST:		Přepravní potrubí ze zásobního tanku A do reaktoru							
CIL PROJEKTU:		Látka: A Činnost: Nepřetržitá přeprava rychlosti větší než B Zdroj: Tank pro A Místo určení: Reaktor							
Č.	Vodící slovo	Prvek	Odchylka	Možné příčiny	Následky	Bezpečnostní opatření	Komentáře	Požadovaná opatření	Opatření přiděleno
1	ŽÁDNÝ, NENÍ ŽÁDNÝ	Látka A	Žádná látka A	Zdrojový tank A je prázdný	Žádný tok A do reaktoru Výbuch	Žádná nejsou specifikována	Nepřijatelná situace	Uvážit instalaci poplachu plus zablokování čerpadla B při nízké hladině v tanku A	MG
2	ŽÁDNÝ, NENÍ ŽÁDNÝ	Přeprava A (rychlosti >B)	K žádné přepravě A nedochází	Čerpadlo A se zastavilo, potrubí se ucpalo	Výbuch	Žádná nejsou specifikována	Nepřijatelná situace	Měření rychlosti průtoku materiálu A plus poplach při malém průtoku plus zablokování čerpadla B při malém průtoku	JK
3	VYŠŠÍ	Látka A	Více látky A: zdrojový tank je přeplněn	Plnění tanku z tankeru při jeho nedostatečné kapacitě	Tank přeteče do omezeného prostoru	Žádná nejsou specifikována	Poznámka: Toto by se zjistilo během zkoumání tanku	Uvážit poplach při vysoké hladině, jestliže nebyla rozpoznána již dříve	EK
4	VYŠŠÍ	Přeprava A	Vyšší přeprava Zvýšená rychlost průtoku látky A	Nesprávná velikost čerpadla Instalace nesprávného čerpadla	Možné snížení výtěžku Produkt bude obsahovat velký přebytek A	Žádné		Zkontrolovat průtoky čerpadlem a jeho charakteristiky při oficiálním uvádění do provozu Zkontrolovat postup uvádění do provozu	JK
5	NIŽŠÍ	Látka A	Méně látky A	Nízká hladina v tanku	Nepřiměřená sací hlava se síťkou Možná turbulence vedoucí k výbuchu Nepřiměřený tok	Žádné	Nepřijatelné Totéž jako u 1	Poplach při nízké hladině v tanku Totéž jako u 1	MG

Obr. 3-13 Příklad záznamu ve studii HAZOP [Janáč&Kopal 2013]

3.3.9 HRA

Metoda analýzy lidské spolehlivosti (Human reability analysis - HRA) je systematické hodnocení faktorů, které ovlivňují výkonnost lidské obsluhy. Účelem analýzy lidské spolehlivosti je identifikovat potenciální lidské chyby a jejich účinky nebo identifikovat příčiny proč se lidské chyby objevují. Cílem metody je systematické nalezení chyb lidského faktoru, které se mohou vyskytnout během standardního nebo nouzového provozu TS, faktory přispívající ke zvýšení intenzity těchto chyb a navrhované změny TS pro snížení pravděpodobnosti výskytu těchto chyb. Výsledky

jsou povahy kvalitativní, ale mohou být i číselně kvantifikovány. Analýza lidské spolehlivosti zahrnuje identifikování vzájemných vztahů částí TS ovlivněných jednotlivými chybami a klasifikace těchto chyb ve vztahu k ostatním chybám na základě pravděpodobnosti jejich výskytu nebo závažnosti následků těchto chyb.

Z uvedených metod se pro predikci a následnou analýzu nežádoucích rizikových událostí/situací a stanovení jejich pravděpodobnosti při predikci a analýze rizik nejintenzivněji používají kvantitativní analýzy stromu poruch a stromu událostí (následně s využitím modelu Bow-tie) a metoda FME(C)A. Specializované metody jsou známy pod označením pravděpodobnostní hodnocení rizika (PRA - Probability Risk Assessment či PSA - Probability Safety Assessment), představují souhrn metod používaných pro stanovení pravděpodobnosti úniku radioaktivních látek a jeho následku.

3.3.10 Kontrolní seznamy

Cílem metody kontrolních seznamů (checklistů - CL) je vytváření seznamu položek a kroků k ověření aktuálního stavu TS (testuje se převážně jeho spolehlivost či bezporuchovost). Podrobný kontrolní seznam poskytuje základ pro standardní zhodnocení procesních příčin rizika. Kontrolní seznamy jsou často kombinovány s jinou metodou identifikace zdrojů rizika, kupříkladu WI. Kvalita výstupů CL je výrazně omezena zkušenostmi osoby, která je stanovuje a provádí a doporučuje se, aby byly vytvářeny osobami s rozdílným technickým vzděláním, avak mají tyto osoby mají mít rozsáhlé zkušenosti s TS, které jsou příbuzné TS(s) podléhající analýze kontrolním seznamem. V kontrolním seznamu jsou definovány standardní provozní postupy, jako zdroj seznamu otázek založených na nedostatcích nebo rozdílech oproti skutečnému stavu. Vyplněný kontrolní seznam označuje rizikové situace ANO a NE, NEAPLIKOVATELNÝ nebo POTŘEBA VÍCE INFORMACÍ.

3.3.11 LOPA analýza

Analýza LOPA (Layer of Protection Analysis) slouží k odhadu rizik, která souvisejí s nežádoucími rizikovým událostmi/situacemi. Postupně jsou navrhovány a testovány opatření vedoucí ke snížení nebo eliminaci rizikových událostí/situací v podobě úrovní ochranných vrstev (informace na štítku→kryt→alarm).

3.3.12 Předběžná analýza ohrožení

Předběžná analýza nebezpečí (Preliminary hazard analyses - PHA) je metodu používanou zejména ve fázi vývoje TS, kdy nejsou k dispozici detailní informace o TS. Metoda slouží k hrubé identifikaci zjevných rizikových událostí/situací (nebezpečných), stanovení závažnosti potenciálních následků rizikových situací a určení bezpečnostních opatření vedoucích k redukci rizik. Nezabývá se příčinami vzniku rizikových událostí/situací, ani je číselně nekvantifikuje.

3.3.13 Relativní klasifikace (Relative Ranking)

Metody relativní klasifikace (relative ranking - RR) [Fuchs&Vališ 2004] jsou zpravidla užívány u TS identifikovanými jako TS s potenciálně závažnými následky rizikových událostí/situací. Jedná se kupříkladu o Dow Fire and Explosion Index, který vyhodnocuje existenci a závažnost zdrojů rizika z požárního a explozivního hlediska. Jednotlivým procesům v LC TS jsou přidělovány indexy založené zejména na materiálových, fyzikálních a chemických charakteristikách, na procesních podmínkách, uspořádání TS, jeho umístění v provozu a na dalších fakultativních faktorech. Kombinací těchto faktorů vzniká tzv. F&EI skóre. Hlavní účel metod RR je stanovení procesních úseků nebo činností, které jsou nejvýznamnější s ohledem na předem identifikované příčiny rizika, cílem těchto metod je stanovení relativní důležitosti procesů v LC TS a operací (z hlediska bezpečnostního) ještě před provedením navazujících metod predikce a analýzy rizik TS. Výsledkem metod RR je koncipovaný seznam procesů, TS (jeho částí) a operací v provozu TS, který je uspořádán podle úrovní významnosti - indexy, skóre, stupnice faktorů záleží na druhu použité metody relativní klasifikace viz. Obr. 3-14 [Babinec 2005].

PODNIK	DIVIZE	UMÍSTĚNÍ	DATUM
STANOVIŠTĚ	VÝROBNÍ JEDNOTKA	PROCESNÍ JEDNOTKA	
ZPRACOVAL:	SCHVÁLIL:	BUDOVA	
KONTROLOVAL:			
LÁTKY V PROCESNÍ JEDNOTCE		N_H =	N_F = N_R =
PROVOZNÍ STAV ....Projekt..... Najíždění.....Provoz ....Odstavení		NÁZEV UVAŽOVANÉ SUBSTANCE	
MATERIÁLOVÝ FAKTOR (viz tab.1 nebo příloha A nebo B) Pozor na požadavky při t > 60°C			

1. Obecná procesní nebezpečí	**Rozsah Přirážky**	**Použitá přirážka**
Základní hodnota faktoru	1.00	**1.00**
A. Exotermické chemické reakce	od 0.30 do 1.25	
B. Endotermické procesy	od 0.20 do 0.40	
C. Manipulace a přeprava látek	od 0.25 do 1.05	
D. Umístění jednotky v uzavřených nebo vnitřních prostorách	od 0.25 do 0.90	
E. Přístupnost k jednotce	od 0.20 do 0.35	
F. Drenáž, zabezpečení proti přetečení m^3	od 0.25 do 0.50	
Faktor obecných nebezpečí (F_1)		
2. Speciální procesní nebezpečí		
Základní hodnota faktoru	1.00	**1.00**
A. Toxické látky	od 0.20 do 0.80	
B. Podtlak (< 500 mm Hg)	0.50	
C. Provoz uvnitř nebo blízko mezí hořlavosti .. s inertizací ... bez inertizace		
1. Skladovací nádrže (úložiště, zásobníková pole) hořlavých kapalin	0.50	
2. Neustálený proces nebo porucha inertizace (porucha přístrojů)	0.30	
3. Provoz trvale v rozsahu hořlavosti	0.80	
D. Exploze prachu (viz. tabulka 2)	od 0.25 do 2.00	
E. Přetlak (viz obr. 2) provozní přetlak ..... kPa přetlaku nastavení pojišťovacích ventilů.....kPa přetlaku		
F. Nízká teplota	od 0.20 do 0.30	
G. Množství hořlavé/nestabilní látky množství .....kg H_C = ... MJ/kg		
1. Kapaliny nebo plyny v procesu (viz obr. 3)		
2. Kapaliny nebo plyny v zásobníku (viz obr. 4)		
3. Zápalné pevné látky ve skladu, prach v procesu(viz obr. 5)		
H. Vliv koroze a eroze	od 0.10 do 0.75	
I. Netěsnosti spojů a ucpávek	od 0.10 do 1.50	
J. Zařízení s otevřeným ohněm (viz obr. 6)		
K. Tepelné výměníky s horkým olejem (viz tab. 5)	od 0.15 do 1.15	
L. Rotační zařízení	0.50	
Faktor speciálních nebezpečí (F_2)		
Celkový faktor nebezpečnosti procesní jednotky ($F_1 * F_2$) = F_3		
Index požáru a výbuchu (F_3 * MF = F&EI)		

Obr. 3-14 Příklad klasifikace F&EI skóre pomocí indexů rizika [Babinec 2005]

Mezi další typy metod patří dále Markovova analýza a Bayesovy sítě, pomocí těchto metod se popisuje chování velmi složitých TS a jejich vybraných kritérií. Tyto metody pracují s principem podmíněné pravděpodobnosti. Jedná se o analytické metody využívající matematicko-statistické metody (viz. P(Bi) a P(Bi|A)) ke kvantifikaci pravděpodobnosti výskytu rizikových událostí/situací - poruchovosti TS, částí TS a chyby lidské obsluhy.

3.3.14 Rizika strojních zařízení z environmentálního pohledu

Metoda analýzy environmentálních rizik spočívá v klasifikaci výskytu škody na životní prostředí, kde [ČSN ISO EN 19011, 2002] v případě malé škody je životní prostředí negativně ovlivněno krátkodobě, v případě střední škody dochází ke krátkodobému až střednědobému ovlivnění životního prostředí, obnova životního prostředí je možná po delší době a je ohroženo zdraví osob. Vysoká škoda je definována jako středně až dlouhodobě negativní ovlivnění životního prostředí, kdy je ohroženo zdraví a život člověka viz. Tab. 3-5.

Závažnost následků R(E/S) – **havárií** - může být vyjádřena slovně, či čísleně, norma [Marek&kol. 2009], doporučuje slovní vyjádření následku následovně:

Hodnocení závažnosti (slovně):

a) vysoká

b) střední

c) malá

Predikce pravděpodobnosti výskytu nebezpečné události R(E/S)

Pravděpodobnost výskytu je společně s dobou trvání výskytu nebezpečné události **(prvky rizika)** vyjádřena jedním parametrem, podle [Marek&kol. 2009], [ČSN ISO EN 19011, 2002], a je hodnocena slovně:

a) často

b) občas

Dalším prvkem R (E/S) je možnost vyvarování se nebo omezení škody (detekce) a je hodnocena rovněž slovně:

a) sotva možné

b) za určitých podmínek může nabývat hodnot

Závažnost škody na životním prostředí	Pravděpodobnost výskytu a doba trvání nebezpečných situací	Možnost vyvarování se nebo omezení škody	Pravděpodobnost výskytu nebezpečné události		
vysoká	často	sotva možné	8	9	10
		za určitých podmínek možné	7	8	9
	občas	sotva možné	6	7	8
		za určitých podmínek možné	5	6	7
střední	často	sotva možné	4	5	6
		za určitých podmínek možné	3	4	5
	občas	sotva možné	2	3	4
		za určitých podmínek možné	1	2	3
malá		sotva možné	0	1	2
		za určitých podmínek možné	0	0	1

Tab. 3-5 Analýza environmentálního rizika
[vlastní tvorba podle předlohy Marek&kol. 2009]

V případě, že pravděpodobnost výskytu nebezpečné událsoti nabývá hodnot v rozmezí 7 až 10, je analogicky jako při analýze bezpečnosti strojního zařízení nutné obligatorně provést ošetření eliminující výskyt nebezpečné události v podobě opatření snižující pravděpodobnost výskytu nebezpečné události.

3.4 Shrnutí poznatků

Autor disertační práce v této kapitole stručně uvedl výsledky rešerše v oblasti teorie, terminologie a stávajících metod predikce a analýzy rizik TS. Na základě výsledků rešeršních prací lze konstatovat, že problematika predikce rizik TS je v odborné literatuře velmi roztříštěná, to potvrzuje kupříkladu [Ostrom&Wilhelmsen 2012]. Většina používaných metod, kupříkladu FMEA, FTA, ETA, HAZOP aj. je standardizována v unijních a národních technických normách ČSN. Výstupy těchto metod mohou být jak v podobě seznamů identifikujících rizikové událsoti/situace, jejich příčiny a následky, tak pouze v podobě seznamů identifikovaných potenciálních příčin, rizikových událostí/situací a jejich následků včetně numerického (číselného) vyjádření jejich „míry“ (úrovně/velikosti) či obecně jejich prioritizace. Kvalitativní a kvantitativní výstupy těchto metod významně korelují nejen se složitostí TS, ale s predikovanou závažností jejich potenciálních následků, obzvlášť v potenciálně nebezpečných strojírenských oborech, jako je právě jaderný, chemický průmysl (v těchto oblastech by měla být predikce výskytu určitých typů rizik co možná nejpřesnější z důvodu přítomnosti nebezpečných látek vs. potenciální následky) či v dopravě (automotive průmysl). Některé metody slouží jako metody podpůrné pro metody pokročilé (například metoda FTA nebo ETA se často využívá k identifikaci příčin rizika v rámci provedení predikce a analýzy s využitím FMEA). V odborné literatuře je zmíněna

vhodnost použití těchto metod [Fuchs&Vališ 2004] viz. Tab. 3-6, nicméně tato analýza není podložena žádnými kritérii hodnocení a argumenty, podle kterých autor tyto závěry vyvozuje. Stejně tak vznikají pochybnosti na základě jakého modelu životního cyklu TS autor tento přehled navrhl, verifikoval či validoval a z jakých operací tyto myšlené etapy LC TS sestávají.

	SR	CL	RR	PHA	W-I	W-I/CL	HAZOP	FMEA	FTA	ETA	CCA	HRA
Výzkum a vývoj	○	○	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○
Koncepční návrh	○	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○
Poloprovoz	○	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Detailní inženýring	○	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Konstrukce/ Najíždění	●	●	○	○	●	●	○	○	○	○	○	●
Běžný provoz	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Rozšíření/ Modifikace	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Vyšetřování události	○	○	○	○	●	○	●	●	●	●	●	●
Vyřazení z provozu	●	●	○	○	●	●	○	○	○	○	○	○

Tab. 3-6 Vhodnost použití metod predikce a analýzyrizik pro jednotlivé etapy LC TS(s) (černá barva indikuje vhodnost použití metody pro jednotlivé etapy životního cyklu TS) [Fuchs&Vališ 2004]

4. SHRNUTÍ TEORETICKO-METODICKÝCH POZNATKŮ

- za suboptimálním model LC TS(s) je použit LC TS(s) jako série transformačních procesů podle TTS, na něj lze nahlížet jako na komplexní konzistentní systém zahrnující všechny reálné etapy LC TS(s) (viz. Obr. 2-12)

- byla provedena rešerše dostupných metod predikce a analýzy (nejen) technických rizik TS, přičemž bylo zjištěno, že existují metody predikce a/nebo analýzy rizik TS, které jsou převážně zaměřeny na bezporuchovost a na bezpečnost TS(s)

- existují metody predikce a analýzy rizik TS, které jsou používány jako metody komplementární tj. doplňkové (podpůrné), nezabývají ošetřením rizika, ale soustřeďují se pouze na jeho identifikaci, např. RR, CL, SR, SWIFT, ty poskytují kvalitativní vstupy pro predikce a analýzy rizik TS dalšími metodami např. FMEA, HAZOP

- výstupy těchto komplementárních metod poskytují klíčové údaje o TS (zpravidla jsou uplatňovány v podobě předvyplněných seznamů na základě zkušeností zpracovatele), které slouží jako vstupy pro provedení predikce a analýzy rizik TS pokročilejšími metodami, které poskytují kvantitativní výstupy (tyto metody se používají pro predikce a analýzy rizik u složitějších TS s potenciálními závažnými nežádoucími následky na TS samotný či na jeho okolí) hodnocené vyjádřené s využitím pravděpodobnosti výskytu a následnou prioritizací rizik

- cílem zkoumaných metod je obecně identifikace alespoň jednoho faktoru (prvku) rizika: obecně – závažnost rizika (možné škody), pravděpodobnsot vzniku škody (četnost výskytu a doba trvání rizikové situace, pravděpodobnost vzniku rizikové situace/události, vyvarování se nebo omezení následků rizikové situace)

- stávající dostupné metody predikce rizik lze členit podle toho zda-li slouží pouze k identifikaci uvedených faktorů (prvků) nebo tyto faktory (prvky) kvantitativně numericky vyhodnocují a prioritizují (srovnávací, analytické, kvalitativní, kvantitativní metody)

- na základě provedených rešerší bylo autorem disertační práce shledáno, že nejkomplexnější metodou predikce bezporuchovosti TS(s) z dostupných metod pro predikce a analýzu bezporuchovosti je metoda FMEA (podkap. 3.3.8), pro analýzy bezpečnosti TS(s) vůči operátoru HuS je to analýza bezpečnosti stroje (podkap. 3.3.1), pro predikce environmentálních rizik je nejčastější užíván postup dle [Marek & kol., 2009] (podkap. 3.3.14),

- dle provedených rešerší bylo zjištěno, že neexistuje obecná komplexní metodika predikce rizik v LC TS(s), která by byla rovněž zohledňovala účinky TS(s) na všechny operátory TrfP s TrfS: HuS, TS, AREnv, IS, MgtS (viz. Obr. 2-2)

- EDSM resp. TTS se zabývá mj. predikcí vlastností (PoX), analogicky lze dle PoX (relace vlastnosti ke stavební struktuře TS – reflektivní vlastnost TS) uvažovat v rámci predikcí rizik (PoR) existenci relace (vlastnosti ke stavební struktuře TS – riziko TS)

Všechny výše uvedené poznatky budou dále aplikovány pro tvorbu metodiky komplexní predikce a analýzy rizik TS(s) v rámci jeho celého LC. S využitím poznatků uvedených v teoretické části lze stanovit cíl a hypotézy, které potenciálně mohou vést k jeho dosažení. V případě doložení platnosti těchto hypotéz bude dosaženo přínosů této disertační práce pro oblast teorie a metodiky predikce a analýzy rizik.

4.1Stanovení cíle disertační práce

Na základě rešerše odborné literatury uvedené v předchozích kapitolách, zkušeností autora při spolupráci s průmyslovou praxí a konzultacemi s kolegy v oboru vyplynulo, že predikce a analýza rizik TS(s) je oblastí, která je nejen v ČR stále podceňovaná. Predikce a analýzy rizik TS(s) se v tuzemských (nejen) výrobních společnostech téměř neprovádí (výjimkou je zejména automobilový průmysl) a pokud ano, tak jsou využívány konstruktéry velmi zřídka a tyto činnosti se zpracovávají pouze formálně bez téměř jakéhokoliv očekávání jejich přínosů. Pro konstruktéra je velmi obtížné se v oblasti predikce a analýzy rizik TS orientovat, většina konstruktérů nezná žádné metody predikce a analýzy rizik TS a pokud ano, neumí je používat správně a efektivně (viz. Obr. 4-1 a Obr. 4-2, kde z důvodu zachování zdvořilosti není u těchto obrázků uveden autor).

Název zař.	Funkce	Ident. číslo	Předvídané poruchy	Důsledek poruchy
1.Keramický plášť	Nosný díl všech prvků svítidla	1234-K1	Nevhodná tl. stěny dna Nesprávný tvar a rozměr otvoru pro kontakty Nesoulad rozměrů výstupků pro zajištění skla Nevhodné rozměry pro upevňovací sponu Nevhodné větrací otvory	Praskání, vyštipování Praskání při ohýbání kontaktů Uvolňování skleněné krytky Upev. spona v nevhodné poloze Přehřátí žárovky
2.Žárovka	Osvětlení pečící trouby	25W/240V, T300	Žárovka není typovaná na požadované parametry (T300)	Snížení životnosti
3.Upevňovací spona	Element upev. svítidla v panelu	1234-R2	Nevhodná volba materiálu (tvrdost,tloušťka) Chybný rozměr pro upevnění na plášť Chybné rozměry pro upevnění v panelu	Špatná fixace v panelu Obtížná montáž, nedrží na plášti Nelze zajistit mont. a demont.
4.Podložka	Pružný element pod skl. krytkou	1234-R3	Nevhodná volba materiálu (tvrdost,tloušťka)	Uvolnění skleněné krytky Nemožnost zafixování skleněné krytky
5.Skleněná krytka	Krytka svítidla	1234-B4	Nevhodná volba materiálu – čirost, ekologická nezávadnost	Větší absorpce světla, styk s potravinami
6.Připojovací konektory a kontakty objímky	Vytváří styk v objímce. Slouží pro připojení vodičů	1234-R5,R6	Nevhodná volba materiálu (pružnost,pevnost) Otřepy a ostré hrany Nesprávný návrh rozměrů kontaktů a závitového kroužku	Nedokonalý styk,nefunkční Velké násuvné síly dutinky Zadrhnutí žárovky při vyšroubování Nevyhoví na kalibry a správnou funkci

Obr. 4-1 Příklad záznamu z analýzy bezporuchovosti technického produktu bez stanovení příčin či jakékoliv kvantifikace rizika

To je hlavním důvodem pro zpracování DiSP a jejím cílem je návrh komplexní metodiky predikce a analýzy rizik TS(s) s využitím teoretických a praktických poznatků pro začínající, ale i zkušenější konstruktéry a další pracovníky navazujících profesí v oboru. Tato DiSP v žádném případě nechce devalvovat dosavadní práce a poznatky v oboru (naopak z nich chce „těžit“), nýbrž analyzovat, syntetizovat a integrovat [Molnár a kol., 2012] dosavadní poznatky v oborech teorii rizik a teorie konstruování do uceleného návrhu metodiky komplexní predikce rizik TS(s), která by na tuto problematiku poskytovala komplexní pohled právě potenciálně s využitím EDSM. Pro stanovení tohoto cíle byly stanoveny následující hypotézy, pomocí kterých se autor DiSP pokusil prokázat naplnění cíle DiSP.

Poř. č.	Riziko	Závažnost	Pravděpodobnost výskytu	Omezení rizika			Verifikace přijatých opatření
				Ošetření	Bezpečnostní ochranou	Bezpečnostním sdělením	
1.	Přimáčknutí končetin víkem nádrže	V	N	Ovládání víka oběma rukama	-	Technická dokumentace	Seznámení s: Návodem k použití, Pokyny pro obsluhu a údržbu
2.	Přetížení hydro-agregátu	N	S	Pojistný ventil		Štítek s uvedenou maximálním provozním tlakem	Seznámení s: Návodem k použití, Pokyny pro obsluhu a údržbu
3.	Opaření obsluhy párou	V	N	Odsávání ventilátorem		Technická dokumentace	Seznámení s: Návodem k použití, Pokyny pro obsluhu a údržbu
4.	Ruční ovládání převodovky	V	N	Kryt převodovky		Technická dokumentace	Seznámení s: Návodem k použití, Pokyny pro obsluhu a údržbu

Legenda: V… vysoká, S… střední, N… nízká

Obr. 4-2 Příklad provedení formální analýzy rizik z průmyslu

4.2 Stanovení hypotéz pro dosažení cíle disertační práce

Lze nalézt přínosy EDSM resp. TTS pro návrh komplexní metodiky predikce a analýzy rizik TS v rámci jejich celého životního cyklu?

Lze integrovat poznatky z oblasti EDSM resp. TTS a teorie predikce rizik a navrhnout komplexní metodiku predikce a analýzy rizik TS?

Lze navrhnout metodiku komplexní predikce rizik TS, s kterou jsou plně kompatibilní stávající dostupné metody predikce a analýzy rizik TS?

Lze pomocí matematicko-statistických metod predikovat rizika TS na základě znalostí vybraných hodnot indikátorů vlastností TS?

4.3 Předpokládané přínosy disertační práce

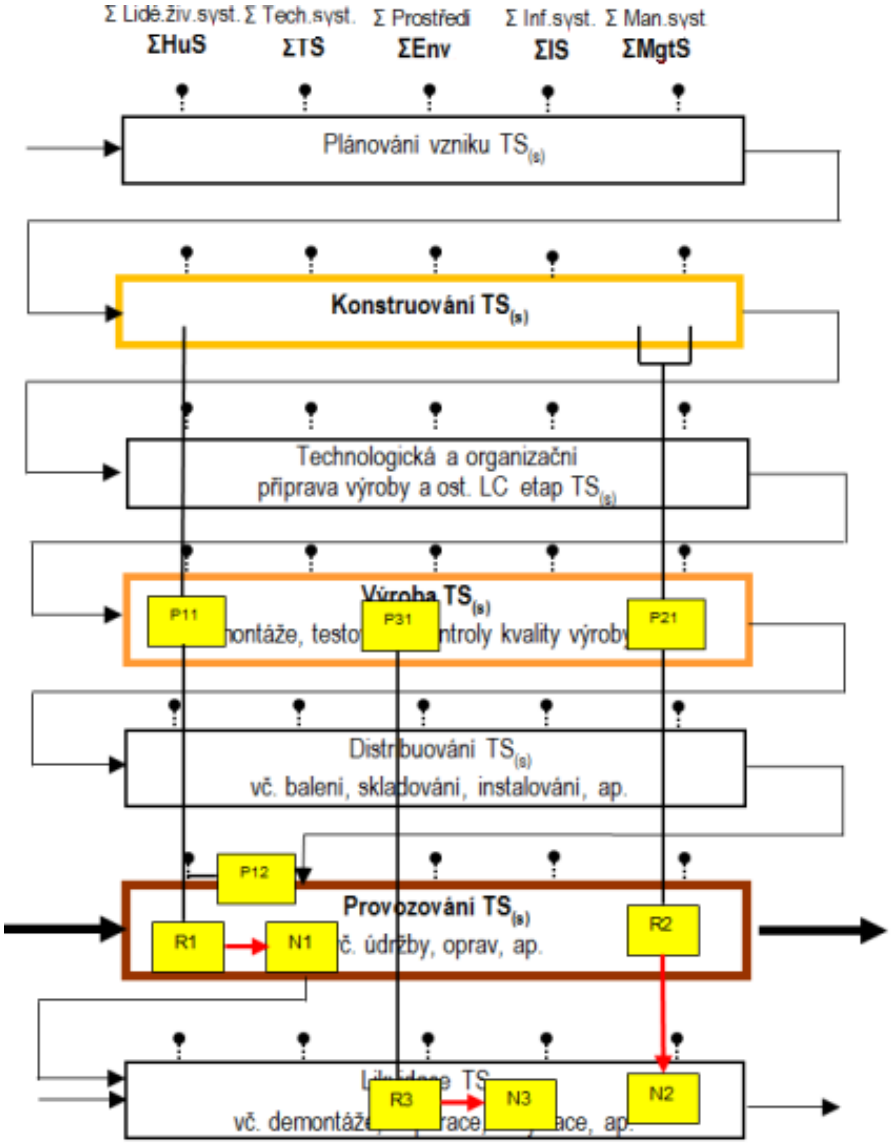
V případě prokázání platnosti hypotéz disertační práce lze očekávat následující přínosy této DisP:

- časově nenáročná a efektivní orientace v problematice predikce a analýzy rizik TS
- informace a poznatky pro studenty strojírenských a dalších technických oborů
- informace a poznatky pro vývojové konstruktéry a manažery
- informace a poznatky pro vývojové pracovníky
- univerzální model predikce a analýzy rizik, se kterým je plně kompatibilní dosavadním stav poznání v oblasti teorie rizik a EDSM
- univerzální model predikce a analýzy rizik, se kterým budou dosavadní normativní metody predikce a analýzy rizik plně kompatibilní

5. NÁVRH TEORIE A METODIKY PREDIKCE A ANALÝZY RIZIK S VYUŽITÍM EDSM

5.1 Teorie a metodika predikce a analýzy rizik

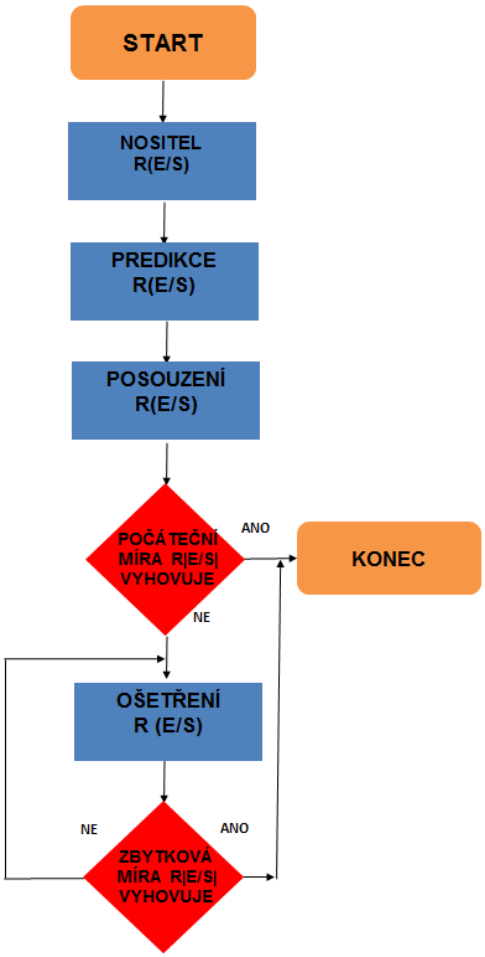
V této kapitole je vysvětlen návrh komplexní metodiky predikce a analýzy rizik TS, v níž byly uplatněny poznatky předchozích kapitol. Pojem riziko je v navržené metodice nahrazen výstižnějším a obecnějším termínem riziková situace/událost - R|E/S| převzatým z [ČSN ISO EN 12100, 2011]). Na Obr. 5-1 je znázorněn modelový případ výskytu R|E/S| a jejich potenciálních příčin a následků s využitím zobecněné verze výchozího modelu životního cyklu TS(s) (viz. podkap. 2-8).



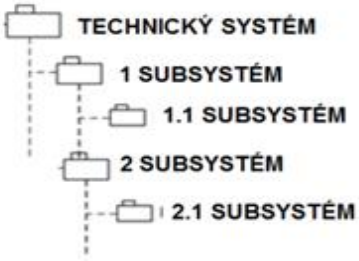
Obr. 5-1 Modelový případ výskytu R|E/S| a jejich příčin a následků v zobecněném modelu LC TS(s) EDSM *(R|E/S| zde označeny jako R)*

V tomto modelovém příkladu je znázorněn jednoduchý příklad existence predikovaných rizikových událostí/situací R_1|E/S|, R_2|E/S| a R_3|E/S|, z nichž každá

R|E/S| nastává v určité etapě životního cyklu technického produktu a je na ostatních R|E/S| nezávislá (zde konktrétně v etapě provozu a v etapě likvidace), přičemž každá z těchto R|E/S| vyvolává odlišné následky N_1, N_2 a N_3. Následek N_2 rizikové události R_2 |E/S| je v tomto modelovém případě způsobena příčinou P_{21}, která zasahuje přes výrobu až do konstrukce technického produktu. V praxi se však často setkáváme se situacemi viz. podkapitola 1.1, kdy např. následek N_1 R_1|E/S| je v tomto modelovém případě způsoben kombinací příčin P_{11} a P_{12} (teoreticky až $P_{1i,}$ kde i=1,….). Výskyt kombinace příčin často urychuje vznik rizikových událostí/situací a intenzitu jejich následků. Vývojový diagram na Obr. 5-2 zobrazuje základní schéma modelu činností predikce a analýzy (zahrnuje posouzení a ošetření/redukce R|E/S|) technického produktu/systému.

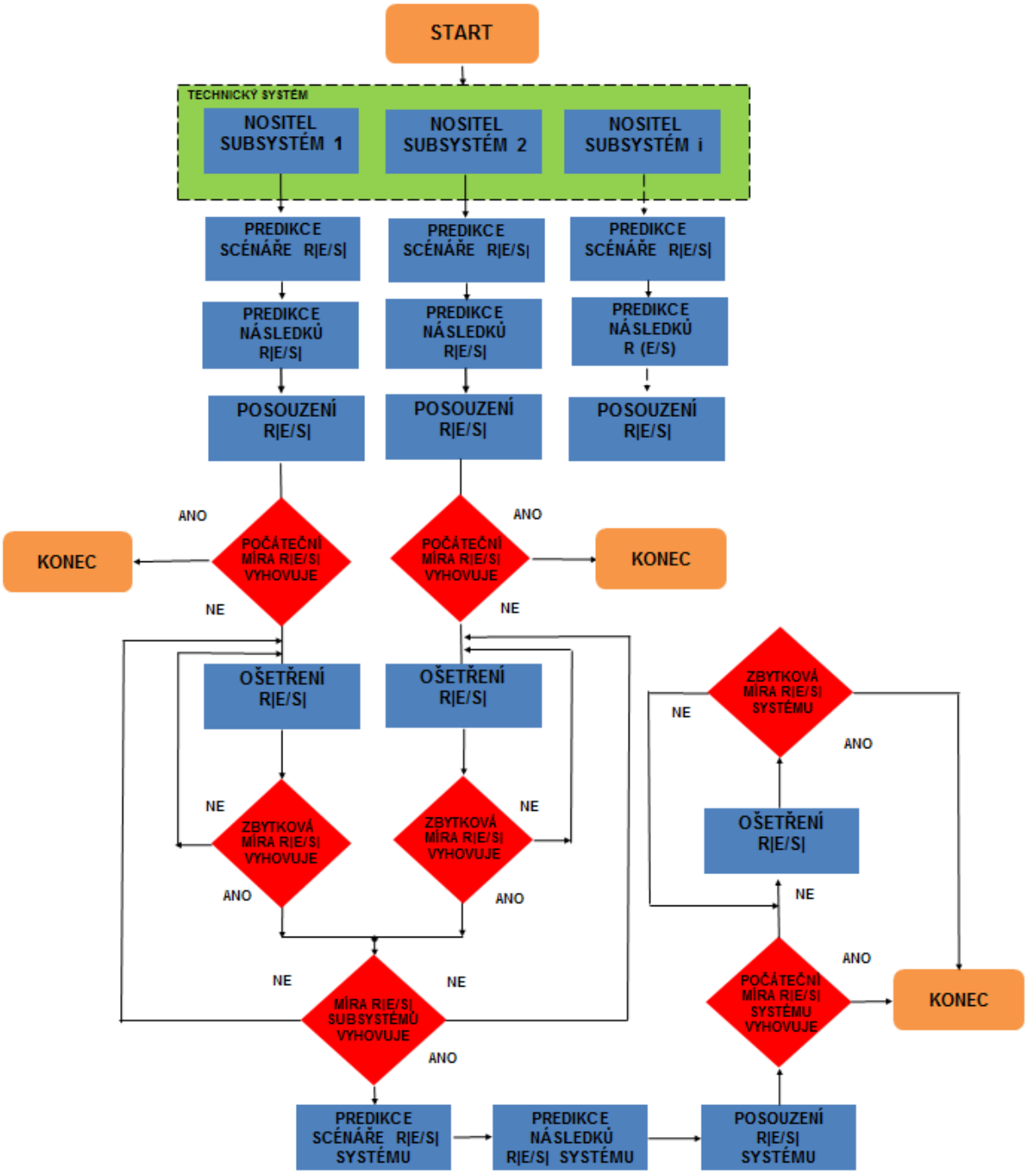


Obr. 5-2 Vývojový diagram modelu obecného postupu predikce R|E/S| TS(s)



Obr. 5-3 Hierarchické uspořádání složitého TS

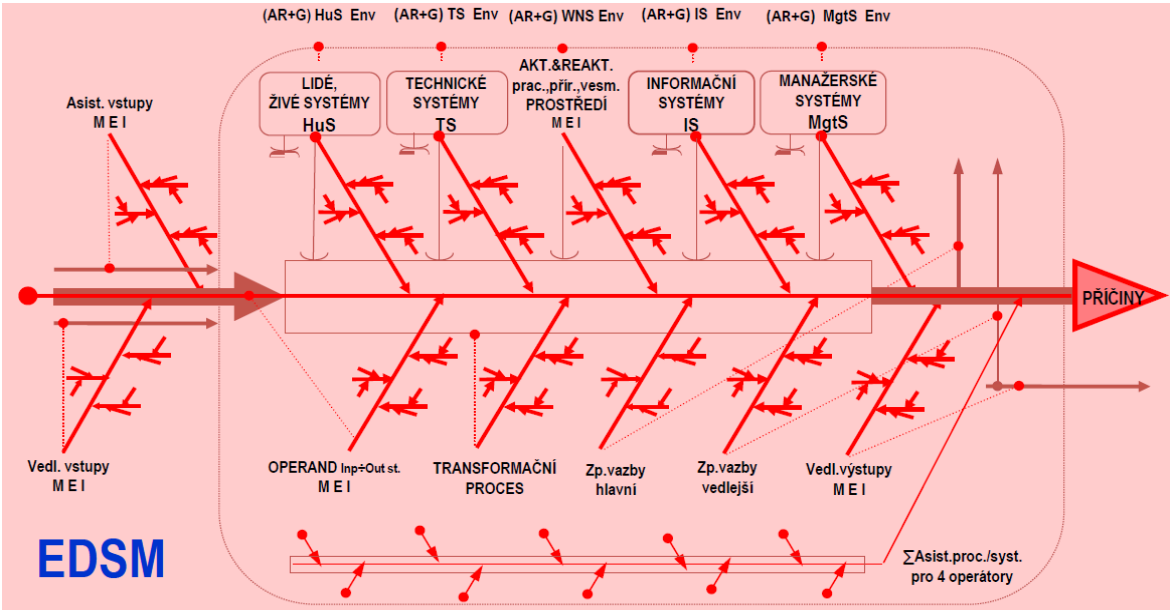
Řada autorů doporučuje v případě složitosti TS predikce a analýzy R|E/S| provést po částech „per partes“ (po jednotlivých subsystémech, funkčních celcích, v případě potřeby až po konstrukčních uzlech či dokonce konstrukčních dílech) viz. Obr. 5-4. Po provedení predikce a analýzy R|E/S| v jednotlivých subsystémech TS (nositelích rizika) je následně žádoucí provést predikce a analýzy R|E/S| TS (nositele) jako celku s využitím predikcí rizik a analýz dílčích subsystémů TS. V případě složitějších TS (např. dva subsystémy – nositelé rizik) je pak obecné schéma postupu následovné.



Obr. 5-4 Vývojový diagram modelu postupu predikce a analýzy R|E/S| TS(s) s uvažováním jeho členění na dílčí subsystémy

5.2 Taxonomie příčin R|E/S|

Navržená základní taxonomie potenciálních příčin vzniku R|E/S| vychází ze struktury modelu Transformačního systému (TrfS) s Transformačním procesem (TrfP) upravené do formy modelu „rybí kosti“ [Ishikawa 1991] Toto třídění slouží jako podpůrný nástroj konstruktérům pro identifikaci a příčin a zdrojů R(E/S) pro každou etapu životního cyklu technického produktu (viz. Obr. 5-6 až Obr. 5-9).



Obr.5-5 Model metody Ishikawova („rybí kost“) pro identifikaci potenciálních příčin vzniku R|E/S| s teoreticky podloženou (zde TTS-TrfS) znalostní podporou EDSM v každé z etap LC TS(s) [Hosnedl 2017→2019]

Zdroje příčin rizik	Vstupy do LC procesů			**LC Procesy**		
Třídy příčin rizik	**A. Příčiny rizik vlivem F, L, M, E, I vstupů do jednotlivých LC etap**			**B. Příčiny rizik vlivem procesů v jednotlivých životních etapách**		
Podtřídy příčin rizik	A.1 Příčiny rizik vlivem hlavních (transform.) vstupů do jednotlivých LC etap TS(s)	A.2 Příčiny rizik vlivem asistujících (podpůrných) vstupů do jednotlivých LC etap TS(s)	A.2 Příčiny rizik vlivem nežádoucích (rušivých) vstupů do jednotlivých LC etap TS(s)	B.1 Příčiny rizik vlivem hlavního (transform.) procesu v jednotlivých LC etapách TS(s)	B.2 Příčiny rizik vlivem asistujících(podpůrných) procesu v jednotlivých LC etapách TS(s)	B.3 Příčiny rizik vlivem nežádoucích(rušivých) procesu v jednotlivých LC etapách TS(s)
Definice rizik	Rizika vyplývajíích z hlavních transformovaných zdrojů: • finančních, • lidských, • materiálových, • energetických, • informačních.	Rizika vyplývajíích z podpůrných transformovaných zdrojů: • finančních, • lidských, • materiálových, • energetických, • informačních.	Rizika vyplývajíích z nežádoucích transformovaných zdrojů: • finančních, • lidských, • materiálových, • energetických, • informačních.	Rizika vyplývající z průběhu provozního transformačního procesu ve fázích: • přípravných, • prováděcích, • zakončovacích.	Rizika vyplývající z průběhu podpůrného procesu ve fázích: • přípravných, • prováděcích, • zakončovacích.	Rizika vyplývající z průběhu nežádoucího procesu ve fázích: • přípravných, • prováděcích, • zakončovacích.

Obr. 5-6 Taxonomie příčin R|E/S| na základě zdrojů příčin I – vstupy do jednotlivých procesů LC TS v jednotlivých životních etapách

Zdroje příčin rizik	Člověk a ostatní živé bytosti				Materiálově - technický systém			
Třídy příčin rizik	3. Příčiny rizik vlivem člověka a ostatních živých bytostí				4. Příčiny rizik vlivem materiálově - technického systému			
Podtřídy příčin rizik	3.1 Příčiny rizik vlivem obec.&konkr. hodnot ind. člověka v jednotlivých LC etapách TS(s)	3.2 Příčiny rizik vlivem zdraví člověka (& ost.živ.bytosti)v jednotlivých LC etapách TS(s)	3.3 Příčiny rizik vlivem zdraví člověka (& ost.živ.bytosti) v jednotlivých LC etapách TS(s)	3.4 Příčiny rizik vlivem chování a rozhodování člověka	4.1 Příčiny rizik vlivem ost. technologií (Tg) v jednotlivých LC etapách TS(s)	4.2 Příčiny rizik vlivem ost. tech. systémů (TS) v jednotlivých LC etapách TS(s)	4.3 Příčiny rizik vlivem pracovního prostředí v jednotlivých LC etapách TS(s)	4.5 Příčiny rizik vlivem pracovního předmětu v jednotlivých LC etapách TS(s)
Definice rizik	Rizika vyplývající z rozhodnutí nepřijetí TS(s) člověkem, (zúčastněným aktivně nebo i pasivně) z individuálních důvodů vlivem jeho: • sociálních hodnot, • kulturních hodnot, • morálních hodnot, • apod.	Rizka vyplývající z ohrožení zdraví člověka (&živých bytostí), vlivem: • (ne)bezpečnosti, •(ne)hygieničnosti, •(ne)ergonomičnosti, • apod.	Rizika vyplývající z působení a nároků TS(s) na smysly a vnímání člověka (&živých bytostí), a to na: •zrak, •sluch, •čich, •hmat, •chuť, • pocity, • znalostí, •zkušeností, •dovednosti, • apod.	Rizika vyplývající z chování a rozhodování člověka vlivem: • nedostku informací, • nevhodnosti informací, • porušení standardů, • nesprávného rozhodování, • psychického či fyzického vyčerpání člověka, • apod.	Rizika vyplývající z: • vhodností TS(s) pro dostupné technologie, •(ne)náročnosti na pořizování nových technologií, • apod.	Rizika vyplývající z: • vhodností TS(s) pro dostupné tech. prostředky, •(ne)náročnosti na pořizování nových tech. prostředků, • apod.	Rizika vyplývající z: • volby pracovního prostředí • volby pracovního okolí •apod.	Rizika vyplývající z: • z volby prac. předmětu • skrytých vad předmětu apod.

Obr. 5-7 Taxonomie příčin R|E/S| na základě zdrojů příčin II – HuS: člověk a živé bytosti a materiálově-technický systém

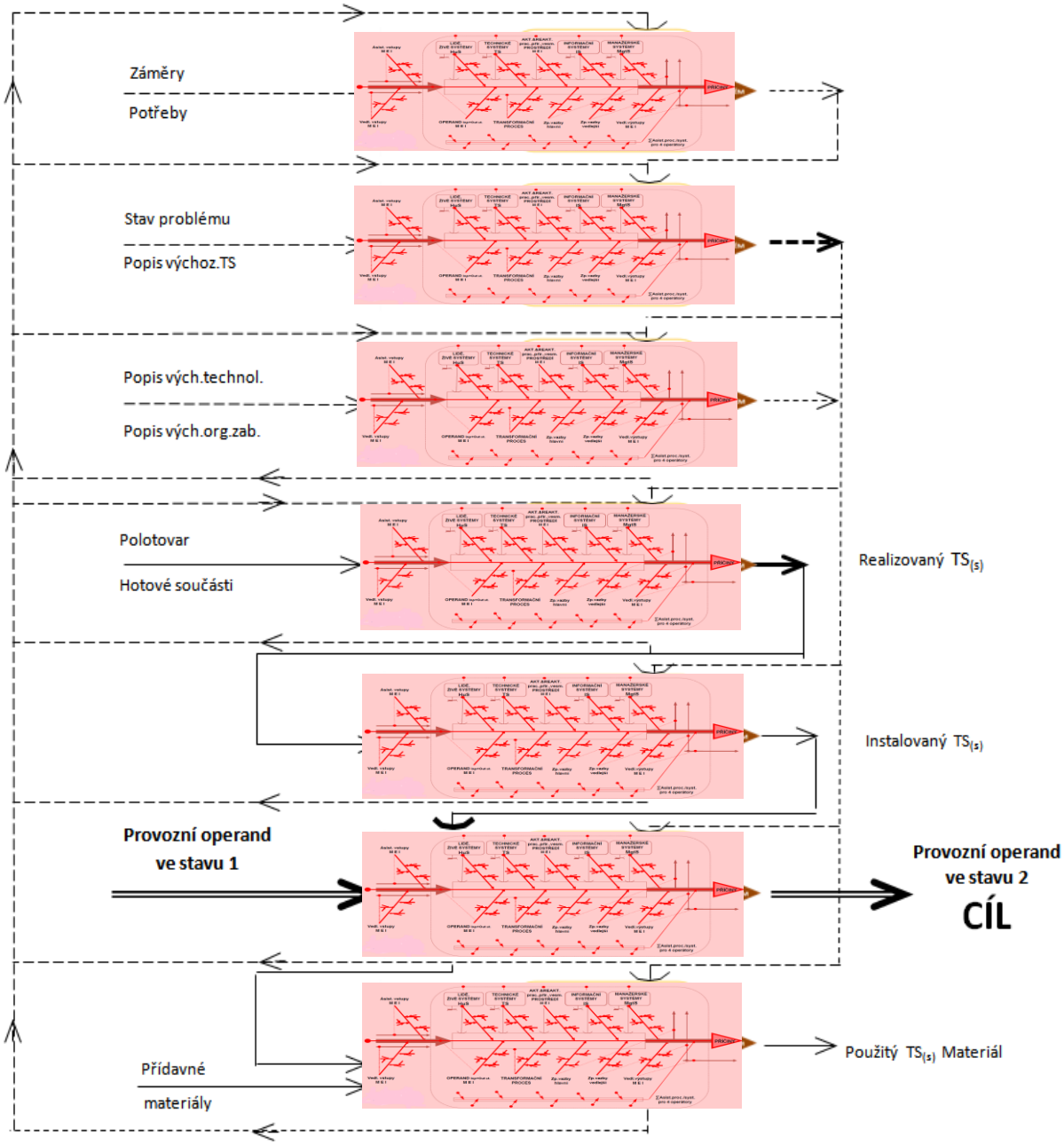
Zdroje příčin rizik	Informační systém				Manažerský systém				
Třídy příčin rizik	5. Příčiny rizik vlivem odborného informačního systému				6. Příčiny rizik vlivem manažerského systému				
Podtřídy příčin rizik	5.1 Příčiny rizik vlivem technických informací v jednotlivých LC etapách TS(s)	5.2 Příčiny rizik vlivem obchodně ekonomických informací v jednotlivých LC etapách TS(s)	5.3 Příčiny rizik vlivem předpisů v jednotlivých LC etapách TS(s)	5.4 Příčiny rizik vlivem neformálních informací v jednotlivých LC etapách TS(s)	6.1 Příčiny rizik vlivem obecného okolí podniku v jednotlivých LC etapách TS(s)	6.2 Příčiny rizik vlivem oborového okolí podniku v jednotlivých LC etapách TS(s)	6.3 příčiny rizik vlivem manažerského systému podniku (systém plánování, řízení ...) v jednotlivých LC etapách TS(s)	6.4 Příčiny rizik vlivem chování a rozhodování managementu v jednotlivých LC etapách TS(s)	6.5 příčiny rizik vlivem obecných hodnot podniku (firemní kultura) v jednotlivých LC etapách TS(s)
Definice rizik	Rizika vyplývající z chybných nebo neúplných informací vyplývajících z: • kusovníků, • norem • standardů, • popisů od dodavatele, • apod.	Rizika vyplývající z chybných nebo neúplných informací vyplývajících z: • z obch. smluv • objednávek • kurzů měn • interních dokumentů apod.	Rizika vyplývající z chybných nebo neúplných informací vyplývajících z: • tech. průvodek • směrnic apod.	Rizika vyplývající z chybných nebo neúplných informací vyplývajících z: •know - how • zkušeností apod.	Rizika vyplývající z informací získaných z: • trhu práce, • finančních institucí, • přírody, • řídících a správních orgánů a institucích, • společenosko - politických institucí, • vědecko- technicko-ekonomických institucí, • apod.	Rizika vyplývající z informací získaných od: • konkurence, • odběratalů, • dodavatelů, • apod.	Rizika vyplývající z nevhodného systému: • plánování, • řízení, • personálního zajištění, • apod.	Rizika vyplývající z chování a rozhodování člověka vlivem: • nedostatku informací, • nevhodnosti informací, • porušení standardů, • nesprávného rozhodování, • psychyckého či fyzického vyčerpání, • apod.	Rizika vyplývající z porušení : • firemní kultury • firemní filosofie • apod.

Obr. 5-8 Taxonomie příčin R|E/S| na základě zdrojů příčin III – IS: informační a manažerský systému

Zdroje příčin rizik	Zpětné vazby v LC procesech		Výstupy		
Třídy příčin rizik	C. Příčiny rizik vlivem zpětnách vazeb		D. Příčiny rizik vlivem výstupů		
Podtřídy příčin rizik	C.1 Příčiny rizik vlivem hlavních zpětných vazeb v jednotlivých LC etapách TS(s)	C.2 Příčiny rizik vlivem vedlejších zpětných vazeb v jednotlivých LC etapách TS(s)	D.1 Příčiny rizik vlivem hlavních (transform.) výstupů z jednotlivých LC etap TS(s)	D.2 Příčiny rizik vlivem asistujících (podpůrných) výstupů z jednotlivých LC etap TS(s)	D.2 Příčiny rizik vlivem nežádoucích (rušivých) výstupů z jednotlivých LC etap TS(s)
Definice rizik	Rizika vyplývající z: • nekvality informací o průběhu hlavního transformačního procesu	Rizika vyplývající z: • nekvality informací o průběhu hlavního transformačního procesu	Rizika vyplývajíích z hlavních transformovaných výstupů: • finančních, • lidských, • materiálových, • energetických, • informačních.	Rizika vyplývajíích z podpůrných transformovaných výstupů: • finančních, • lidských, • materiálových, • energetických, • informačních.	Rizika vyplývajíích z nežádoucích transformovaných výstupů: • finančních, • lidských, • materiálových, • energetických, • informačních.

Obr. 5-9 Taxonomie příčin R|E/S| na základě zdrojů příčin IV - zpětné vazby a výstupy

Toto třídění vytváří jednoduchý podpůrný nástroj pro identifikaci příčin a zdrojů R|E/S| aplikovatelný jako modul pro každou etapu životního cyklu TS (Obr. 4-4) Uvažujeme-li jednotlivé etapy LC jako jednotlivé transformační procesy s jejich interními zpětnovazebními souvislostmi, je možné teoreticky podložený model multiplikovat do všech etap LC (Obr. 4-5) a tím získat další zpřesnění pro následnou analýzu příčin jakékoliv R|E/S|, která nastává v jakékoliv etapě LC technického produktu, v jiné souvislosti [Kroták 2013].

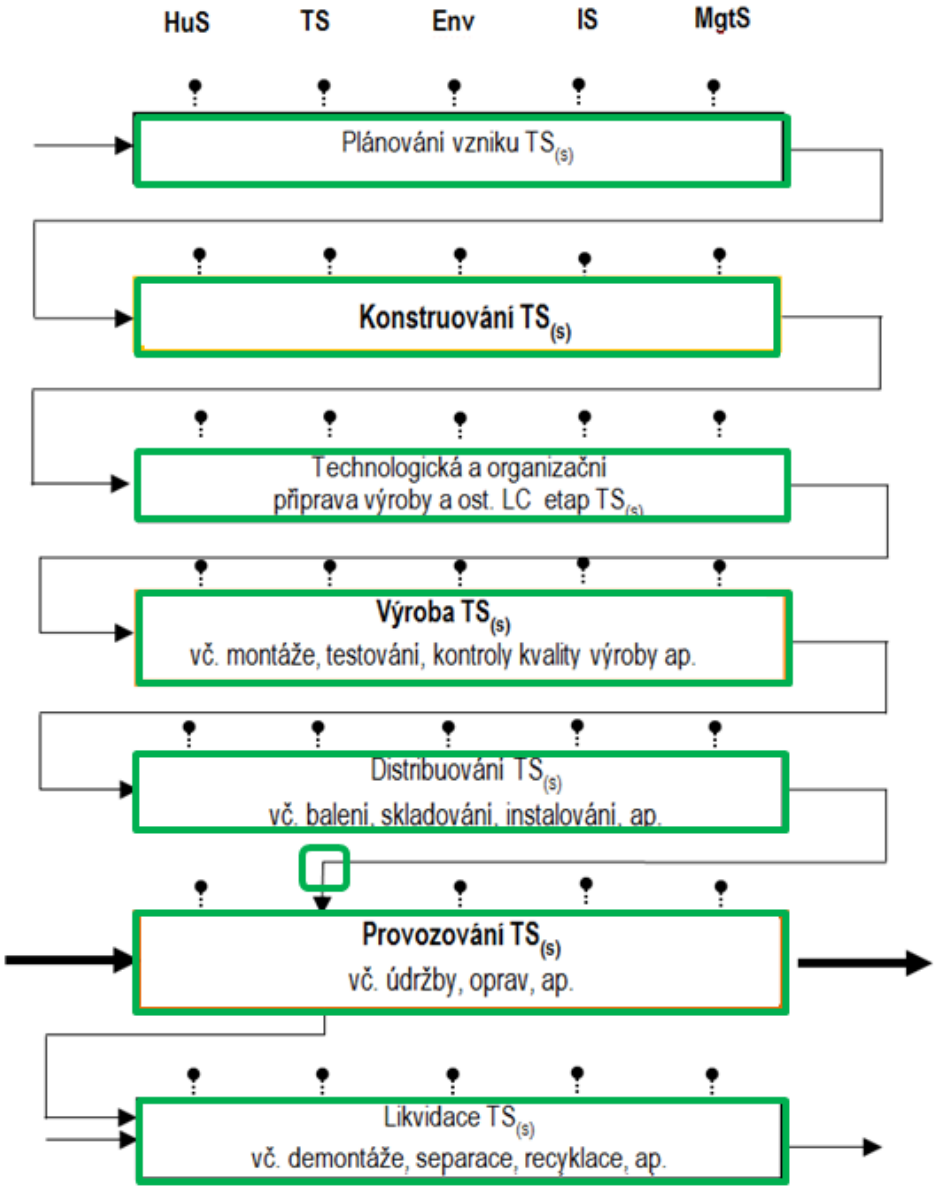


Obr. 5-10 Znalostní podpora hledání příčin R|E/S| v etapách životního cyklu TS(s) (v etapě LC shodné a/nebo předcházejících etapách k jednotlivým R|E/S|) teoreticky podložená znalostní podporou EDSM [Hosnedl&Dvořák 2019]

5.3 Taxonomie nositelů R|E/S|

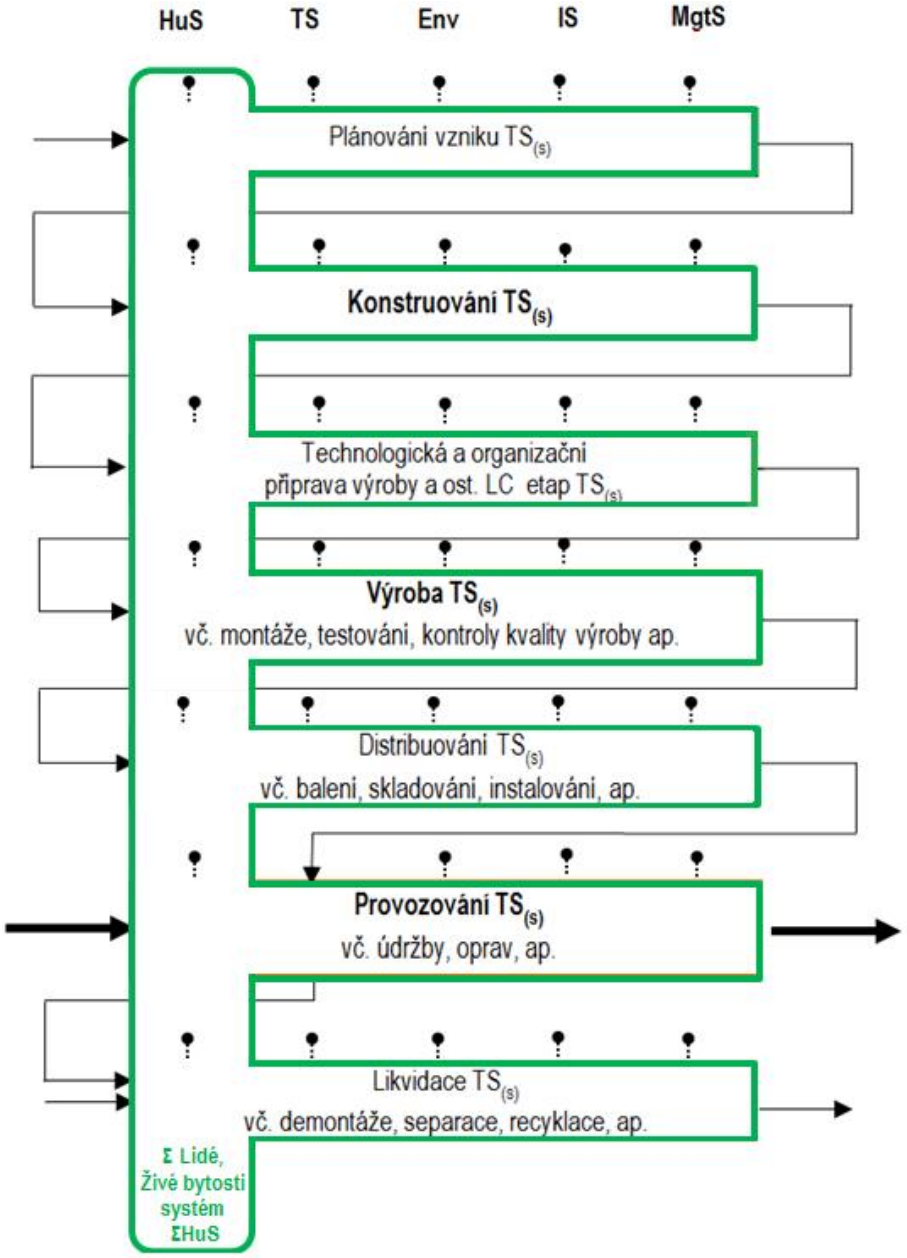
Z analýzy zobecněného modelu životního cyklu TS EDSM (Obr. 2-12 -> Obr. 5-1) díky jeho systematické struktuře transparentně vyplývá, že nositelem R|E/S| mohou obecně být především tyto typické Objektové (sub)systémy (ObjS) v následujících obrázcích označeny zelenou barvou:

- Posuzovaný TS(s) (tj. bezporuchovost TS(s) v celém jeho životním cyklu, která je v odborných publikacích, vč. norem, často chybně označovaná „pouze“ jako spolehlivost, navíc jen s implicitním nebo i výslovným zaměřením pouze na provoz TS(s))



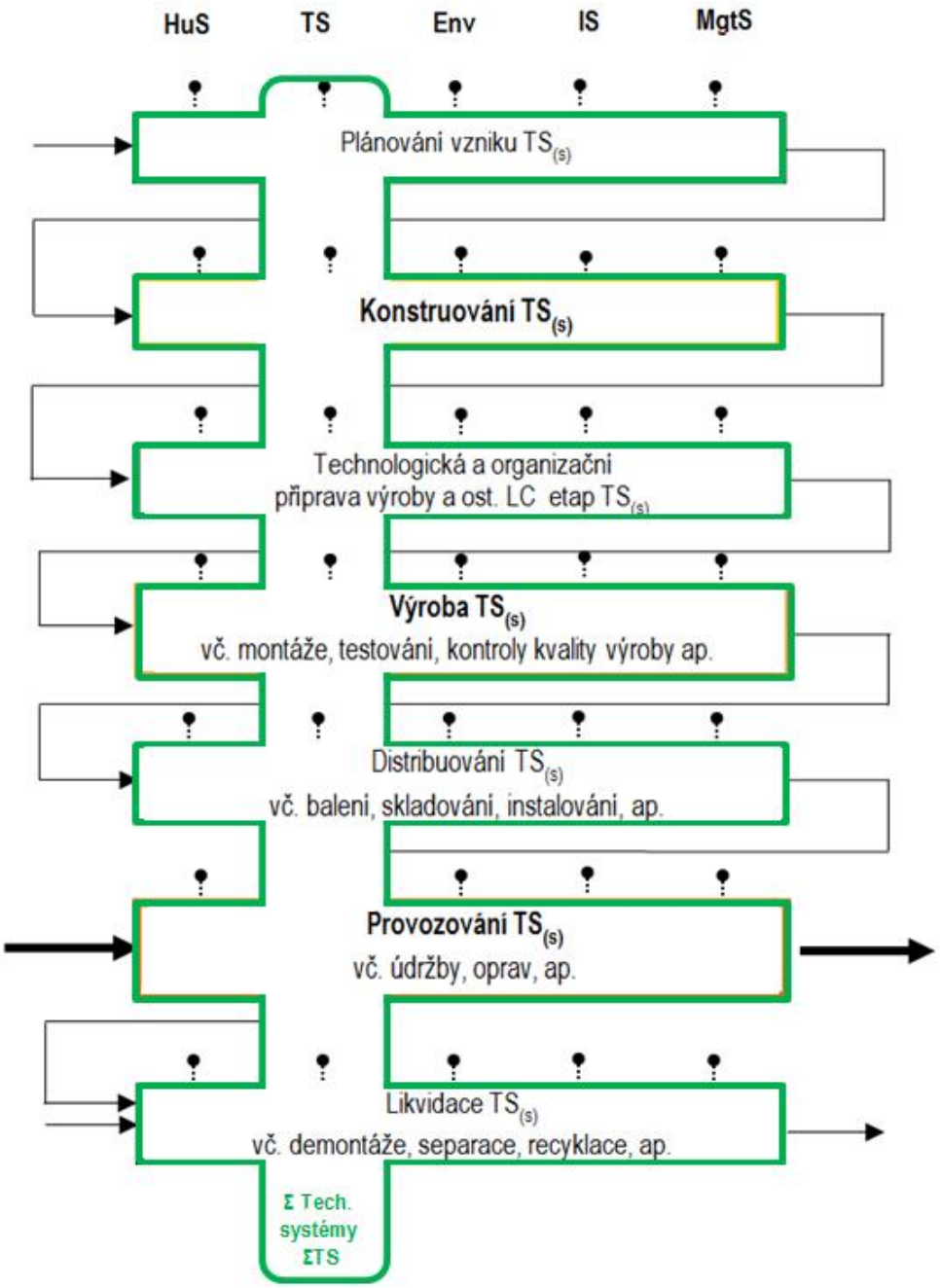
Obr. 5-11 Znalostní podpora identifikce R|E/S| v etapách životního cyklu TS(s) pro Objektový systém TS(s) [Hosnedl&Dvořák 2019]

- Posuzovaný TS(s) & ∑Lidé/Živé systémy (tj. bezpečnost TS(s) pro lidi a ostatní živé systémy v celém životním cyklu TS(s), která je v odborných publikacích, vč. norem, často chybně označovaná „pouze“ jako bezpečnost proti úrazu/smrti při provozu TS(s), navíc jen s implicitním nebo i výslovným zaměřením pouze na provoz TS(s))



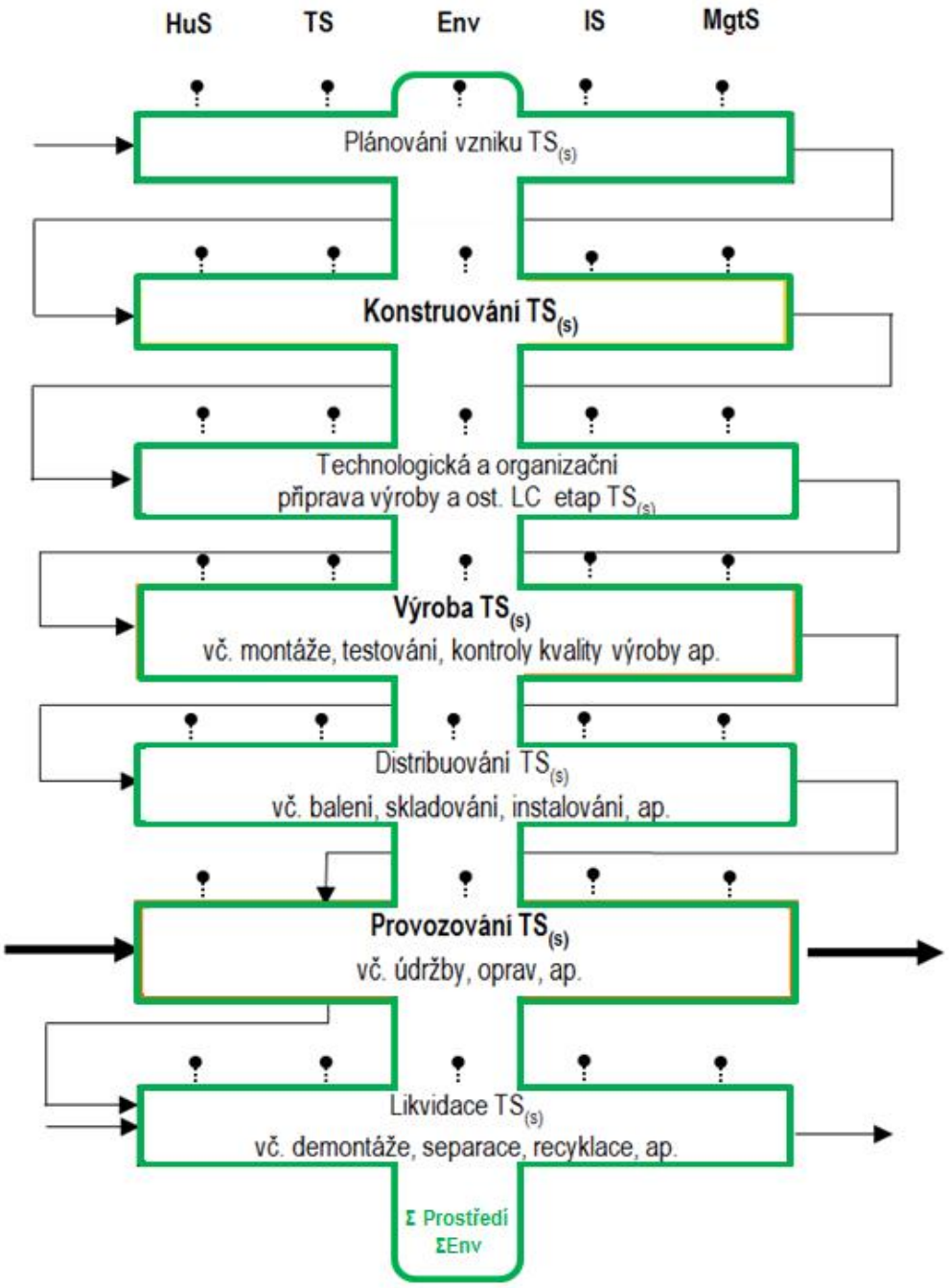
Obr. 5-12 Znalostní podpora identifikce R|E/S| v etapách životního cyklu TS(s) pro Objektový systém TS(s)&∑HuS [Hosnedl&Dvořák 2019]

- Posuzovaný TS(s) & ∑ost. Technické systémy (tj. bezpečnost TS(s) pro ostatní hmotné pracovní prostředky v celém životním cyklu TS(s), která prakticky není v odborných publikacích, vč. norem, zmiňována)



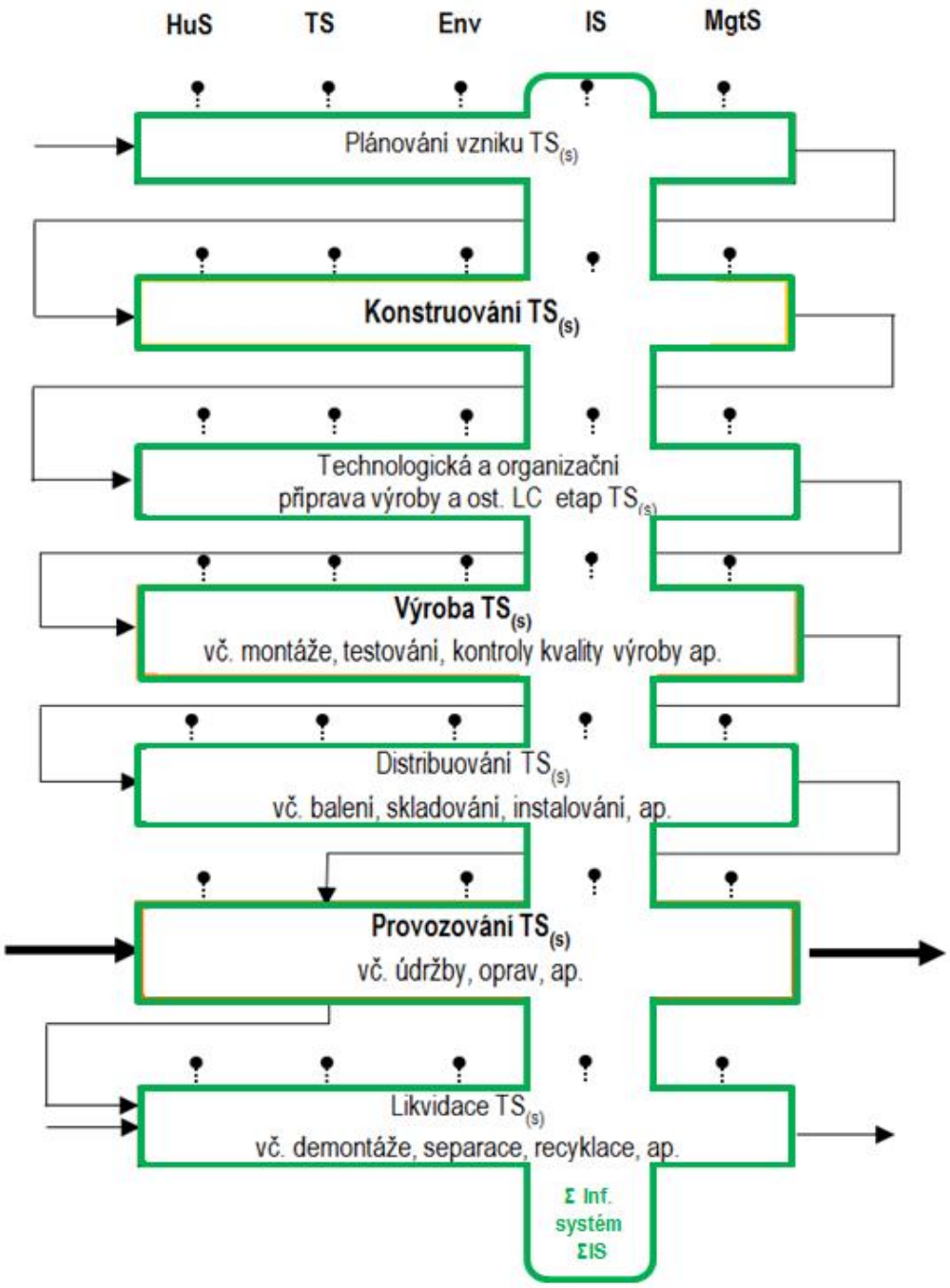
Obr. 5-13 Znalostní podpora identifikce R|E/S| v etapách životního cyklu TS(s) pro Objektový systém TS(s)&∑TS [Hosnedl&Dvořák 2019]

- Posuzovaný TS(s) & ∑Prostředí (tj. bezpečnost TS(s) pro pracovní, přírodní i vesmírné prostředí v celém životním cyklu TS(s), která je v odborných publikacích, vč. norem, zmiňována velmi nesystematicky)



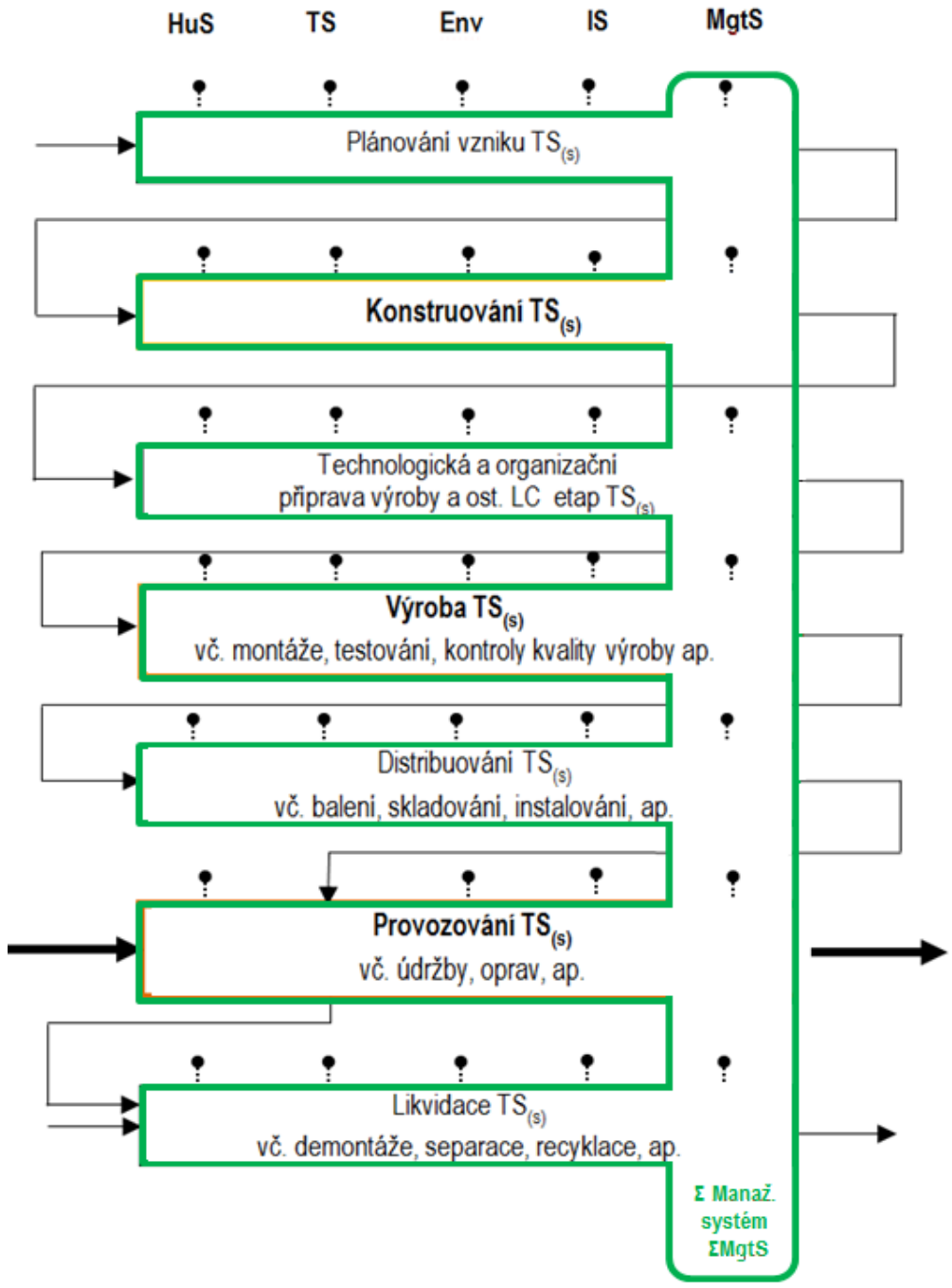
Obr. 5-14 Znalostní podpora identifikce R|E/S| v etapách životního cyklu TS(s) pro Objektový systém TS(s)&∑Env [Hosnedl&Dvořák 2019]

- Posuzovaný TS(s) & ∑Informačních systémů (tj. bezpečnost TS(s) pro informační systémy v celém životním cyklu TS(s), která je v odborných publikacích, vč. norem, zmiňována velmi nesystematicky, převážně jen se zaměřením na kyberbezpečnost)



Obr. 5-15 Znalostní podpora identifikce R|E/S| v etapách životního cyklu TS(s) pro Objektový systém TS(s)&∑IS [Hosnedl&Dvořák 2019]

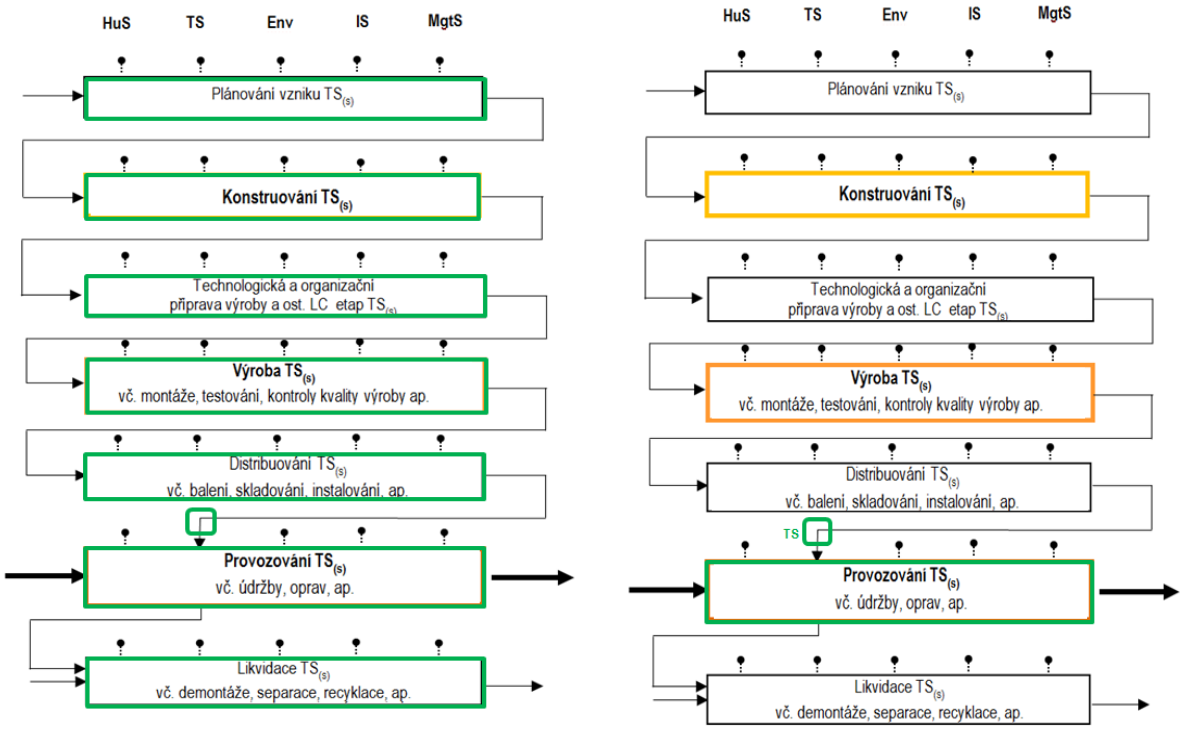
- Posuzovaný TS(s) & ∑Manažerských systémů (tj. bezpečnost TS(s) pro manažerské systémy v celém životním cyklu TS(s), která je v odborných publikacích, vč. norem, zmiňována velmi nesystematicky, převážně jen se zaměřením na strategický management organizací)



Obr. 5-16 Znalostní podpora identifikce R|E/S| v etapách životního cyklu TS(s) pro Objektový systém TS(s)&∑MgtS [Hosnedl&Dvořák 2019]

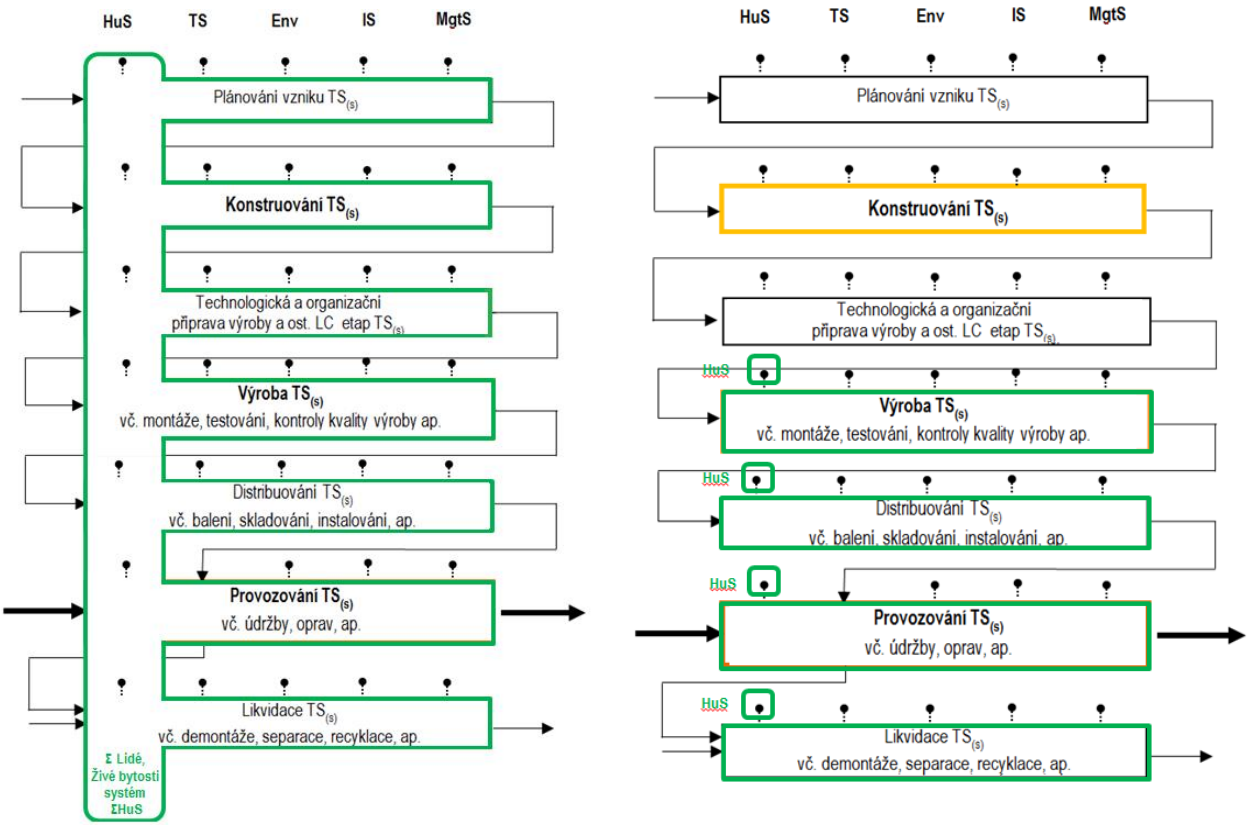
5.4 Relace základních metodik pro analýzu rizik bezporuchovosti a bezpečnosti TS(s) s navrženou teorií a metodikou komplexní predikce a analýzy R|E/S|

S využitím znalostní podpory identifikce R|E/S| v etapách životního cyklu TS(s) kupříkladu pro Objektový systém: Posuzovaný TS(s) (tj. bezporuchovost TS(s) v celém jeho životním cyklu, kde komplementární systém tvoří operátory ∑HuS, ∑TS, ∑Env, ∑IS a ∑MgtS pro všechny etapy LC TS(s) lze konstatovat, že tzv. bezporuchovost, která je v odborných publikacích, vč. norem, často chybně označovaná „pouze“ jako spolehlivost, navíc jen s implicitním nebo i výslovným zaměřením pouze na etapu provozování TS(s)), mezi které patří kupříkladu metoda Analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA) viz. [ČSN EN 60812, 2007] tvoří pouze dílčí oblast znalostní podpory identifikace R|E/S| podloženou teorií EDSM viz. Obr. 5-16.



Obr. 5-17 Teorií EDSM podložená mapa oblastí pro taktiku predikce R|E/S| v etapách životního cyklu TS(s) objektového systému: TS(s) a pro jeho bezporuchovost (vlevo), TS(s) a pro jeho bezporuchovost v souvislosti s [ČSN EN 60812, 2007] (vpravo) [Hosnedl&Dvořák 2019]

S využitím znalostní podpory identifikce R|E/S| v etapách životního cyklu TS(s) kupříkladu pro Objektový systém: Posuzovaný TS(s) & ∑Lidé/Živé (tj. bezpečnost TS(s) pro lidi a ostatní živé systémy v celém životním cyklu TS(s), která je v odborných publikacích, vč. norem, často chybně označovaná „pouze“ jako bezpečnost proti úrazu/smrti při provozu TS(s), navíc jen s implicitním nebo i výslovným zaměřením pouze na provoz TS(s)), mezi které patří kupříkladu metoda Analýzy bezpečnosti viz. [ČSN EN 12100, 2011] tvoří pouze dílčí oblast znalostní podpory identifikace R|E/S| podloženou teorií EDSM viz. Obr. 5-18.



Obr. 5-18 Teorií EDSM podložená mapa oblastí pro taktiku predikce R|E/S| v etapách životního cyklu TS(s) objektového systému: TS(s)&∑HuS a pro jeho bezpečnost (vlevo), TS(s)&∑HuS a pro jeho bezpečnost v souvislosti s [ČSN EN 60812, 2007] (vpravo) [Hosnedl&Dvořák 2019]

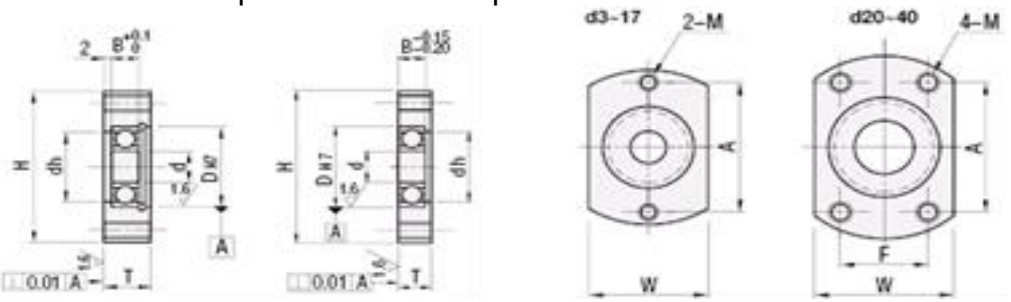
Vzhledem k tomu, že predikce a analýza R|E/S| TS(s) může probíhat buď s využitím jednotlivých výše uvedených postupů jednotlivě “per partes“ odděleně pro jednotlivé objektové systémy (nositele R|E/S|) , tak i paralelně (souběžně) s využitím komplexní metodiky predikce a analýzy R|E/S|, například pro všechny uvažované (zvolené) objektové systémy, je zapotřebí důsledně evidovat změny v případě ošetření R|E/S| vedoucího ke snížení její velikosti/míry/úrovně, zejména pokud se jedná o ex post konstrukční úpravy reálného TS jako opatření ke snížení velikosti/míry/úrovně R|E/S|. Pokud je kupříkladu na základě predikce a analýzy bezporuchovosti navržena dílčí změna konstrukce TS, je nutné tuto změnu reflektovat i v paralelně provedáděných predikcích a analýz R|E/S| souvisejících kupříkladu s bezpečnostními nebo environmentálními R|E/S|.

5.5 Predikce rizik s využitím matematicko-statistických metod a podobnosti

Autor disertační práce se v rámci svého výzkumu zabýval i otázkou, zda-li je možné za pomocí matematicko-statistických metod při uvažování vztahu vkonstruované vlastnosti TS - riziko TS predikovat právě hodnoty (vyjádřené číselně) dílčí R|E/S| nebo jejího faktoru prvku s využitím poznatků EDSM (PoX→PoR). Vzhledem k nedostatku dat resp. nedostatečného datového vzorku hodnot indikátorů nebylo možné tuto analýzu uskutečnit, avšak určitou paralelu tohoto vztahu (vkonstruovaná vlastnost TS – riziko TS) autor disertační práce spatřuje analogicky na modelovém případě predikce prodejní ceny TS při dostupnosti existující množství hodnot indikátorů vkonstruovaných vlastností TS (např. délkové rozměry) a množství hodnot indikátorů reflektovaných vlastností TS (např. hodnta prodejní ceny kuličkového ložiska).

Pokud je k dispozici odpovídající počet hodnot indikátorů vkonstruovaných vlastností TS a k nim odpovídajících hodnot R|E/S| tj. např. číselných hodnot míry rizika nebo jeho faktorů (například pravděpodobnost roztržení ložiska) je možné určit klíčové drivery tj. kritické vkonstruované vlastnosti TS (např. rozměr vnějšího kroužku ložiska, rozměr vnitřního kroužku ložiska, šířka ložiska, průměr valivého elementu apod.), které hodnotu míry rizika nebo kupříkladu hodnotu pravděpodobnosti výskytu R|E/S| (roztržení ložiska) ovlivňují (pozitivně nebo negativně) a jiné “nedrivery”, které a tuto relaci neovlivňují nebo jej ovlivňují téměř bezvýznamně (jsou zanedbatelné). Pro predikci jakékoliv hodnoty indikátoru vlastnosti TS (v modelovém příkladu prodejní cena) je nutné nejprve identifikovat “cenové” faktory (hodnota indikátoru vkonstruované vlastnosti TS s “nejsilnější” korelací s prodejní cenou, které nazýváme „drivery prodejní ceny“).

Je-li analyzován TS v kontextu prodejních cen, je nutné získat množství jeho dostupných měřitelných parametrů – pro tento případ indikátorů vkonstruovaných vlastností TS (vlastností ke stavební structure TS). Tento vztah může být simulován např. vzorovou databází reálných TS, kupříkladu valivých ložisek a jejich prodejních cen na Obr. 5-19 (viz. katalog společnosti MITSUMI). Podmínkou je, že indikátory vlastností TS(rozměry, kvalita povrchu apod.) musí být nutně měřitelné a číselně vyjádřitelné. Obecně platí, že TS, jako jsou kuličková ložiska, jsou standardizovány, takže predikce jakéhokoliv parametru extrahovaného ložiska může je ilustrativní. Může však velmi dobře sloužit k pilotnímu ověření predikčních metod.



Obr. 5-19 Indikátory vkonstruovaných vlastností jako měřitelné parametry kuličkového ložiska s objímkou

Prezentovaný přístup je obecně určen k predikci vlastností nestandardizovaných složitějších TS. Pro ověření zmíněné hypotézy byly použity dva odlišné typy databází strojních součástí. První z nich měl lineární průběh prodejních cen a druhý skokový tj. nesouvislý průběh prodejní ceny. Pomocí koeficientu korelace byly pro oba případy TS získány hodnoty korelačního koeficientu *r*, v obou případech pro stejné parametry (Tab. 5-4 a 5-5).

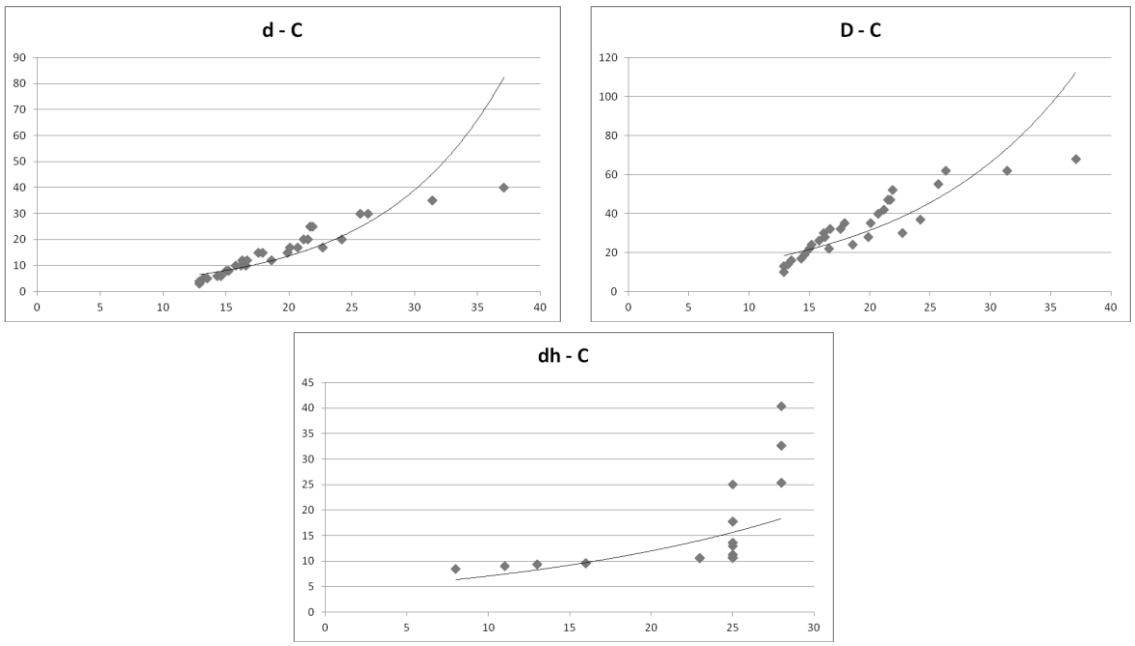
d	***D***	*b*	*H*	*W*	*T*	***dh***	*A*
0,97	**0,92**	0,79	0,84	0,84	0,61	**0,93**	0,87

Tab. 5-4 Koeficient korelace pro vkonstruované vlastnosti – cena (lineární průběh)

d	***D***	*b*	*H*	*W*	*T*	***dh***	*A*
0,94	**0,92**	0,83	0,90	0,89	0,67	**0,92**	0,84

Tab. 5-5 Koeficient korelace pro vkonstruované vlastnosti – cena (skokový průběh)

Z výsledků vyplynulo, že oba typy databází mají téměř shodné vztahy korelace s vybranými měřitelnými vkonstruovanými parametry zkoumaného TS. Dále je zřejmé, že silně pozitivní korelační závislost má vice parametrů, tudíž jejich hodnoty ovlivňují téměř lineárně výslednou prodejní cenu TS. Pro jednoduchost testu však bylo rozhodnuto pracovat pouze se třemi nejvýznamnějšími parametry. Tímto způsobem byly jako nákladové faktory identifikovány pouze tři parametry *d*, *D* a *dh* s nejsilnější korelací s výrobními náklady na ložiska. Vztahy mezi příslušnými parametry jsou znázorněny na Obr. 5-20.



Obr. 5-20 Grafické vyjádření korelací měřitelných parametrů kuličkových ložisek (příklad pro spojitý průběh prodejní ceny)

Ve druhém kroku jsou tyto parametry testovány pomocí tradičního přístupu, který je založen na interpolační metodě s využitím tradiční regresní analýzy, druhou je přístup SbR (Similarity based reasoning) [Hosnedl&Němec 2002].

Pro kvalitní a věrohodnou predikci vlastností TS je důležité, aby obě metody byly nezávislé na způsobu, jakým byly získány hodnoty parametrů vztahujících se k příslušné skupině testovaných vzorků (tj. pokud byly získány odhadem založeným na znalostech a/nebo zkušenostech jakéhokoli typu, výpočtů, libovolným typem experimentálního měření, stochastickými metodami atd.), a které pracují s libovolným počtem zkoumaného TS.

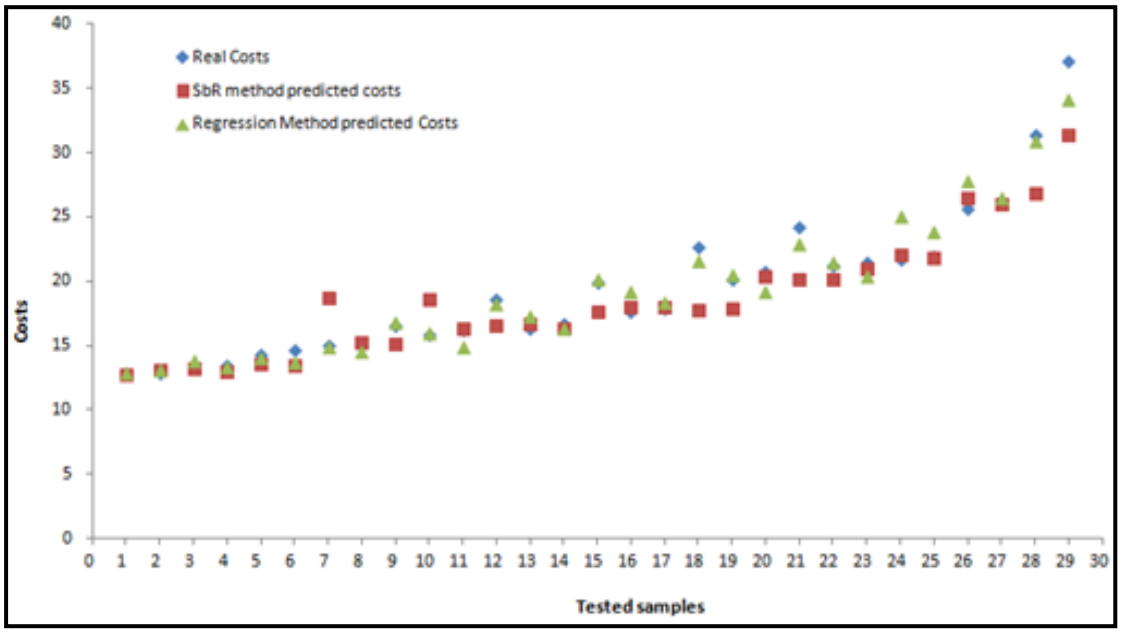
Klíčovou výhodou metody SbR ve srovnání s tradiční regresní metodou je, že je třeba identifikovat pouze čtyři nejpodobnější prvky. Bylo prokázáno, že vyvinuté algoritmy SbR a jejich implementace v prostředí MS Excel mohou poskytnout uživatelům dostatečně vysokou přesnost odhadu (někdy dokonce s přesností až 100%), pokud je k dispozici dostatečný počet parametrů predikce nebo je-li zkoumaný prvek totožný s počtem driverů prvků nebo pokud je jeho hodnota některému z nich blízká.

Výsledky predikce (odhadu) prodejní ceny s využitím SbR byly porovnány s metodou predikce prodejní ceny TS pomocí tradiční regresní metody s využitím MS EXCEL. Na základě výsledků lze konstatovat, že interpolační metoda s využitím tradiční regresní analýzy je vhodná pouze pro případy s lineárním průběhem testovaných parametrů (vkonstruovaných a reflektovaných vlastnostech). Pokud jsou tato data diskontinuální, ve výsledkcích se vyskytují poměrně značné rozdíly mezi skutečnými a předpokládanými hodnotami predikované prodejní ceny TS. Test metody založené na principu podobnosti SbR prokázal mnohem přesnější výsledky jak v případě testování dat se spojitým průběhem prodejních cen, tak rovněž prokázal mnohem přesnější výsledky predikce v práci s diskontinuální databází testovaných parahodnot (vztah vkonstruované a reflektované vlastnosti TS). Predikované hodnoty testovaných variant hodnot indikátorů vkonstruovaných vlastností TS byly v mnoha případech téměř identické jako skutečné hodnoty indikátorů reflektovaných vlastností TS, přesnost metody SbR byla misty až 100%, celková průměrná přesnost této analýzy je velmi vysoká (až na dva příklady, a to v oblasti skokového přechodu), predikce hodnot provedené s vyžitím tradiční regresní analýzy vykazovaly podstatně menší přesnost, podrobná analýza výsledků byla zveřejněna v [Dvořák&Hosnedl 2012].

d [mm]	D [mm]	dh [mm]	C [CZK]	C PRED [CZK]	Δ [%]
3	10	7	12,9	12,70	-1,55%
4	13	9	12,9	13,10	1,95%
5	14	10	13,2	13,21	0.06%
5	16	12	13,5	12,94	-4,14%
6	17	13	14,3	13,52	-5,44%
6	19	15	14,6	13,50	-7,51%
8	22	18	15	18,67	24,48%
8	24	20	15,2	15,27	-0,76%
10	22	19	16,6	15,08	-9,15%
10	26	22	15,8	18,62	17,86%
10	30	24	16,2	16,33	0,79%
12	24	21	18,6	16,51	-11,26%
12	28	24	16,3	16,74	2,72%
12	32	26	16,7	16,33	-2,21%
15	28	25	19,9	17,60	-11,54%
15	32	28	17,6	17,95	2,01%
15	35	29	17,9	17,98	0,44%
17	30	27	22,7	17,78	-21,69%
17	35	31	20,1	17,93	-10,81%
17	40	34	20,7	20,36	-1,62%
20	37	34	24,2	20,17	-16,64%
20	42	36	21,2	20,15	8,33%
20	47	40	21,5	20,95	-2,58%
25	47	41	21,7	22,11	1,89%
25	52	45	21,9	21,80	-0,47%
30	55	48	25,7	26,43	2,86%
30	62	55	26,3	26,02	-1,07%
35	62	55	31,4	26,85	-14,50%
40	68	60	37,1	31,40	-15,36%

d [mm]	D [mm]	dh [mm]	C [CZK]	C PRED [CZK]	Δ [%]
3	10	7	12,9	12,88	0,16%
4	13	9	12,9	13,06	-1,24%
5	14	10	13,2	13,76	-4,24%
5	16	12	13,5	13,38	0,91%
6	17	13	14,3	14,08	1,56%
6	19	15	14,6	13,70	6,18%
8	22	18	15	14,91	0,61%
8	24	20	15,2	14,53	4,41%
10	22	19	16,6	16,84	-1,42%
10	26	22	15,8	15,93	-0,83%
10	30	24	16,2	14,88	8,15%
12	24	21	18,6	18,24	1,96%
12	28	24	16,3	17,33	-6,32%
12	32	26	16,7	16,28	2,52%
15	28	25	19,9	20,15	-1,24%
15	32	28	17,6	19,24	-9,33%
15	35	29	17,9	18,38	-2,68%
17	30	27	22,7	21,55	5,08%
17	35	31	20,1	20,45	-1,76%
17	40	34	20,7	19,21	7,19%
20	37	34	24,2	22,89	5,42%
20	42	36	21,2	21,50	-1,42%
20	47	40	21,5	20,41	5,08%
25	47	41	21,7	25,00	-15,22%
25	52	45	21,9	23,91	-9,17%
30	55	48	25,7	27,79	-8,12%
30	62	55	26,3	26,46	-0,62%
35	62	55	31,4	30,91	1,56%
40	68	60	37,1	34,07	8,16%

Tab. 5-6 Srovnání skutečných a predikovaných hodnot prodejních cen kuličkových ložisek pro spojitou databázi parametrů s využitím metody lineární regrese (vlevo) a přístupu na bázi podobnosti Similarity based Reasoning (vpravo)

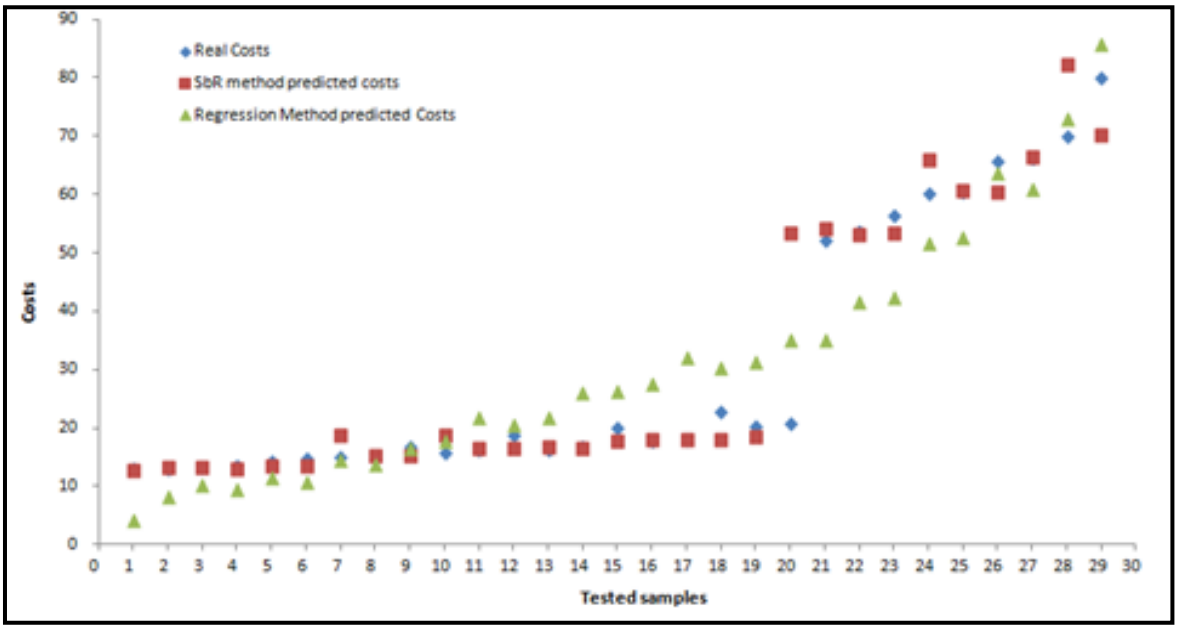


Obr. 5-21 Grafické znázornění výsledků s použitím tradiční regresní metody a SbR pro spojitou databázi prvků

d [mm]	D [mm]	dh [mm]	C [CZK]	C PRED [CZK]	Δ [%]
3	10	7	12,9	4,04	68,70%
4	13	9	12,9	8,12	37,03%
5	14	10	13,2	10,17	22,99%
5	16	12	13,5	9,41	30,30%
6	17	13	14,3	11,45	19,91%
6	19	15	14,6	10,70	26,74%
8	22	18	15	14,40	3,98%
8	24	20	15,2	13,65	10,21%
10	22	19	16,6	16,44	0,94%
10	26	22	15,8	17,73	-12,23%
10	30	24	16,2	21,82	-34,68%
12	24	21	18,6	20,53	-10,37%
12	28	24	16,3	21,82	-33,84%
12	32	26	16,7	25,90	-55,11%
15	28	25	19,9	26,28	-32,05%
15	32	28	17,6	27,56	-56,62%
15	35	29	17,9	32,03	-78,93%
17	30	27	22,7	30,36	-33,75%
17	35	31	20,1	31,27	-55,58%
17	40	34	20,7	34,98	-68,99%
20	37	34	52	34,98	32,74%
20	42	36	53,6	41,48	22,60%
20	47	40	56,4	42,39	24,83%
25	47	41	60,2	51,70	14,13%
25	52	45	60,3	52,60	12,76%
30	55	48	65,6	63,57	3,09%
30	62	55	66,2	60,93	7,97%
35	62	55	70	73,03	-4,32%
40	68	60	80	85,66	-7,07%

d [mm]	D [mm]	dh [mm]	C [CZK]	C PRED [CZK]	Δ [%]
3	10	7	12,9	12,70	-1,55%
4	13	9	12,9	13,10	1,95%
5	14	10	13,2	13,21	0.06%
5	16	12	13,5	12,94	-4,14%
6	17	13	14,3	13,52	-5,44%
6	19	15	14,6	13,50	-7,51%
8	22	18	15	18,67	24,48%
8	24	20	15,2	15,27	-0,76%
10	22	19	16,6	15,08	-9,15%
10	26	22	15,8	18,62	17,86%
10	30	24	16,2	16,33	0,79%
12	24	21	18,6	16,51	-11,26%
12	28	24	16,3	16,74	2,72%
12	32	26	16,7	16,33	-2,21%
15	28	25	19,9	17,60	-11,54%
15	32	28	17,6	17,95	2,01%
15	35	29	17,9	17,98	0,44%
17	30	27	22,7	17,91	-21,09%
17	35	31	20,1	18,38	-8,57%
17	40	34	20,7	53,40	157,98%
20	37	34	52	54,00	3,84%
20	42	36	53,6	53,03	-1,06%
20	47	40	56,4	53,23	-5,63%
25	47	41	60,2	65,93	9,51%
25	52	45	60,3	60,67	0,61%
30	55	48	65,6	60,30	8,08%
30	62	55	66,2	66,36	0,25%
35	62	55	70	82,10	17,28%
40	68	60	80	70,21	-12,23%

Tab. 5-7 Srovnání skutečných a predikovaných hodnot cen kuličkových ložisek pro nespojitou databázi parametrů s využitím metody lineární regrese (vlevo) a přístupu na bázi podobnosti (vpravo)



Obr. 5-22 Grafické znázornění výsledků s použitím tradiční regresní metody a SbR pro nespojitou databázi prvků

6. Pilotní ověření metodiky ve výuce

Metodika komplexní predikce a analýzy rizik TS byla od akad. roku 2016/2017 užívána jako nedílná součást řešení týmových interdisciplinárních konstrukčních a designérských projektů zpracovávaných studenty fakult Západočeské univerzity v Plzni, tj. studentů z Fakulty strojní (FST), Fakulty designu a umění Ladislava Sutnara (FDULS), Fakulty zdravotnických studií (FZS) a z Fakulty ekonomické (FEK) v rámci předmětu KKS/ZKM. Implementace metodiky významným způsobem ovlivnila konstrukci a průmyslový design výsledků více než 30 projektů zadávaných, konzultovaných a vyhodnocovaných ve spolupráci s průmyslovými partnery:

6.1 Elektricky poháněné přídavné zařízení vozíků pro tělesně postižené

Obr. 6-1 Elektricky poháněné přídavné zařízení vozíků pro tělesně postižené [Pražák a kol., 2017]

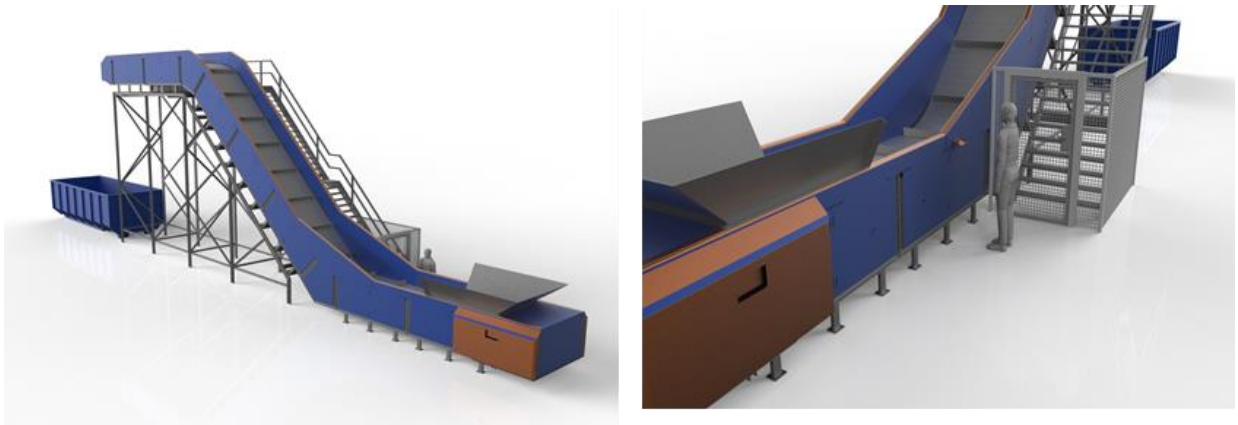
V průběhu řešení projektu byly v konstrukčním návrhu již na koncepční úrovni orgánové resp. stavební struktury na základě využití metodiky komplexní predikce a analýzy rizik TS provedeny [Pražák a kol., 2017] následující nejzásadnější změny s ohledem na bezporuchovost a bezpečnost TS(s):

- zakrytování prostoru pátého kolečka pro snížení rizika vniknutí předmětů a nečistot
- umístění akumulátoru pod těleso spojovací tyče z důvodu konstrukce madla pro snadnější uchopení přídavného zařízení
- podélná připojovací tyč nahrazena teleskopickou tyčí s objímkami s křídlovou maticí z důvodu snadnější manipulace se zařízením (nasazení a odebrání zařízení z prostoru vozíku)
- umístění servomotoru zatáčení na čele nad kolečkem z důvodu zvýšení plynulosti chodu
- přenos informací do řídící jednotky pomocí technologie Bluetooth z důvodu zvýšené spolehlivosti přenosu signálu

Obr. 6-2 Elektricky poháněné přídavné zařízení vozíků pro tělesně postižené [Štilip a kol., 2017]

V průběhu řešení projektu byly v konstrukčním návrhu již na koncepční úrovni orgánové resp. stavební struktury na základě využití metodiky komplexní predikce a analýzy rizik TS provedeny [Štilip a kol., 2017] následující nejzásadnější změny s ohledem na bezporuchovost a bezpečnost TS(s):
- změna typu odpružení pátého kolečka z důvodu zvýšení bezpečnosti zařízení jak ocelku
- samostatné odpružení postranních úchytů k vozíku z důvodu zvýšení spolehlivosti a uchycení na vozík
- výměna typu akumulátoru z důvodu nízké kapacity pro zajištění delšího dojezdu
- konstrukce zakrytování zařízení provedena z materiálu s vysokými z důvodu zajištění ochrany vůči vnějšímu prostředí

6.2 Dopravník kusového odpadu v oblasti recyklace



Obr. 6-3 Dopravník kusového odpadu v oblasti recyklace [Bezouška a kol., 2017]

V průběhu řešení projektu byly v konstrukčním návrhu na základě využití metodiky komplexní predikce a analýzy rizik TS učiněny [Bezouška a kol., 2017] následující

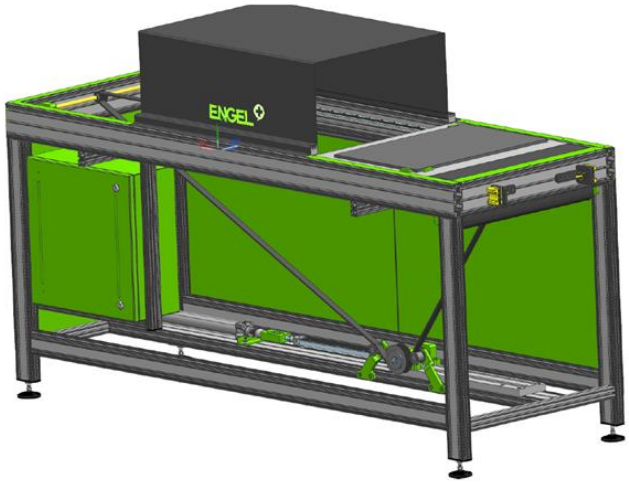
nejzásadnější změny:
- úprava výšky krytů s ohledem na bezpečnost obsluhy, eliminace ostých hran u důvodu potenciálního rizika poranění obsluhy
- plocha schodiště pro vizuální kontrolu a údržbu tvořena z průhledných roštů z důvodu rizika pádu obsluhy a snadnější údržby
- úprava sklonu pásu lomeného dopravníku z důvodu zachování plynulého provozu a úspory zástavbového prostoru
- důraz na proškolení obsluhy z důvodu potenciálního rizika úrazů pravidelnými bezpečnostními testy znalostí obsluhy
- umístění dostupného nouzového vypínače na obou stranách dopravníku z důvodu včasného zastavení dopravníku pro případ jeho poruchy nebo vklínění předmětů do prostoru dorpavního pásu
- umístění čidla monitorujícícho plynulost chodu dopravníku z důvodu pro zvýšení detekce ztráty rychlosti dopravníku resp. jeho pohonné jednotky

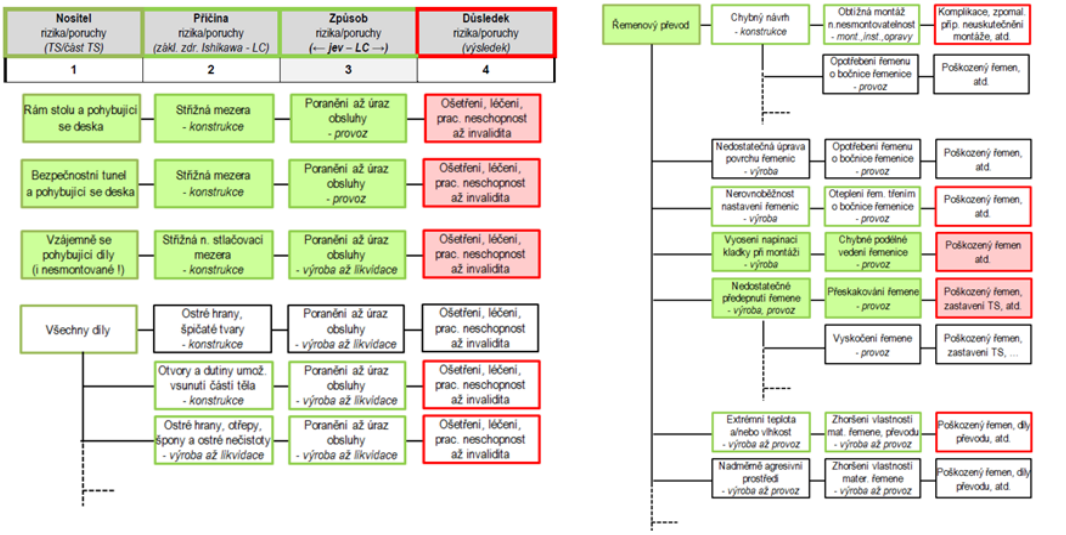
6.3 Smart lavička

Obr. 6-4 Inteligentní vybavení pro odpočinek ve veřejných interiérech budov smart city [Šizling a kol., 2017]

V průběhu řešení projektu byly v konstrukčním návrhu na základě využití metodiky komplexní predikce a analýzy rizik TS učiněny [Šizling a kol., 2017] následující nejzásadnější změny:
- elektronika lavičky uzavřena ve vodotěsném rozvaděči z důvodu eliminace potenciálního zkratu vlivem vlhkosti
- instalace roštu pod dolní končetiny vedoucí k eliminaci vytvoření bahnitého terénu. A tím pádem k potenciálnímu pádu uživatelů
- ultrazvukové čidlo v koši snímající výšku hladiny odpadu z důvodu potenciálního přeplnění koše odpadky
- instalace stojanu koše eliminující potenciální převrácení koše
- instalace čidla uvnitř koše detekující kouř a samospouštěcí hasicí zařízení s CO_2

Metodika komplexní predikce a analýzy rizik byla využita rovněž při zpracování diplomové práce [Matoušek 2017] v akademickém roce 2016/2017 na téma pneumaticky poháněného posuvného stolu, kdy autor diplomové práce využil teoretické a metodické poznatky pro predikce a analýzy rizik TS, nositelé objekt. Systémy TS(s) a TS(s)&∑HuS se zaměřením na bezporuchovost TS(s) a bezpečnost TS(s) vůči HuS.





Nositel rizika/poruchy (TS/část TS)	Příčina rizika/poruchy (Ishikawa - LC)	Způsob rizika/poruchy (← jev - LC →)	Důsledek rizika/poruchy (výsledek)	Závažnost důsledku S (min.1- max.10)	Pravděpod. výskytu O (min.1- max.10)	Pravděpod. odhalení D (max.1- min.10)	Rizikové číslo RN (SxOxD)	Doporučená opatření RN_{mezD} = ... RN_{mezH} = ... (pro RN<RN_{mezD} n. RN>RN_{mezH})
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ozubený řemen T5	Malé předepnutí - instal.	Prokluzování řemenice - provoz	Přeskakování řemene	9	4	1	36	Kontrola stavu napnutí před zahájením provozu
	↳	Vyskočení řemene z řemenice - provoz	Nefunkčnost zařízení	10	3	1	30	Kontrola stavu napnutí před zahájením provozu
Ozubený řemen T5	Špatné seřízení řemenic	Vyskočení řemene z řemenice - provoz	Nefunkčnost zařízení	10	4	2	80	Použití řemenic s vodicím klínem (bočnicemi), kontrola nastavení rovnoběžnosti řemenic
Vůle ložiska	Nedodržení montážního postupu	Špatná montážní vůle	Opotřebení ložiska	7	2	3	42	Kvalifikovaní montážní operátoři, výměna za nový ks
Hliníkové části	Neopatrné zacházení	Poškrábání, vrypy	Snížení kvality	8	5	2	80	Bublinkové fólie, atp.

Obr. 6-5 Aplikace ve výuce - Dopravník do čistého prostředí [Matoušek 2017], predikce a analýza bezporuchovosti s uplatněním normativních požadavků dle [ČSN EN 60812, 2007] a bezpečnosti TS(s) v souladu s uplatněním [ČSN ISO EN 14121-1, 2008].

7 UPLATNĚNÍ, VERIFIKACE A VALIDACE METODIKY V PRŮMYSLOVÉ PRAXI

V této části jsou stručně popsány výsledky uplatnění navržené metodiky komplexní predikce a analýzy bezporuchovosti s uplatněním normativních požadavků dle [ČSN EN 60812, 2007] a bezpečnosti TS(s) uplatněním normativních požadavků [ČSN ISO EN 12100, 2011]. K těmto predikcím a analýzám TS byla využita softwarová aplikace [Hosnedl&Dvořák 2019]. Bližší informace, týkající se detailnější specifikace dosažených výsledků jsou uvedeny zejména v příloze této DiSP, publikovány byly rovněž v [Dvořák&Teplý 2017].

7.1 Naviječka kabelů

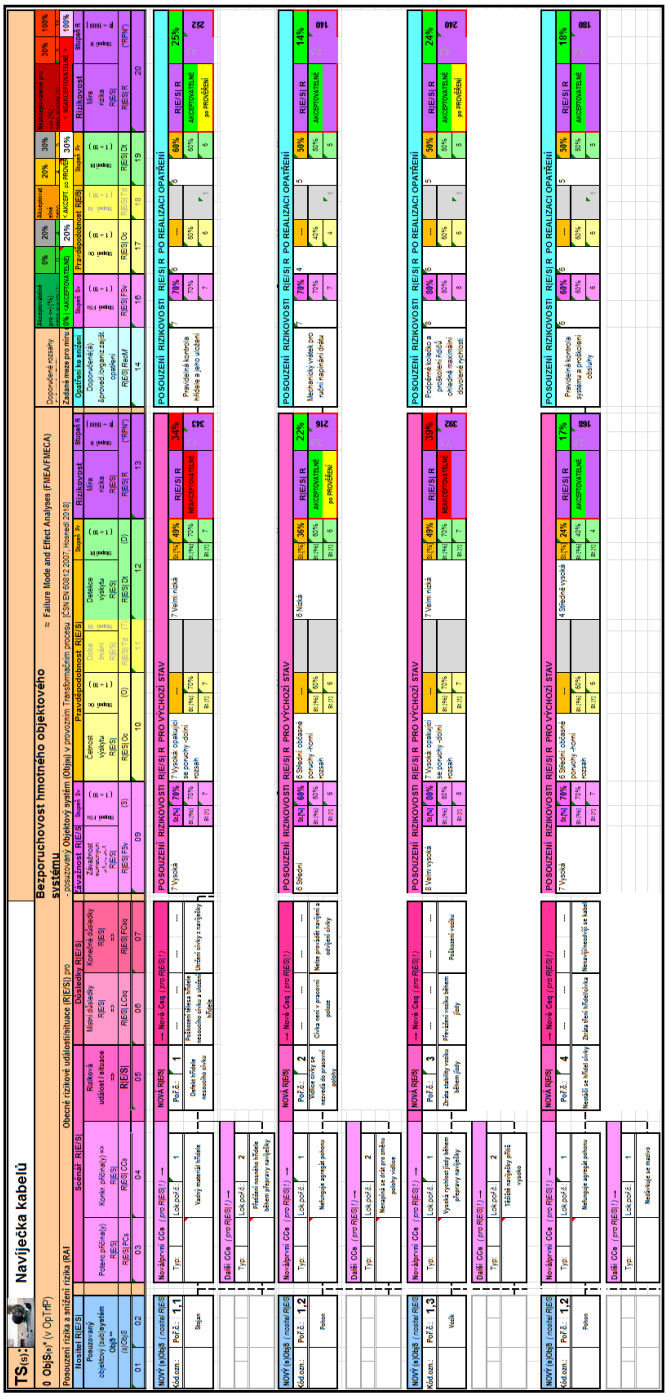
Naviječka kabelů je určena k navíjení a odvíjení kabelů všech druhů používaných ve společnosti Doly Bílina a.s. Zároveň je určena pro transport cívek s kabelem. Autor disertační práce se podílel jednak na tvorbě samotného návrhu, který byl společností SOFIS PLUS s.r.o. proveden na základě reklamace zákazníka.

Obr. 7-1 Naviječka kabelů výrobní společnosti SOFIS Plus

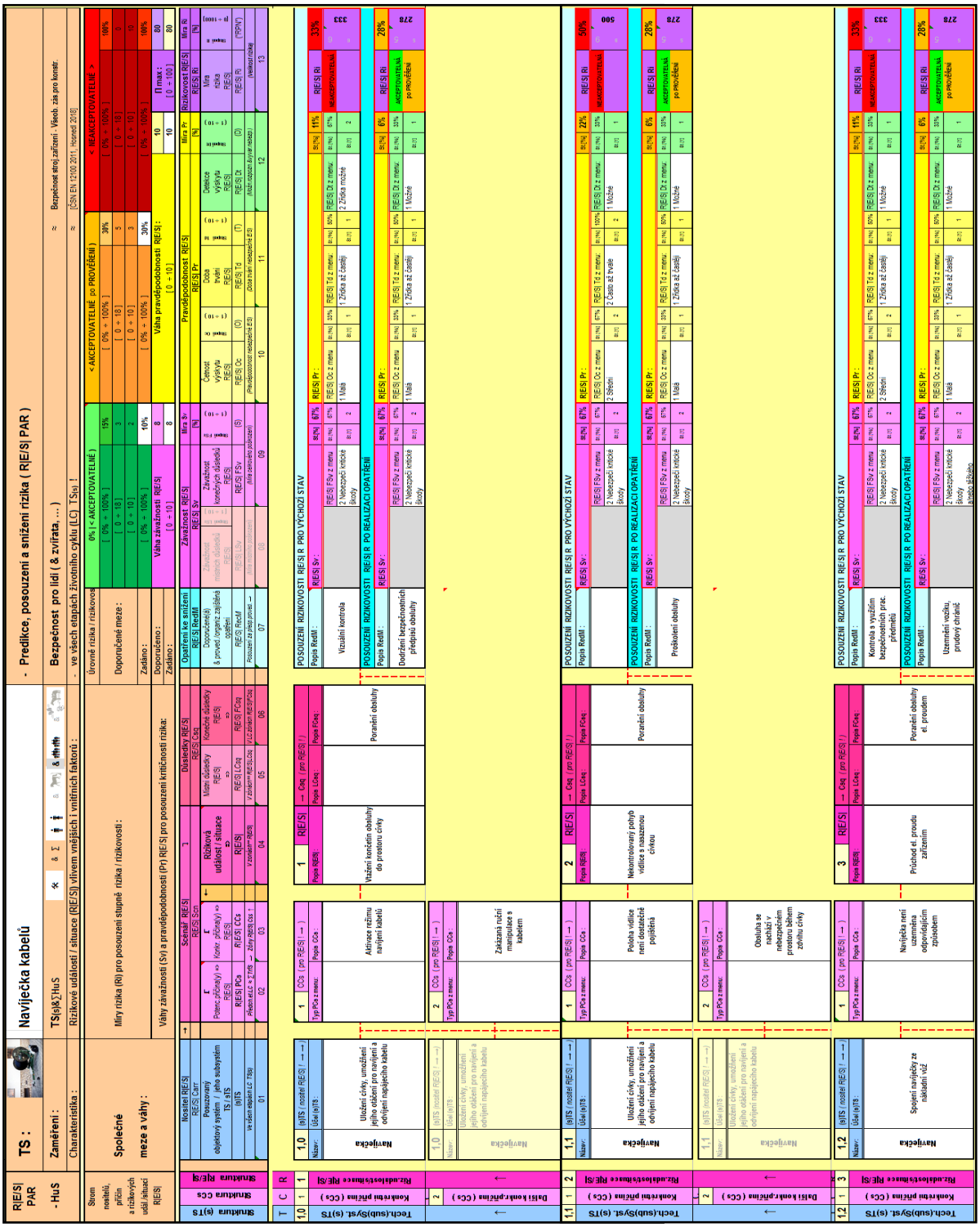
Na základě provedených predikcí rizik je navržen pro kolový podvozek původně určený pro transport pasů od společnosti Wesserhütte. Podvozek je na základě použití predikce poruchovosti a bezpečnosti doplněn třetím otočným kolem a naložení cívky je řešeno pomocí ručního navijáku. K zařízení jsou dodány tři druhy hřídelů pro cívky od průměru 1240 – 2580 mm. K nasazení hřídele do cívky slouží nově i hydraulická ruka typu PC 1300, jištěná proti přetížení. Před navíjením a odvíjením je nutné zajistit naviječku proti pohybu klíny pod koly. Cívka se nakládá pomocí páky a ručního lanového navijáku. Pohon navíjení je řešen převodovkou SEW Eurodrive s motorem 5,5 kW. Regulace otáček je řešena vícepólovým motorem. Základní otáčky jsou 2 ot/min, zrychlené jsou 4 ot/min.

Pro snadnější rozběh byl mezi centrálu a motor na základě provedené predikce bezporuchovosti vložen tyristorový měnič. Přenos otáček na hřídel s cívkou je realizován výsuvnou spojkou. Výsuv spojky zajišťuje hydraulický válec, který je napájen z hydraulického obvodu hydraulické ruky. Rám s cívkou je jištěn ručním čepem (určuje souosost spojky). Rám s cívkou pro transport je zajištěn čepem

s ručním výsuvem. K zajištění výšky osy hřídele cívky a pohonu jsou na rámu dva regulační šrouby. K pohonu elektromotoru je určena elektrocentrála Honda ET 6800 – AM 6,5 kW. Zdroj napětí pro hydraulickou ruku je odebírán přímo z elektrocentrály, elektropřevodovka SEW je napájena přes tyristorový měnič z důvodu vysokého rozběhového proudu. Elektrocentrála je demontovatelná. Přívodní kabel do elektrocentrály byl přesunut do uzamykatelné schránky v konstrukci rámu navíječky. Hydraulický agregát hydraulické ruky je zabudovaný v rámu navíječky a pojištěn upínkami. Tyto díly jsou uzamčeny víky a tím chráněny proti odcizení a poškození.



Obr. 7-2 Navíječka kabelů - predikce a analýza bezporuchovosti TS(s) s využitím [Hosnedl&Dvořák 2019]

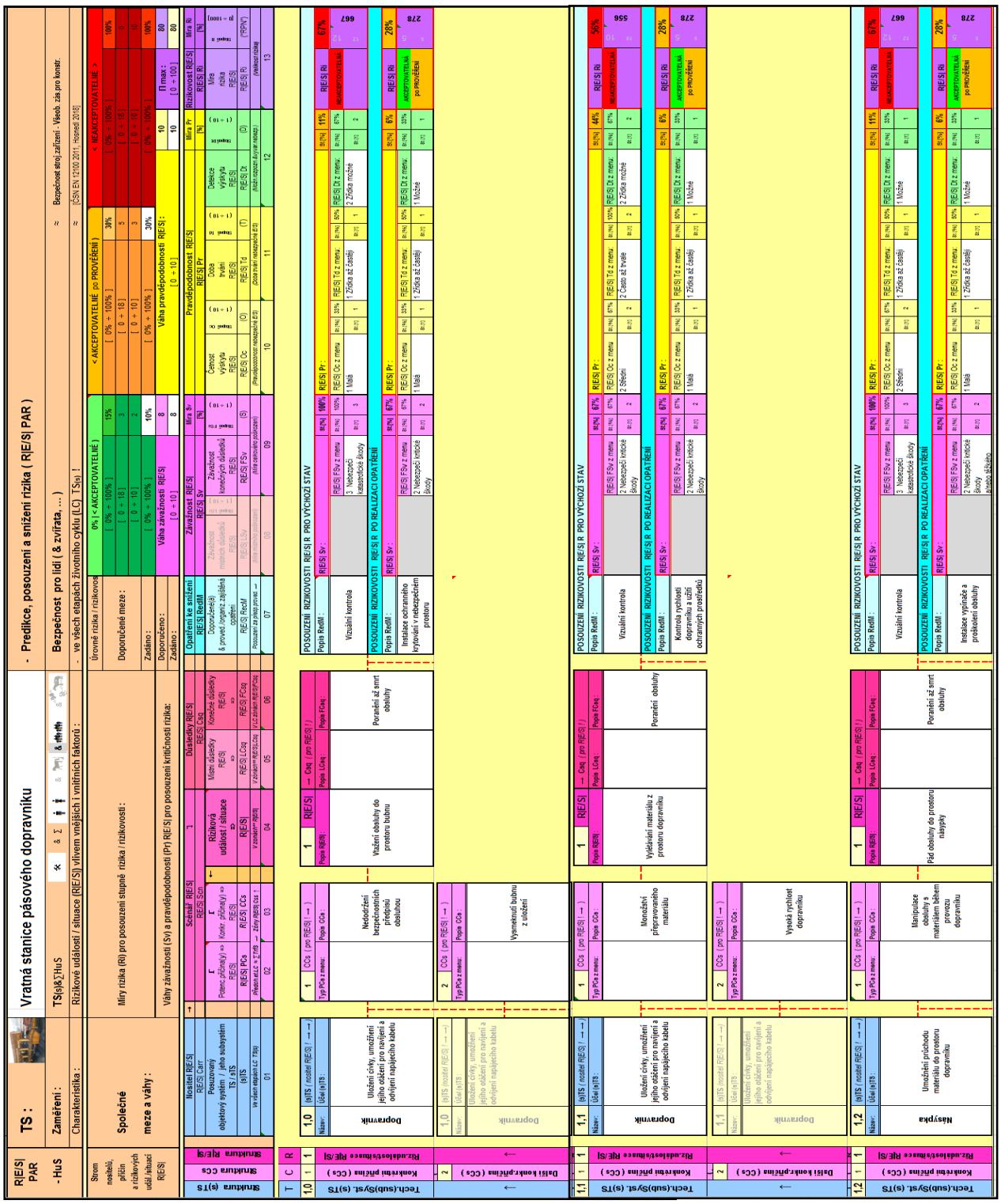


Obr. 7-3 Navíječka kabelů – Predikce a analýza bezpečnosti TS(s) s využitím [Hosnedl&Dvořák 2019]

7.2 Vratná stanice dopravníku

Jedná se o vratnou stanici pásového dopravníku poháněcí stanice PD 59 šířky 1200 mm. Zařízení se skládá z kotvícího rámu a násypky. Vratná stanice je umístěna na začátku dopravní linky a přejímá dopravovaný materiál z předchozí stanice v trase. Zařízení je určeno pro celoroční provoz v mírných klimatických podmínkách pro teplotní podmínky od +40ºC do -20ºC. Bližší informace jsou uvedeny v příloze DiSP.

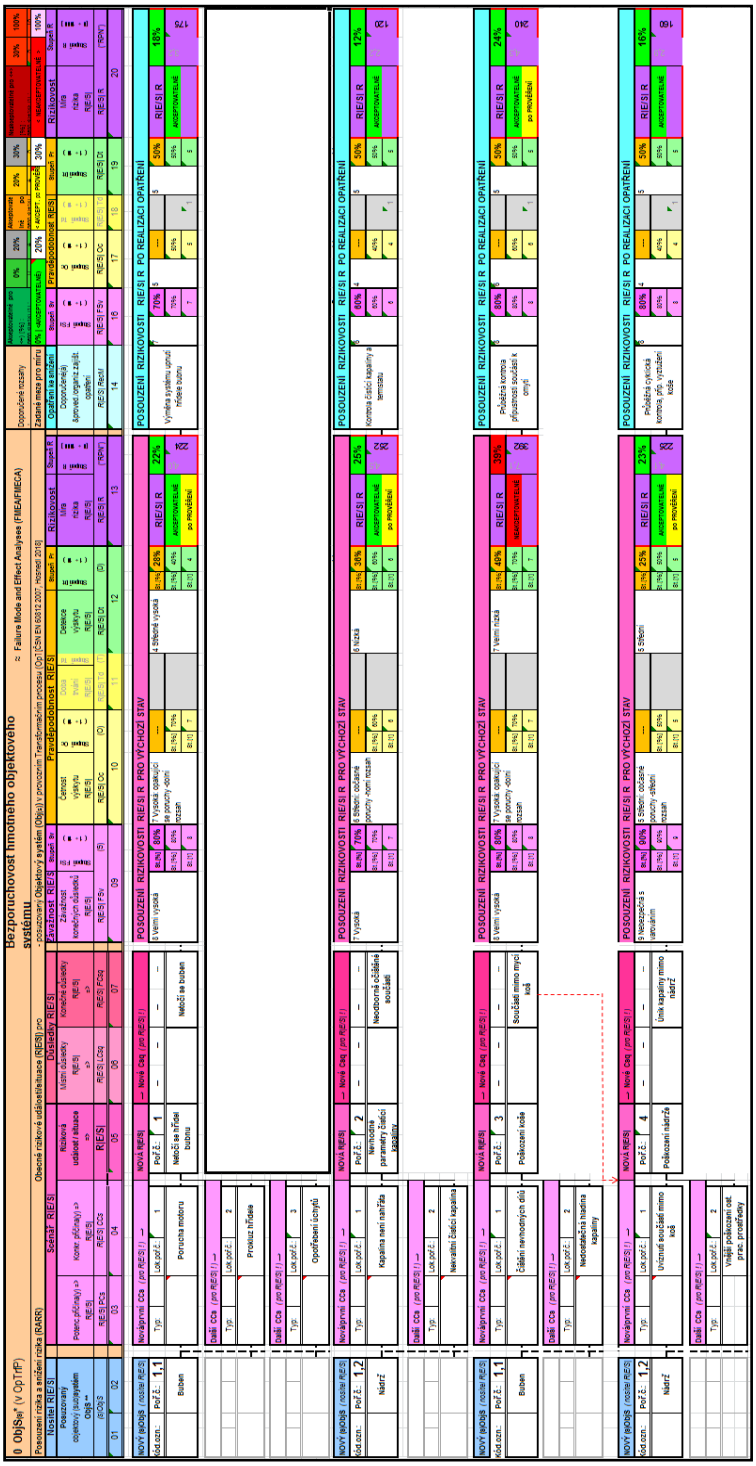
Obr. 7-4 Vratná stanice pásového dopravníku – Predikce a analýza bezporuchovosti TS(s) s využitím [Hosnedl&Dvořák 2019]



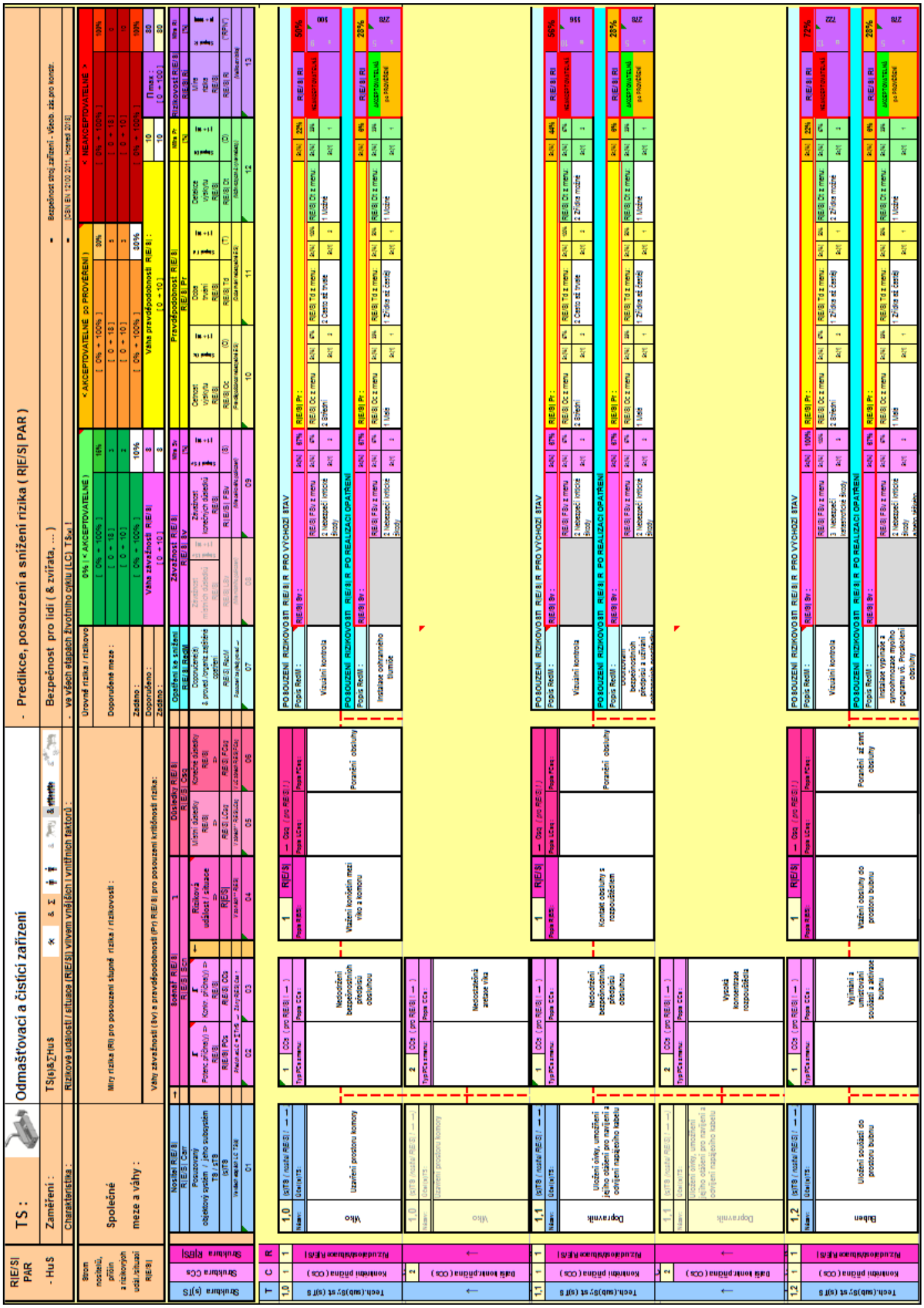
Obr. 7-5 Vratná stanice pásového dopravníku - Predikce a analýza bezpečnosti TS(s) s využitím [Hosnedl&Dvořák 2019]

7.3 Odmašťovací stroj

Odmašťovací a mycí stroj je součástí linky na opravu válečků. Pomocí vodou ředitelných chemických rozpouštědel působících pod tlakem na povrch čištěného předmětu dochází k uvolňování a pomocí trysek i splavování mastných a jiných nečistot. Bližší informace o technickém produktu lze nalézt v příloze DiSP.



Obr. 7-6 Odmašťovací a čistící stroj - Predikce a analýza bezporuchovosti TS(s) s využitím [Hosnedl&Dvořák 2019]



Obr. 7-7 Odmašťovací a čistící zařízení – Predikce a analýza bezpečnosti TS(s) s využitím [Hosnedl&Dvořák 2019]

8. ZÁVĚREČNÉ HODNOCENÍ

Předložená disertační práce je zaměřena na teorii a metodiku komplexní predikce a analýzy rizik technických produktů v rámci jejich celého životního cyklu. Cílem práce byl návrh teorie a metodiky komplexní predikce a analýzy rizik využitelné ke zlepšení efektivity a efektivnosti konstrukčního procesu na základě využití poznatků z oblasti teorie a metodiky konstruování (EDSM resp. TTS) a teorií predikce a analýzy rizik.

Metodika komplexní predikce a analýzy rizik :

- je založena na teoretických znalostech a praktických zkušenostech autora disertační práce, které získal v průběhu studia jak z pohledu akademického prostředí (výuka, výzkum a vývoj) tak z prostředí průmyslové praxe (predikce a analýzy rizik reálných technických produktů)

- je založena na teoretických a metodických poznatcích Engineering Design Science and Methodology (EDSM), zejména části Theory of Technical Systems (TTS), čímž vzniká řada dalších synergických vazeb a uplatnění

- umožňuje provádět predikce a analýzy rizik na úrovni všech abstrakcí konstrukčních struktur technického produktu (funkční, orgánová a stavební struktura TS)

- je shora plně kompatibilitní s dostupnými metodikami pro analýzu rizik technických produktů uvedených v [ČSN EN 31010, 2011], takže zahrnuje všechny jejich normativní požadavky včetně interpretace výsledků

- byla úspěšně ověřena ve výuce na interdisciplinárních projektech ve spolupráci s průmyslovými partnery a uplatněna ve spolupráci s průmyslovou společností

- vytváří efektivní podpůrný systematický nástroj pro konstruktéry a pracovníky navazujících strojírenských profesí, kteří ji mohou komplexně případně i jen zčásti využít jako zpětnou vazbu a kontrolu výsledků svých konstrukčních činností a zužitkovat tyto poznatky při budování své vlastní „mapy poznatků“, jež si každý konstruktér vytváří během své praxe. Začínajícím konstruktérům nabízí možnost využití jako efektivního nástroje, i zkušeným konstruktérům však může metodika nabídnout komplexnější „úhel pohledu“ na predikce rizik technických produktů a potvrzení či vyvrácení jejich rutinních přístupů

- je významnou inovativní částí nově akreditovaného předmětu KKS/ZKTP (Katedra konstruování strojů – Zvyšování konkurenceschpnosti technických produktů), který bude autor disertační práce garantovat

- bude dále průběžně doplňována a aktualizována o nové poznatky jak z oblasti teoretické a metodické (EDSM, TTS), tak i z oblasti praktické (nové zkušenosti z dalších projektů) pro její další využití ve VaVaI (Výzkum a Vývoj a Inovace), případně i pro podporu výuky začínajících konstruktérů a bude i využívána jako podpůrný nástroj při řešení semestrálních a diplomových prací v rámci Katedry konstruování strojů FST ZČU

Navržená teorie a metodika konkrétně umožňuje zejména efektivně provést:

- komplexní predikci a analýzu rizik pro objektové systémy TS(s), TS(s)&∑HuS, TS(s)&∑TS, TS(s)&∑Env, TS(s)&∑IS a TS(s)&∑MgtS ve všech uvažovaných etapách životního cyklu TS(s)

- komplexní predikci a analýzu bezporuchovosti pro objektový systém TS(s) ve všech etapách jejich životního cyklu s uplatněním všech normativních požadavků dle [ČSN EN ISO 12100, 2011]

- komplexní predikci a analýzu bezpečnosti pro objektový systém TS(s)&∑HuS ve všech etapách životního cyklu TS(s) s uplatněním všech normativních požadavků dle [ČSN EN ISO 12100, 2011]

- identifikaci všech R(E/S) pro objektové systémy TS(s), TS(s)&∑HuS, TS(s)&∑TS, TS(s)&∑Env, TS(s)&∑IS a TS(s)&∑MgtS skutečně či potenciálně způsobených více nezávislými i vyvolanými příčinami v libovolné aktuální nebo předchozí LC etapě TS(s)

- stanovení míry rizika pro všechny faktory rizika v dostupných normativních metodikách predikce a analýzy bezporuchovosti TS(s), bezpečnosti TS(s)a environmentálních rizik TS(s)

- komplexní predikce a analýzy R|E/S| pro všechny uvedené Objektové systémy v „jednom“ teoreticky i metodicky (vč. SW podpory) uceleném systému. Odpadá tak problém používání více různých obsahově i terminologicky nesourodých a běžně i nekompatibilních metod a dokumentů se značným rizikem chyb způsobených vlivem jejich náročné a nesprávné interpretace včetně chyb v přenosech informací

8.1 Naplnění hypotéz disertační práce

Hypotézy, které autor stanovil v kapitole 4 pro dosažení cílů disertační práce jsou v této kapitole stručně zhodnoceny a je tak prokázána tak jejich platnost.

Lze nalézt přínosy EDSM resp. TTS pro návrh metodiky predikce rizik TS v rámci jejich celého životního cyklu?

ANO – Přínosy a synergické efekty byly zmíněny v kapitole 5, poznatky EDSM resp. TTS umožnily komplexní náhled na zkoumanou problematiku a zpřehlednění a zjednodušení uceleného návrhu systému metodiky komplexní predikce a analýzy R|E/S| s zejména využitím modelu TrfS s TrfP

Lze integrovat poznatky z oblasti EDSM resp. TTS a teorie predikce rizik a navrhnout komplexní metodiku predikce rizik TS?

ANO – metodika je navržená na základě syntetizace a integrace poznatků EDSM resp. TTS a oblastí teorie a metod pro predikce a analýzu rizik technických produktů a její přínosy a využití byly pilotně ověřeny v akademickém prostředí a uplatněny v praktických příkladech ve spolupráci s průmyslovými podniky, zejména v kap. 7.

Lze navrhnout metodiku komplexní predikce rizik TS, s kterou jsou plně kompatibilní stávající dostupné metody predikce a analýzy rizik TS?

ANO – metodika je shora plně kompatibilitní s dostupnými metodikami predikce a analýzy rizik TS uvedených v [ČSN EN 31010, 2011], detailněji uvedeno v kap. 4 a kap. 5

Lze pomocí matematicko-statistických metod predikovat rizika TS na základě znalostí některých hodnot indikátorů vlastností TS?

Z ČÁSTI – predikce rizik nebylo možné uskutečnit z hlediska nedostupnosti klíčových dat, přes veškerou snahu autora disertační práce tato data získat. Analogicky byla však ověřena hypotéza predikce rizik na základě vztahu hodnot indikátorů vkonstruovaných vlastností TS a reflektovaných vlastností TS s využitím matematicko-statistických metod a speciálním přístupu predikce na základě podobnosti - Similarity based Reasoning.

8.2 Vize pro další výzkum

- Další uplatnění navržené metodiky s ohledem na vybrané nositele R|E/S|– TS(s), TS(s)&∑TS, TS(s)& ∑HuS, TS(s)& ∑Env, TS(s)& ∑IS, TS(s)& ∑MgtS - na dalších příkladech z praxe, její aktualizace a sběr nových poznatků, které vedou ke zdokonalení navržené metodiky

- Doplnění prokázání kompatibility stávajících metod pro predikce a analýzy rizik s ohledem na další objektové systémy (TS(s)& ∑Env), TS(s)& ∑IS), TS(s)& ∑MgtS)

- Implementace matematicko-statistických metod, sběr odpovídajícího množství testovaných dat pro predikce a analýzy R|E/S| (číselně vyjádřené hodnoty indikátorů vkonstruované vlastnosti TS - číselné vyjádření velikosti/míry R|E/S| či faktoru R|E/S|), možnost predikce velikosti/míry rizika nebo jeho faktorů na základě vzájemné závislosti identifikovaných driverů (zejména vkonstruované vlastnosti TS) a hodnoty faktorů (prvků) R|E/S|

- Uplatnění metodiky predikcí a analýzy R|E/S| pro oblast oborově speciálních typů TS

- Uplatnění výsledků výzkumu v případě prediktivních systémů v oblasti umělé inteligence (artificial intelligence) pro simualci chování jednoduchých i sofistikovaných TS

- Uplatnění výsledků výzkumu jako báze poznatků (knowledge management) nejen pro rané fáze vývoje TS při tvorbě Specifikace požadavků na TS jako nedílné součásti etapy konstrukčního procesu

- Aktualizace softwarové podpory Komplexní predikce R|E/S| v souladu s rozšířením SW podpory na další objektové systémy tj. TS(s)& ∑TS, TS(s)& ∑Env, TS(s)& ∑IS, TS(s)& ∑MgtS, implementace analýzu kritičnosti faktorů R|E/S| k nositelů R|E/S| : TS(s), TS(s)&∑TS, TS(s)& ∑HuS, TS(s)& ∑Env, TS(s)& ∑IS, TS(s)& ∑MgtS do SW podpory [Hosnedl&Dvořák 2019]

- Uplatnění získaných poznatků pro predikce R|E/S| ve specifikaci požadavků TS

- Aktualizace softwarového nástroje Komplexní predikce a analýza R|E/S| s ohledem na uživatelského prostředí vedoucí k efektivnímu využití tohot SW nástroje [Hosnedl&Dvořák 2019]

9 SEZNAM INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

[Ackoff 1962] Ackoff R. L.: Scientific method optimising applied research decisions. John Wiley & Sons, New York, 1962

[AAIB 2002] Aircraft Accident Investigation Bureau (October 21, 2002). Final Report of the Aircraft Accident Investigation Bureau, on the accident to the Saab 340B aircraft, registration HB-AKK of Crossair flight CRX 498 on 10 January 2000 near Nassen-wil/ZH, Bundeshaus Nord, CH-3003 Berne

[Babinec 2005] Babinec, F.: Management rizika. Loss prevention&Safety promotion [online].Učební text. Slezská univerzita v Opavě. Ústav matematiky, Brno, 2005, rev. 2015-04-23 [cit. 2016-03-04]

[Barnett&Brickman 1988] Barnett, R. and Brickman, D.:Deadman controls on Lawn Mowers and Snowblowers. In Safety Brief, Volume 5. Triodyne Inc., Niles, Illinois, USA, 1988, ISSN 1041-9489

[Bergsjö 2009] Bergsjö, G.: PLM - Architectural and Organisational Perspectives, Chalmers University of Technology, ISBN 80-247-0053-0

[Bezouška a kol 2017] Bezouška, M., Švec, J., Waldman, J., Procházka, A., Slabá, A., Laštovičková, R., Pleskotová, M. a Jílková, Z.: Dopravník kusového odpadu v oblasti recyklace. Interdisciplinární konstrukční a designérský projekt ZKM2+ st. FST a FDULS s konzultační podporou st. FZS. Vedoucí S. Hosnedl, J. Dvořák a M. Kopecký. Plzeň: ZČU FST KKS ve spolupráci s FDULS a FZS, 2017

[Blecha 2009] Blecha, P.: Management rizik při zajišťování bezpečnosti strojních zařízení. In Svět strojírenské techniky, ročník VII. / 3. vydání, SST Praha: 2009, ISSN 1803-5736

[BS-7000, 1989] BS7000:1989: Guide to managing product design. London, UK: 1989

[Budíková a kol 2017] Budíková, M., Králová, M. a Maroš, B.: Průvodce základními statistickými metodami. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2010. Expert. ISBN 978-80-247-3243-5

[ČSN EN ISO 14121-1, 2008] Bezpečnost strojních zařízení- Posouzení rizik - část 1. Zásady. Praha: Český normalizační institut , duben 2008

[ČSN EN 31010, 2011] Management rizik - Techniky posuzování rizik. Praha: Český normalizační institut, leden 2011

[ČSN EN 60812, 2007] Techniky analýzy bezporuchovosti systémů - Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA). Praha: Český normalizační institut, leden 2007

[ČSN EN 61025, 2007] Analýza stromu poruchových stavů. Praha: Český normalizační institut, listopad 2007

[ČSN EN 62502, 2011] Techniky analýzy spolehlivosti - Analýza stromu událostí (ETA) Praha: Český normalizační institut, srpen 2011

[ČSN EN 292-1,2 2000] Bezpečnost strojních zažízení - Základní pojmy, všeobecné zásady pro konstrukci - Část 1:Základní terminologie, metodologie. Praha: Český normalizační institut, listopad 2000

[ČSN EN ISO 14001, 2016] Systémy environmentálního managementu - Požadavky s návodem pro použití, Praha: Český normalizační institut, únor 2016

[ČSN EN ISO 9000, 2006] ČSN EN ISO 9000 (idt ISO 9000:2006): Systémy managementu (jakosti - 2002) kvality – Základní principy a slovník Praha: Český normalizační institute, 2006

[ČSN EN ISO 12100, 2011] Bezpečnost strojních zařízení - Všeobecné zásady pro konstrukci – Posouzení rizika a snižování rizika. Praha: Český normalizační institut, listopad 2000

[ČSN EN 60300-1, 2015] Management spolehlivosti – Část 1:. Praha: Český normalizační institut, září 2015

[ČSN EN 60300-1, 2006] Management spolehlivosti – Část 2: Směrnice pro management spolehlivosti. Praha: Český normalizační institut, leden 2006

[Dvořák 2009] Dvořák, J.: Doktorská práce ke státní doktorské zkoušce. Plzeň, ZČU, Katedra konstruování strojů, 2009

[Dvořák&Teplý 2018] Dvořák, J, Teplý, R.: Complex risk analyses of the cable winder. In: Proceedings of The 32nd International Business Information Management Association Conference: Innovation Vision 2020: Suistanable Economic development an Application of Innovation Management, 2018, pp. 5753-9, ISBN 978-0-9998551-1-9

[Dvořák 2018] Dvořák, J.: Methodological Support for Risk Analysis during the Whole Life Cycle When Designing Technical Products. In: Proceedings of The 30th International Business Information Management Association Conference: Innovation Vision 2020: Sustainable Economic development, Innovation Management, and Global Growth, 2017, pp. 4642 - 4650, ISBN: 978-0-9860419-9-0

[Dvořák&Hosnedl 2012] Dvořák, J., Hosnedl, S.: "Cost Prediction of Designed Technical Products and Its Importance". In: CD-ROM :Proceedings of 18th IBIMA – Innovation and Sustainable Economic Competitive Advantage: From Regional Development to World Economies, Khalid S. Soliman (Ed.), 9.5.2012 – 10.5.2012, Istanbul, Turkey, p. 2248 – 2256, ISBN 978-0-9821489-7-6

[Eder&Hosnedl 2008] Eder, W. E., Hosnedl, S.: Design Engineering, A Manual for Enhanced Creativity. CRC Press, Taylor & Franciss Group, Boca Raton, Florida USA 2008, 600 s., ISBN 978-1-4200-4765-3

[Eder&Hosnedl 2010] Eder, W. E., Hosnedl, S.: Introduction to Design Engineering: Systematic Creativity and Management. CRC Press / Balkema, Taylor & Francis Group, Leiden, The Netherlands, 2010, ISBN: 978-0-415-55557-9

[Eder&Hosnedl 2019] Eder, W. E., Hosnedl, S.: Systematic Engineering Design: General Model of Procedures for Systematic and Methodical Engineering Designing. Boca Raton, Florida USA: CRC Press, Taylor & Francis Group, (2018), ISBN: 978-1138050945

[Fuchs&Vališ 2004] Fuchs, P. a Vališ, D. Metody analýzy a řízení rizika. Liberec, 2004. Skriptum. Technická univerzita v Liberci.

[Hales 1993] Hales, C.: Managing Engineering Design, NY, USA: John Wiley,1993, ISBN 0-470-2004

[Hales 2001] Hales, C.: Ten critical factors, In Safety Brief, Volume 19, No. 1. Triodyne Inc., Niles, Illinois, USA, 1988, ISSN 1041-9489

[Hnilica&Fotr 2009] Hnilica, J., Fotr, J.: Aplikovaná analýza rizika. Grada, 2009, 978-80-247-2560-4

[Hosnedl&Němec 2002] Hosnedl, S., Němec, L.: Estimation of a Product Property based on Similarity of its Parameters, 10.–11.10. 2002. s 77-84, ISBN 3-9808539-0-X

[Hosnedl et al 2009] Hosnedl, S., Sova, L., Drexler, T., Váchová, J.: Algorithms for value prediction of chosen property characteristic of sample of technical product based on „Case based reasoning“. Plzeň: WBU, December 2009.

[Hosnedl&Dvořák 2019] Hosnedl, S., Dvořák, J.: Komplexní predikce rizik technických produktů v rámci jejich celoživotního cyklu. Sotware v MS EXCEL. Plzeň: ZČU, KKS 2019

[Hosnedl et al 2009] Hosnedl, S., Sova, L., Drexler, T., Váchová, J.: Algorithms for value prediction of chosen property characteristic of sample of technical product based on „Case based reasoning“. Plzeň: WBU, December 2009, 44 p.

[Hosnedl 2017] Hosnedl, S.: Systémové navrhování technických produktů KKS/ZKM. Texty přednášek v Power Pointu. Plzeň: ZČU, KKS, 2017

[Hosnedl 2019] Hosnedl, S.: Systémové navrhování technických produktů KKS/ZKM. Texty přednášek v Power Pointu. Plzeň: ZČU, KKS, 2019

[Hubka&Eder 1988] Hubka, V., Eder, W.E: Theory of Technical Systems. Berlin Heidelberg: Springer - Verlag, 1988, (2. vyd. něm. 1984) ISBN 3-540-17451-6

[Hubka&Eder 1996] Hubka,V., Eder, W. E.: Design Science. London, Springer, 1996, ISBN 3-540-19997-7

[Hundal 1997] Hundal, M. S.: Systematical Mechanical Designing: A Cost and Management Perspective. New York: ASME Press, 1997, ISBN 0-7918-0042-3

[Ishikawa 1991] Ishikawa, K.: Guide to Quality Control, 2nd Revised English Edition, Hong Kong, Nordica International Limited, 1991, Translated into English by the Asian Productivity Organization, Tokyo 1985, ISBN 92-833-1036-5

[Janáč&Kopal 2013] Janáč, F., Kopal, L., HAZOP v plynárenském průmyslu jako nástroj minimalizace rizik. In Konference Krizový management 2013. Lázně Bohdaneč, 2013, s. 7-14. ISBN 978-80-7395-740-7

[Jenab&Moslehpour 2016] Jenab, K. a Moslehpour, S."Failure Analysis: Case Study Challenger SRB Field Joint," International Journal of Engineering and Technology vol. 8, no. 6, pp. 401-405, 2016

[Jirota 2017] Jirota, F. Výsledky šetření nehod a havárií. ISBN:978-80-871140-45-1. Líbeznice: Medim, spol. s.r.o. 2017, pp., TLAK, pp. 113-144 .

[Korecký 2008] Korecký, M. Habilitační práce - Rizika projektů v průmyslových podnicích a jejich řízení. Ostrava, 2008

[Korecký 2009] Korecký, M.: Řízení rizik projektů v průmyslových podnicích, přednáška, ZČU, Plzeň, duben 2009

[Korecký&Trkovský 2011] Korecký, M., Trkovský, V.: Management rizik projektů se zaměřením na projekty v průmyslových podnicích, Praha, Grada Publishing, 2011, ISBN 978-80-247-3221-3

[Kroták 2013] Kroták, S. Dizetační práce - Predikce vlastností technických produktů v konstrukčním procesu. Plzeň, 2013

[Kurkin&Edl 2011] Kurkin, O., Edl, M. Řízení životního cyklu produktu v prostředí digitálního podniku. Zlín, 2011. ISBN: 978-80-260-0023-5

[Kurkin&Januška 2010] Kurkin, O., Januška, M., Product Life Cycle in Digital factory, Knowledge management and innovation : a business competitive edge perspective, Cairo: International Business Information Management Association (IBIMA), 2010. str. 1881- 1886. ISBN: 978-0-9821489-4-5

[Kruliš 2011] Kruliš, J.: Jak vítězit nad riziky, Praha, Linde Praha, 2011, ISBN 978-80-7201-835-2

[Kurkin&Januška 2010] Kurkin, O., Januška, M., Product Life Cycle in Digital factory, Knowledge management and innovation : a business competitive edge perspective, Cairo: International Business Information Management Association (IBIMA), 2010. str. 1881- 1886. ISBN: 978-0-9821489-4-5

[Machan 2012] Machan, J: Metody kvality užívané ve fázi vývoje výrobku - aplikace v automobilovém průmyslu. 2., přeprac. a rozš. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, Fakulta dopravní, 2012. ISBN 978-80-87042-50-2

[Marek& al 2009] Marek, J., Blecha, P., Hlinovský, J. (in memoriam), Krčálová, E. a Mareček, J.: Management rizik výrobních strojů: MM Průmyslové spektrum, 2009, ISSN 1212-2572

[Marek 2012] Marek, L. Pravděpodobnost. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2012. ISBN 978-80-7431-087-4

[Matoušek 2017] Matoušek, P.: Pneumaticky poháněný posuvný stůl, Diplomová práce, Západočeská univerzita v Plzni, 2017

[Merna a kol. 2007] Merna, T., Faustel Al-Thani, Faustel. F.:Risk management, řízení rizik ve firmě. Brno: Computer Press, 2007 ISBN: 978-80-251-1547-3

[Molnár a kol. 2012] Molnar, Z., Mildeová, S., Řezanková, H., Brixí, R., Kalina, J., Pokročilé metody vědecké práce, Praha : Profess Consulting s.r.o., 2012. ISBN 978-80-7259-064- 3

[NASA 1986] United States. National Aeronautics and Space Administration. Report To the President: Actions to Implement the Recommendations of the Presidential Commission on the Space Shuttle Challenger Accident. Washington, D.C. :NASA : [Supt. of Docs., U.S. G.P.O., distributor], 1986.

[NTSB 1996] National Transportation Safety Board (August 23, 2000). Aircraft Accident Report: In-flight Breakup Over the Atlantic Ocean Trans World Airlines Flight 800 Boeing 747-131, N93119 Near East Moriches, New York July 17, 1996

[Ostrom&Wilhelmsen 2012] Ostrom, Lee T. a Wilhelmsen, Cheryl A. :Risk assessment: tools, techniques, and their applications. Hoboken: Wiley, 2012, ISBN 978-0-470-89203-9

[Otipka&Šmajstrla 2013] Otipka, Petr; Šmajstrla, V.: Pravděpodobnost a statistika [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, rev. 2016-11-14 [cit. 2017-03-20]

[Pahl&Beitz (1988) 1995] Pahl, G., Beitz, W.: Engineering Design, A Systematic Approach. London: Springer, 1995. ISBN 3-540-19917-9 (z něm. originálu Konstruktionslehre, Berlin: Springer, 1988, ISBN 3-540-16427-8, přel. C. Hales)

[Pahl&Beitz et al 2007] Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., Grote, K.H.: Engineering Design, A Systematic Approach. London: Springer, 2007. ISBN 978-1-84628-318-5 (přel. K.Wallace, L.Blessing)

[Pons 2001] Pons D.J.: A methodology for system integrity in design. PhD Thesis, University of Cantenbury, New Zealand, 2001

[Pražák a kol 2017] Pražák, L., Mištera, J., Šlajs, J., Ďurina, J., Vostracká, K., Chládek, B., Neumannová, N. a Burešová, A.: Elektricky poháněné přídavné zařízení vozíků pro tělesně postižené. Interdisciplinární konstrukční a designérský projekt ZKM2+ st. FST a FDULS s konzultační podporou st. FZS. Vedoucí S. Hosnedl, J. Dvořák a M. Kopecký. Plzeň: ZČU FST KKS ve spolupráci s FDULS a FZS, 2017

[Procházková 2017] Procházková, D. Zásady řízení rizik složitých technologických zařízení, výsledky šetření příčin velkých havárii. ISBN:978-80-871140-45-1. Líbeznice: Medim, spol. s.r.o. 2017, pp., TLAK, pp. 83-106.

[Ramroth 2007] Ramroth, W. G.: Risk Management for Design Professionals. New York: Kaplan Publishing, 2007, ISBN 978-1-4277-5476-9

[Roozenburg&Eeekels 1995] Roozenburg, N. F. M., Eekels J.: Product Design: Fundamentals and Methods. Chichester, UK: Wiley, 1995, ISBN 0-471-94351-7

[Roth 1994] Roth, K.: Konstruieren mit Konstruktionskatalogen, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1994. ISBN 3-540-57324-0 (Band 1), ISBN 3-3540-57656-8

[Ridley a kol. 2001] Ridley, L., Andrews, J.: Reliability of Sequential Systems using the Cause-Consequence Diagram Method. ARCHIVE Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers - Journal of Process Mechanical Engineering 1989-96, 2001

[Sasiadek&Babierecki 2014] Sasiadek, M. a Babierecki, W.: Improving Reliability of Designed Technical Products Using FMEA, In: Proceedings of The 3rd International Conference on Design Engineering and Science, ICDES 2014. Eds.: Kikuchi K., Kanada T., Otaka T., Hosnedl S., Pilsen, CZ: Japan Society of Design Engineers and University of West Bohemia. 31.08.- 03.09.2014. Vol 1., p. 168 – 173, ISBN 978-4-9905565-5

[Seveso III] - Směrnice Rady 96/82/ES o kontrole nebezpečí závažných havárií s přítomností nebezpečných látek.

[Smejkal&Rais 2006] Smejkal, V., Rais, K.: Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích. Praha, Grada Publishing, 2006, ISBN 80-247-1667-4

[Šizling a kol. 2018] Šizling, J., Černý, M., Kolářová, M., Nekut, K., Petrovitz, J., Samcová, L., Vondrová, M., Inteligentní vybavení pro odpočinek ve veřejných interiérech budov Smart city, Plzeň, ZČU, 2018

[Štilip a kol 2017] Štilip, O., Vránek, P., Šedivý, M., Štěpánek, M., Šulc, J., Starý, T., Samek, J., Vyhnal, O., Balínková, K. a Cingrošová, A.: Elektricky poháněné přídavné zařízení vozíků pro tělesně postižené. Interdisciplinární konstrukční a designérský projekt ZKM2+ st. FST a FDULS s konzultační podporou st. FZS. Vedoucí S. Hosnedl, J. Dvořák a M. Kopecký. Plzeň: ZČU FST KKS ve spolupráci s FDULS a FZS, 2017

[Tichý 2006] Tichý, M. Ovládání rizika, analýza a management. Praha: C.H. Beck. ISBN 80-7179-415-5

[Tomek&Vávrová 2001] Tomek, G.,Vávrová, V.: Výrobek a jeho úspěch na trhu. Praha: Grada Publishing, a.s.. ISBN 80-247-0053-0

[VDI 2206] VDI 2206: Konstruktionsmethodik fur mechatronische Systeme (Design methodology for mechatronic systems). Berlin:Beuth –Verlag, 2004

[Vintr 1998] Vintr, Z.: Specifikace požadavků na bezporuchovost technických objektů, disertační práce, Brno: Vojenská akademie 1998

[Zákon č. 102/2001 Sb.] Zákon o obecné bezpečnosti výrobků

[Zeman 2010] Zeman, M.: Zavedení metody FMEA do podniku Störi Mantel s.r.o., Zlín, 2010. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, Ústav výrobního inženýrství.

10 SEZNAM PUBLIKOVANÝCH PRACÍ DOKTORANDA

[Broum a kol. 2011] Broum, T., Dvořák, J., Kleinová, J.: *Value optimization and risks elimination of product*. In Annals of DAAAM for 2011&Proceedings of the 22nd International DAAAM Symposium - DAAAM (Danube Adria Association for Automatic&Manufacturing), B. Katalinic (Ed.), Vienna University of Technology, Wien, Austria, 23. - 26.11.2011, p. 757-758, ISBN 978-3-901509-83-4

[Dvořák a kol. 2009a] Dvořák, J., Srp, Z., Hosnedl, S. and Roubal, J.: *Application of Target Costing and Comparison with The Theory of Technical Systems*. In: Proceedings of the CADAM 2009 – 7th International Conference on Computer Aided Design and Manufacturing. Eds.: B. Obsieger. Stari Grad, Hvar, Croatia, 22 – 26. 9. 2008, p. 15 - 16. ISBN 978-953-7142-38-4

[Dvořák a kol. 2009b] Dvořák, J., Srp Z., Hosnedl, S.: *Výrobní pracoviště jako heterogenní technický produkt*. In: Modelování a optimalizace podnikových procesů 2009, CD ROM. Plzeň, ZČU, 2009, 12. – 13. 11. 2009, ISBN 978-80-7043-844-2

[Dvořák&Srp 2009] Dvořák, J., Srp, Z.: *Computer Support for Design Engineering and Its Management*. In: Sborník příspěvků - Soutěžní přehlídka studentských a doktorských prací FST 2009. Eds.: P. Žitek, P. Melčák. Plzeň, březen 2009, p. 175 - 179, ISBN 978-80-7043-795-7

[Dvořák&Kopecký 2010] Dvořák, J., Kopecký, M.: *Target Costing based on Theory of Technical Systems*. In Annals of DAAAM for 2010&Proceedings of the 21st International DAAAM Symposium - DAAAM (Danube Adria Association for Automatic&Manufacturing), B. Katalinic (Ed.), Vienna University of Technology, Zadar,Croatia, 20. - 23.10.2010, p. 1145-6, ISBN 978-3-901509-73-5

[Dvořák 2011a] Dvořák, J.: *Risk Management of Technical Products in Their Life Cycle.* In: Sborník příspěvků - Soutěžní přehlídka studentských a doktorských prací FST 2011. Eds.: P. Žitek. Plzeň, duben 2011, p. 169 - 173, ISBN 978-80-7043-995-1

[Dvořák 2011b] Dvořák, J.: *Risk Management of Technical Products in their Life Cycle*. In: CD-ROM:Proceedings of 16th IBIMA – International Bussiness Information Management Association: Innovation and Knowledge Management: A Global Competitive Advantage, Khalid S. Soliman (Ed.), 29.6.2011 – 30.6.2011, Kuala Lumpur, Malaysia, p. 1965 –73, ISBN 978-0-9821489-5-2

[Dvořák&Hosnedl 2011] Dvořák, J., Hosnedl, S.: *Prediction of Costs of Products based on Mathematical Statistics*. In: CD-ROM :Proceedings of 17th IBIMA – International Bussiness Information Management Association: Creating Global Competitive Economies - A 360-degree Approach, Khalid S. Soliman (Ed.), 14.11.2011 – 15.11.2011, Milano, Italy, p. 1372 – 1376, ISBN 978-0-9821489-6-9

[Dvořák&Kopecký 2011] Dvořák, J.; Kopecký, M.: *An innovation of Toy Car based on Theory of Technical Systems*. In 15th IBIMA – International Bussiness Information Management Association: Proceedings, CD ROM: Knowledge Management and Innovation, 2011 ISBN 978-0-9821489-4-5

[Dvořák&Kroták 2011] Dvořák, J., Kroták, S.: *Determination of Key Drivers Regarding to Costs of Technical Products*. In Annals of DAAAM for 2011&Proceedings of the 22nd International DAAAM Symposium - DAAAM (Danube Adria Association for Automatic&Manufacturing), B. Katalinic (Ed.), Vienna University of Technology, Wien, Austria, 23. - 26.11.2011, p. 795-796, ISBN 978-3-901509-83-4

[Dvořák&Hosnedl 2012a] Dvořák, J., Hosnedl, S.: *Cost Prediction of Designed Technical Products and Its Importance*. In: CD-ROM: Proceedings of 18th IBIMA – Innovation and Sustainable Economic Competitive Advantage: From Regional Development to World Economies, Khalid S. Soliman (Ed.), 9.5.2012 – 10.5.2012, Istanbul, Turkey, p. 2248 – 2256, ISBN 978-0-9821489-7-6

[Dvořák&Hosnedl 2012b] Dvořák, J., Hosnedl, S.: *Cost Prediction of Designed Technical using Similarity based reasoning*. In Proceedings of the 8th International Conference of DAAAM Baltic Industrial Engineering, T. Otto (Ed.), 19.4.2012 – 21.4.2012, Tallin, Estonia, p. 442 – 447, ISBN 978-9949-23-265-9

[Dvořák a kol. 2014] Dvořák J., Sasiadek M., Hosnedl, S.: *Innovation of methodological support of risk analyses during the design of Technical products in their Life Cycle*. In: Book of Proceedings of 55th International Conference of Machine Design Departments. Ed. Petr K.. Beroun: Czech Technical University in Praha. 09. – 12. 09. 2014, p. 181 – 186, ISBN 978-80-01-05542-7

[Dvořák&Sasiadek 2015] Dvořák, J., Sasiadek, M.: *Methodological support for indication of risks and their causes of life cycle of technical products*. In: Proceedings of The 25th International Business Information Management Association Conference: Innovation Visions 2020: From Regional Development Sustainability to Global Economic Growth, 2015, pp. s 706 - 711, ISBN 978-0-9860419-4-5

[Dvořák a kol. 2016] Dvořák, J., Sasiadek, M., Hosnedl, S.: *Innovation of Methodological Support of risk Analyses of technical Products in their Life Cycle during their designing*. In The Latest Methods of Construction Design. Springer, Lanuary, 2016, ISBN 978-33-192-2762-7

[Dvořák 2017] Dvořák, J.: *Methodological Support for Risk Analysis during the Whole Life Cycle When Designing Technical Products*. In: Proceedings of The 30th International Business Information Management Association Conference: Innovation Vision 2020, 2017, pp. 4642 - 4650, ISBN: 978-0-9860419-9-0

[Dvořák&Teplý 2018] Dvořák, J, Teplý, R.: *Complex risk analyses of the cable winder*. In: Proceedings of The 32nd International Business Information Management Association Conference: Innovation Vision 2020: Suistanable Economic development an Application of Innovation Management, 2018, pp. 5753 - 5759, ISBN 978-0-9998551-1-9

[Hosnedl a kol. 2008a] Hosnedl, S.; Srp, Z.; Dvořák, J.: *Cooperation of Engineering & Industrial Designers on Industrial Projects*. In Proceedings of the DESIGN 2008, 10th International Design Conference. Zagreb : University of Zagreb, Design Society Glasgow, 2008. s. 1227-1234. ISBN 978-953-6313-89

[Hosnedl a kol. 2008b] Hosnedl, S., Dvořák, J., Srp, Z.: *Heterogeneity of Constructional Specimens*. In: Proceedings of the CADAM 2008 – 6th International Conference on Computer Aided Design and Manufacturing. Eds.: B. Obsieger. Krk, 16 – 20. 9. 2008, p. 15 - 16. ISBN 978-953-7142-36-0

[Hosnedl&kol 2008c] Hosnedl, S., Dvořák, J., Srp, Z.: *Property Driven Designing of Technical Products*. In: Proceedings of the KCMS2008 – 49. Konference kateder částí a mechanismů strojů 49th (Conference of Departments of Machine Elements and Mechanisms). Eds.: J. Bartak, R. Cermak. Srni, Czech Republic: University of West Bohemia, Department of Machine Design (CZ), 8 – 10. 9. 2008, p. 91 - 94. ISBN 978-80-7043-718-6

[Hosnedl a kol. 2008d] Hosnedl, S., Srp, Z. and Dvořák, J.: *Technical products and their attributes - Theory and Practical Applications*. In: AEDS 2008 Workshop Proceedings. Eds.: V. Vaněk, S. Hosnedl and J. Barták. Plzeň, 31.10. – 1. 11. 2008, p. 109 -120. ISBN 978-80-7043-685-1

[Hosnedl a kol. 2008e] Hosnedl S., Srp, Z., Dvořák, J.: *Technical Products and Their Attributes*, In MM SCIENCE Journal, Prosinec 2008, MM Publishing, p. 58 - 62, ISSN 1212 – 2572

[Hosnedl&Dvořák 2009a] Hosnedl, S. a Dvořák, J.: *Polohovadlo pro svařování*. Case Study pro předmět Systémové navrhování technických produktů - KKS/ZKM. http://home.zcu.cz/~hosnedl/. Plzeň: ZČU, FST, KKS, 2009

[Hosnedl&Dvořák 2009b] Hosnedl, S., Dvořák, J.: *Systémové navrhování technických produktů*. Program v MS Excel pro Specifikaci požadavků na TS a hodnocení navrženého TS (interní podklady). http://home.zcu.cz/~hosnedl/ZKM/… Plzeň: ZČU, KKS, 2009

[Hosnedl a kol. 2010] Hosnedl, S., Dvořák, J., Kopecký, M. a Srp, Z.: *Design Specification and Evaluation Tool for Design Engineering and its Management*. In: Proceedings of the 11th International Design Conference - DESIGN 2010, D. Marjanovic et al., FMENA, Zagreb, 2010, pp. 799 – 810. ISBN 978-953-7738-07-5

[Hosnedl a kol. 2011] Hosnedl, S., Kopecký, M., Dvořák, J.: *Enhanced Product Design Specification for Prediction of Design Competitiveness and Inherent Risks of Designed Technical Products*. In: Proceedings of the KCMS2011 – 52. Konference kateder částí a mechanismů strojů. Ostravice, Česká Republika: Vysoká škola báňská-Technická univerzit Ostrava, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů, 6. – 9. 9. 2011, p 85- 90. ISBN 978-80-248-2450-5

[Hosnedl a kol. 2013a] Hosnedl, S., Dvořák, J., Kopecký, M.: *Integrated Engineering Design Research and Interdisciplinary Education in cooperation with Industrial Partners*. In: Proceedings of The 17th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics. Vol. II. Orlando, Florida, USA: International Institute of Informatics and Systemics. 09. – 12. 07. 2013, p. 218 – 223, ISBN-13 978-1-936338-88-7

[Hosnedl a kol. 2013b] Hosnedl, S., Dvořák, J., Kopecký, M.: *Interdisciplinary Engineering Design Projects in Cooperation with Industrial Partners*. In: Book of Proceedings of 54th International Conference of Machine Design Departments. Eds. Sevcik et al. Liberec – Hejtmanice: Technical University of Liberec. 10. – 12. 09. 2013, p. 378 – 383, ISBN 978-80-7372-986-8

[Hosnedl a kol. 2014] Hosnedl, S., Kopecký, M., Dvořák, J. a Zich L.: *Property driven innovation of a technical product*. In: Proceedings of The 3rd International Conference on Design Engineering and Science, ICDES 2014. Eds.: Kikuchi K., Kanada T., Otaka T., Hosnedl S. Pilsen, CZ: Japan Society of Design Engineers and University of West Bohemia. 31.08.- 03.09.2014. Vol 1., p. 138 – 143, ISBN 978-4-9905565-5

[Hosnedl&Dvořák 2019] Hosnedl, S., Dvořák, J.: *Komplexní predikce rizik technických produktů v rámci jejich celoživotního cyklu*. SW v MS EXCEL. Plzeň:ZČU, KKS 2019

[Kopecký a kol. 2013] Kopecký, M., Hosnedl, S., Dvořák, J. a Janík, L.: *Interdisciplinary innovation of EDI module case using 'Design for X' and 'Prediction of X' knowledge and methods system based on TTS*. In: Book of Proceedings of 54th International Conference of Machine Design Departments. Eds. Sevcik et al. Liberec – Hejtmanice: Technical University of Liberec. 10. – 12. 09. 2013, p. 384 – 389, ISBN 978-80-7372-986-8

[Kopecký&Dvořák 2016] Kopecký, M., Dvořák, J:*Systematic support for the design of assembly jigs*. In Book of Proceedings, 57th International Conference of Machine Design Departments, Plzen, 2016. pages 87- 92, ISBN 978-80-362-4689-8

[Martinovská&kol. 2008] Martinovská, K., Janoušek, R., Dvořák, J. and Srp, Z.: *A students´s project – Designing of a luggage space for estate car using map of engineering design science*. In: AEDS 2008 Workshop Proceedings. Eds.: V. Vaněk, S. Hosnedl and J. Barták. Plzeň, 31.10. – 1. 11. 2008, p. 83 - 89. ISBN 978-80-7043-685-1

[Sasiadek&Dvořák 2015] Sasiadek, M., Dvořák, J.: *Use of lean production to improve efficiency of the assembly process*. In: Proceedings of The 25th International Business Information Management Association Conference: Innovation Visions 2020: From Regional Development Sustainability to Global Economic Growth, 2015, pp. 3324-3327, ISBN 978-0-9860419-4-5

[Srp&kol. 2008] Srp, Z., Hosnedl, S. and Dvořák, J.: *Validation of Comparison and Prediction of Properties of Constructional Specimens*. In: Proceedings of the CADAM 2009 – 7th International Conference on Computer Aided Design and Manufacturing. Eds.: B. Obsieger. Stari Grad, Hvar, Croatia, 22 – 26. 9. 2008, p. 61 - 62. ISBN 978-953-7142-38-4

[Vacík a kol. 2009] Vacík, J.; Lašová, V., Kosnar, M., Janda, P., Dvořák, J.: *Comparison of Strengths of Various Types Metal-to-Composite Bonded Joints*. In: Proceedings of the CADAM 2011 – 9th International Conference on Computer Aided Design and Manufacturing. Eds.: B. Obsieger. Stari Grad, Hvar, Croatia, 22 – 26. 9. 2009, p. 15 - 16. ISBN 978-953-7142-38-4

11 DALŠÍ TVŮRČÍ ČINNOST DOKTORANDA

Seznam vlastních prací nevztahujících se k tématu disertační práce:

A – užitné vzory

[Aišman a kol. 2013] Západočeská univerzita v Plzni. Přípravek pro přesné zkoušení tahem na minitahových tělesech. Původci: Aišman, D., Langmajerová, D., Štádler, C., Kopecký, M. a Dvořák, J. Česká republika. Užitný vzor. CZ 24932 U1. Datum zápisu 11.2.2013

[Bernardin a kol. 2011] Západočeská univerzita v Plzni. Zařízení pro implementaci folie při balení chladicích boxů. Původci: Bernardin, P., Zahálka, M., Šabata, J., Dvořák, J. a Kopecký, M. Praha, č. 22879, Česká republika. Užitný vzor. CZ 22879 U1. Datum zápisu 3.11.2011

[Gregor a kol. 2014] Západočeská univerzita v Plzni. Masážní a rehabilitační stůl. Původci: Gregor, M, S., Vasilečko, F., Holý, P., Dvořák, J. a Kopecký, M. Česká republika. Užitný vzor. CZ 26399 U1 , 3.2.2014

[Habrcetl&Dvořák 2012] Západočeská univerzita v Plzni. Systém pro nastavení polohy područek relaxačního transportního křesla. Původci: Habrcetl, V. a Dvořák, J. Česká republika. Užitný vzor. CZ 23633 U1. Datum zápisu 2.4.2012

[Hájek a kol. 2009] Západočeská univerzita v Plzni. Mechanismus pro automatické odklápění volantu. Původci: Hájek, A., Červenková, L., Kieweg, P., Havlíček, P., Dvořák, J. a Srp. Z. Česká republika. Užitný vzor CZ 20386 U1. Datum zápisu. 28.12.2009

[Hosnedl a kol. 2010] Západočeská univerzita v Plzni. Posuvné vedení pro svařovacího robota. Původci: Vynálezce Hosnedl, J., Pelikán, J., Králík, J., Maroušek, K., Pilát, M., Dvořák, J. a Srp. Z. Česká republika. Užitný vzor. CZ 21449 U1. Datum zápisu 8.11.2010

[Kieweg a kol. 2010] Západočeská univerzita v Plzni. Mechanismus pro uchycení invalidního vozíku. Původci: Kieweg, P., Červenková, L., Hájek, A., P., Havlíček, P., Dvořák, J. a Srp. Z. Česká republika. Užitný vzor. CZ 21382 U1. Datum zápisu 22.10.2010

[Kopecký a kol. 2009] Západočeská univerzita v Plzni. Mechanismus pohyblivých částí krytování výrobních strojů. Původci: Kopecký, M., Hána, J., Brašna, F., Hanuš, J., Dvořák, J.,Srp. Z. Česká republika. Užitný vzor. CZ 19802 U1. Datum zápisu 7.7.2009

[Kroták a kol. 2013a] Západočeská univerzita v Plzni. Držák nožové pojistky určený k přiletování. Původci: Kroták, S., Šimlová, M. a Dvořák, J. Česká republika. Užitný vzor. CZ 25404 U1. Datum zápisu 20.5.2013

[Kroták a kol. 2013b] Západočeská univerzita v Plzni. Pružný konektor do plošného spoje. Původci: Kroták, S., Šimlová, M. a Dvořák, J. Česká republika. Užitný vzor. CZ 25624 U1. Datum zápisu 8.7.2013

[Kroták a kol. 2013c] Západočeská univerzita v Plzni. Univerzální nástěnný otočný držák. Původci: Kroták, S., Šimlová, M. a Dvořák, J. Česká republika. Užitný vzor. CZ 25833 U1. Datum zápisu 9.9.2013

[Kubička&Dvořák 2012] Západočeská univerzita v Plzni. Systém upevnění textilie na vozidlo typu hadraplán. Původci: Kubička, P. a Dvořák, J. Česká republika. Užitný vzor. CZ 23139 U1. Datum zápisu 2.1.2012

[Muller a kol. 2011] Mechanismus pro nastupování a vystupování vozíčkáře do/z vozu. Užitný vzor. Původci: Muller, E., Simota, M., Tlachač, V., Dvořák, J. a Kopecký, M.. Česká republika. Užitný vzor. CZ 22664 U1, Datum zápisu 5.9.2011

[Růžička a kol. 2015] Západočeská univerzita v Plzni. Vstřikovací zařízení. Původci: Růžička, J., Martin, M., Špaček, D., Kysučanová, Z., a Dvořák, J. Česká republika. Užitný vzor. CZ 29 003 U1. Datum zápisu 30.12.2015

[Slípka a kol. 2012] Automatický odvinovací mechanismus pro pokládání stropní fólie při balení palet. Původci: Slípka, F., Klenovský, R., Dvořák, J. a Kopecký, M. Česká republika. Užitný vzor. CZ 24051 U1. Datum zápisu 2.7.2012

[Vozka a kol. 2011] Západočeská univerzita v Plzni. Mechanismus výškového nastavení sedáku transportního a relaxačního křesla. Původci: Vozka, M., Kulhavý, O., Adam, L., Dvořák, J. a Kopecký, M. Česká republika. Užitný vzor. CZ 22551 U1, Datum zápisu 1.8.2011

B – průmyslové vzory

[Bernardin a kol. 2011] Západočeská univerzita v Plzni. *Klec pro balení chladících boxů*. Původci: Bernardin, P., Zahálka, M., Šabata, J., Dvořák, J. a Kopecký, M. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 35101. Datum zápisu 27.5.2011

[Kopecký a kol. 2014] Západočeská univerzita v Plzni. *Přípravek pro svařování*. Původci: Kopecký, M. a Dvořák, J. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 36146. Datum zápisu 13.8.2014

[Kopecký a kol. 2014] Západočeská univerzita v Plzni. *Manipulační vozík*. Původci: Kopecký, M. a Dvořák, J. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 36202. Datum zápisu 1.10.2014

[Kopecký a kol. 2015] Západočeská univerzita v Plzni. *Masážní stůl*. Původci: Kopecký, M., Dvořák, J. a Barták, J. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 36483. Datum zápisu 4.3.2015

[Kopecký a kol. 2015] Západočeská univerzita v Plzni. *Zemědělský přepravník*. Původci: Kopecký, M., Dvořák, J. a Lažánek, L. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 36564. Datum zápisu 4.11.2015

[Kopřiva a kol. 2012a] Západočeská univerzita v Plzni. *Zařízení pro průmyslovou filtraci chladicí kapaliny*. Původci: Kopřiva, J, Dvořák, J., Kopecký, M. a Šimon, M. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 35454. Datum zápisu 29.11.2012

[Kopřiva a kol. 2012b] Západočeská univerzita v Plzni. *Zařízení pro průmyslovou filtraci chladicí kapaliny*. Původci: Kopřiva, J, Dvořák, J., Kopecký, M. a Šimon, M. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 35454. Datum zápisu 29.11.2012

[Kopřiva a kol. 2013a] Západočeská univerzita v Plzni. *Dvoukolový ruční vozík*. Původci: Kopřiva, J., Dvořák, J., Kopecký, M. a Šimon, M. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 36086. Datum zápisu 12.6.2014

[Kopřiva a kol. 2013b] Západočeská univerzita v Plzni. *Vozík pro přepravu součástí*. Původci: Kopřiva, J., Dvořák, J., Kopecký, M. a Šimon, M. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 35527. Datum zápisu 27.2.2013

[Kopřiva a kol. 2013c] Západočeská univerzita v Plzni. *Kojenecké lůžko*. Původci: Kopřiva, J., Pavlík, D., Barták, J., Kopecký, M., Barták, P. a Dvořák, J. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 35823. Datum zápisu 27.11.2013

[Kopřiva, J. a kol. 2014] Západočeská univerzita v Plzni. *Jízdní kolo*. Původci: Kopřiva, J., Dvořák, J., Kopecký, M. a Šimon, M. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 36132. Datum zápisu23.7.2014

[Kopřiva a kol. 2015] Západočeská univerzita v Plzni. *Podvozek kojeneckých lůžek*. Původci: Kopřiva, J., Pavlík, D., Kopecký, M., Barták, P., Dvořák, J. a Barták, J. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 35823. Datum zápisu 4.3.2015

[Pavlík a kol. 2012a] Západočeská univerzita v Plzni. *Průmyslová myčka součástí*. Původci: Pavlík, D., Kopecký, M., Dvořák, J., a Šimon, M. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 35468. Datum zápisu 13.12.2012

[Pavlík a kol. 2012b] Západočeská univerzita v Plzni. *Zařízení pro průmyslovou filtraci chladicí kapaliny*. Průmyslový vzor. Vynálezce Pavlík, D., Kopecký, M., Dvořák, J., a Šimon, M. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 35455. Datum zápisu 29.11.2012

[Pavlík a kol. 2013] Západočeská univerzita v Plzni. *Dvoukolový ruční vozík*. Původci: Pavlík, D., Kopecký, M., Dvořák, J. a Šimon, M. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 36098. Datum zápisu 12.6.2014

[Pavlík a kol. 2013a] Západočeská univerzita v Plzni. *Vozík pro přepravu součástí*. Původci: Pavlík, D., Kopecký, M., Dvořák, J. a Šimon, M. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 35627. Datum zápisu 27.2.2013

[Pavlík a kol. 2013b] Západočeská univerzita v Plzni. *Dvoukolový ruční vozík*. Původci: Pavlík, D., Kopecký, M., Dvořák, J. a Šimon, M. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 36098. Datum zápisu 12.6.2014

[Pavlík a kol. 2014] Západočeská univerzita v Plzni. *Jízdní kolo*. Původci: Pavlík, D., Kopecký, M., Dvořák, J. a Šimon, M. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 36010. Datum zápisu 16.4.2013

[Růžička a kol 2015] Západočeská univerzita v Plzni. *Vstřikovací zařízení*. Původci: Růžička, J., Martin, M., Špaček, D., Kysučanová, Z. a Dvořák, J., Užitný vzor, CZ 29003, Datum zápisu 21.12.2015

[Slípka a kol. 2010] Západočeská univerzita v Plzni. *Zařízení pro pokládání stropní folie při balení chladicích boxů*. Původci: Slípka, F., Karas, J., Klenovský, R., Kutilová, K., Dvořák, J., Kopecký, M. a Srp, Z. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 34977. Datum zápisu 26.11.2010

[Trpák a kol. 2012] Západočeská univerzita v Plzni. *Průmyslová myčka součástí*. Původci: Trpák, L., Toufar, T., Benda, R., Dvořák, J., Kopecký, M., Kroták, S. a Šimon, M, Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 35469. Datum zápisu 13.12.2012

Příloha

Stručná specifikace technických produktů
Informace k jejich konstrukci a obsluze

(specifikace úprav na základě predikce a analýzy rizik TS se zaměřením na bezporuchovost a bezpečnost TS(s))

NAVÍJEČKA KABELŮ

Navíječka kabelů je určena k navíjení a odvíjení kabelů všech druhů používaných ve společnosti Doly Bílina a.s. Zároveň je určena pro transport cívek s kabelem. Autor disertační práce se podílel jednak na tvorbě samotného návrhu technického produktu, který byl společností SOFIS PLUS s.r.o. opětovně proveden na základě uplatněné reklamace zákazníka.

Navíječka kabelů společnosti SOFIS Plus

Navíječka kabelů není samostatně mobilní zařízení, tento technický produkt je určen pro transport, a to primárně k nákladnímu automobilu TATRA. Navíječka kabelů není určena pro provoz na veřejných komunikacích. Na základě provedených predikcí a analýz rizik je navržen kolový podvozek původně určený pro transport pasů od společnosti Wesserhütte. Podvozek je na základě komplexní metodiky predikce a analýzy rizik autorem DiSP doplněn třetím otočným kolem a naložení cívky je řešeno pomocí ručního navijáku. K zařízení jsou dodány tři druhy hřídelů pro cívky od průměru 1240 – 2580 mm. K nasazení hřídele do cívky slouží nově i hydraulická ruka typu PC 1300. Hydraulická ruka je určena pouze pro manipulaci s hřídeli, popřípadě s prázdnou cívkou. Hydraulická ruka je jištěna proti přetížení. Před navíjením a odvíjením je nutné zajistit navíječku proti pohybu klíny pod koly. Cívka se nakládá pomocí páky a ručního lanového navijáku. K naložení a složení není nutný zdroj elektrického proudu.

Pohon navíjení je řešen převodovkou SEW Eurodrive s motorem 5,5 kW. Regulace otáček je řešena vícepólovým motorem. Základní otáčky jsou 2 ot/min, zrychlené jsou 4 ot/min. Pro snadnější rozběh byl mezi centrálu a motor vložen na základě provedené predikce bezporuchovosti vložen tyristorový měnič. Přenos otáček na hřídel s cívkou je realizován výsuvnou spojkou. Výsuv spojky zajišťuje hydraulický válec, který je napájen z hydraulického obvodu hydraulické ruky. Rám s cívkou je jištěn ručním čepem (určuje souosost spojky). Rám s cívkou pro transport je zajištěn čepem s ručním výsuvem. K zajištění výšky osy hřídele cívky a pohonu jsou na rámu dva regulační šrouby. K pohonu elektromotoru je určena elektrocentrála Honda ET 6800 – AM 6,5 kW. Zdroj napětí pro hydraulickou ruku je odebírán přímo z elektrocentrály, elektropřevodovka SEW je napájena přes tyristorový měnič z důvodu

vysokého rozběhového proudu. Elektrocentrála je demontovatelná.

Na základě použití metodiky komplexní predikce a analýzy rizik popsané v DiSP byly provedeny další následující doporučenív konstrukci a pro užívání:

Elektrocentrála je nyní z důvodu ochrany demontovatelná. Přívodní kabel do elektrocentrály byl přesunut do uzamykatelné schránky v konstrukci rámu navíječky. Tyristorový měnič je nyní v konstrukci umístěn pod elektropřevodovkou. Hydraulický agregát hydraulické ruky je zabudovaný v rámu navíječky a pojištěn upínkami. Tyto díly jsou uzamčeny nyní víky, a tím chráněny proti odcizení a poškození.

Po spuštění elektrocentrály (přívodní kabel musí být zapojen v elektrocentrále před spuštěním centrály) bylo bezpečnostní tlačítko ZAPNOUT umístěno na rám u centrály a druhé u ovladače pro hydraulickou ruku. Pro ovládání navíjení či odvíjení a změnu rychlosti navíjení je nově u převodovky panel vybavený příslušnými tlačítky. Centrální stop tlačítko je nyní umístěno u hydraulické ruky, na panelu ovládaní u převodovky a pod elektrocentrálou. Ovládání hydraulické ruky je pod hydraulickou rukou – tlačítka pro zapnutí a vypnutí, pákové hydraulické rozvaděče pro ovládání pohybu ruky. Poslední pákový rozvaděč je určen pro výsun spojky elektropřevodovky – navíjecí hřídel cívky.

Veškeré ovládání je řešeno na napěťové úrovni 230V/50Hz a celé zařízení je jištěno proudovým chráničem. Pro správnou funkci proudového chrániče je nutné vždy před uvedením do provozu provést uzemnění celého pracovního stroje.

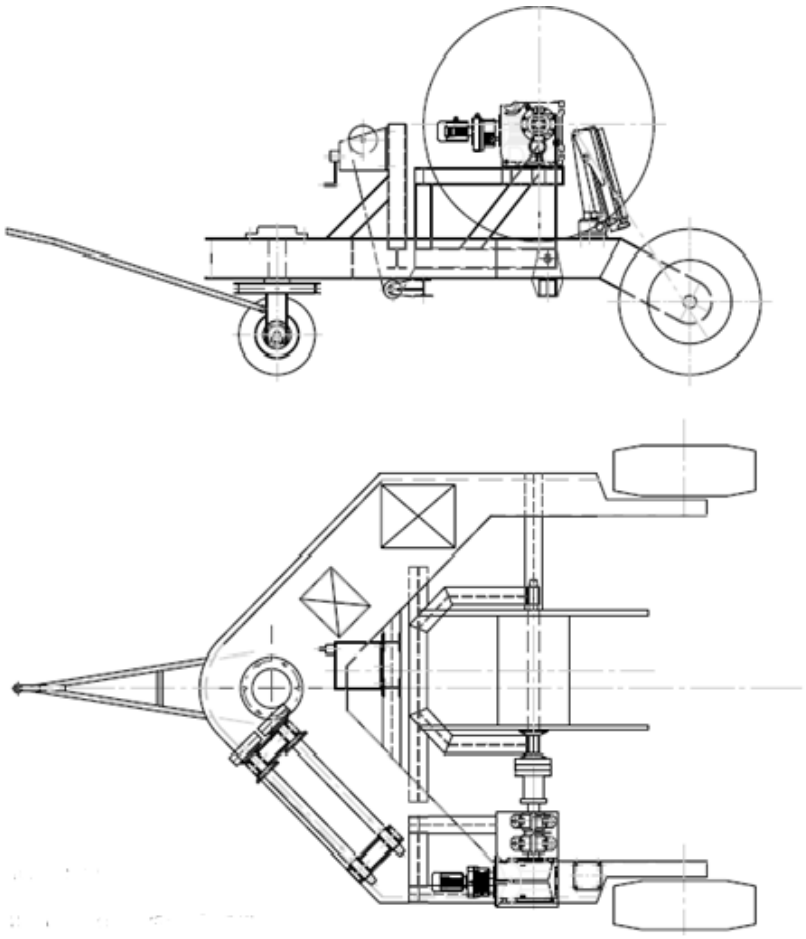
Prázdná cívka musí být umístěna v dosahu hydraulické ruky. Pomocí hydraulické ruky se do cívky zasune jeden ze tří hřídelí, které slouží jako nosič cívky. Na rámu navíječky je lože pro umístění dvou hřídelí, třetí je umístěn v konstrukci pro zvedání (spouštění cívky). Po nasunutí hřídele do cívky se pomocí hydraulické ruky umístí cívka s hřídelem do ložisek rámu. Horní část ložiska je odklápěcí a po usazení hřídele se ložisko zajistí šrouby. Pro menší cívky jsou dva hřídele opatřeny na jedné straně vložkou z důvodu souososti. Po zajištění hřídele s cívkou se pomocí ručního lanového vrátku (smysl otáčení páky je při navíjení – odvíjení kombinovaný – nejprve se „navíjí“ a po překlopení rámu se „odvíjí“) zvedne cívka do horní úvrati, ručně se vystředí spojka, která se zasune do hřídele pomocí hydraulického válce. Zvedací konstrukce s cívkou se zajistí ručním čepem proti náhodné manipulaci. Po překontrolování (v minulosti nebylo dodržováno) souososti je možné navíjet.

Navíjet lze všechny gumové kabely NN a VN – vlečné. Pro kabely VN je nutné dodržet technologický předpis výrobce pro manipulaci s vlečnými kabely – dodržet max. délku kabelu pro vlečení (smyčkování), odstranění ostrých překážek apod. Před každým uvedením do provozu je nutné zkontrolovat všechna mazaná místa. Ložiskové domky navíjecího hřídele a uložení spojky se pravidelně mažou tukem před každým použitím – snížení tření při navíjení. To platí pro ložiskové domky hlavního hřídele, kladky, vrátek, čepy zvedací konstrukce, čepy jištění, otočné uložení přední nápravy, náboj přední nápravy, uložení oje 2 x ročně, před odstávkou

vždy. Hydraulickou ruku udržovat dle návodu od výrobce, převodovku udržovat dle návodu od výrobce.

TECHNICKÁ DATA NAVRŽENÉHO TECHNICKÉHO SYSTÉMU

Max. výška s naloženou cívkou	4060 mm
Max. výška bez cívky	3140 mm
Šířka	5350 mm
Délka s ojí	8380 mm
Nosnost	3000 kg
Rychlost otáčení hřídele	2 – 4 ot/min
Napájení	400 V
Napájení hydraulické ruky	400 V
Výkon elektromotoru převodovky	5,5 kW
Výkon elektrocentrály	6,5 kW
Nosnost hydraulické ruky	400 kg



Sestava navíječky kabelů společnosti SOFIS Plus

VRATNÁ STANICE DPD

Jedná se o vratnou stanici skrývkového pásového dopravníku poháněcí stanice DPD 59 šířky 1200 mm. Zařízení se skládá z kotvícího rámu a násypky. Vratná stanice je umístěna na začátku dopravní linky a přejímá dopravovaný materiál z předchozí stanice v trase. Účelem rekonstrukce tohoto TS bylo zvýšení bezpečnsoti a snížení poruchovosti za současného snížení požadavků na obsluhu a údržbu. Zařízení je navrženo z hlediska minimalizace následků R|E/S|. R|E/S|, která nebylo možné vyloučit na základě predikce a analýzy rizik jsou omezena projektově, bezpečnostní ochranou nebo bezpečnostním sdělením.

Vratná stanice před rekonstrukcí

Vratná stanice po rekonstrukci

Zařízení je určeno pro celoroční provoz v mírných klimatických podmínkách pro třídu 4K1 dle ČSN IEC 721-2-1, tzn. pro teplotní podmínky od +40°C do -20°C dle ČSN EN 60721-3-4. Při nižších teplotách nesmí být zařízení namáháno dynamicky. Zařízení je konstruováno pro teploty do -35°C. Zařízení vyhovuje pracovním podmínkám na volném prostranství se středně korozní agresivitou atmosféry při rychlosti větru do 17 $m.s^{-1}$. Při rychlosti větru od 17 $m.s^{-1}$ je možný provoz pouze za

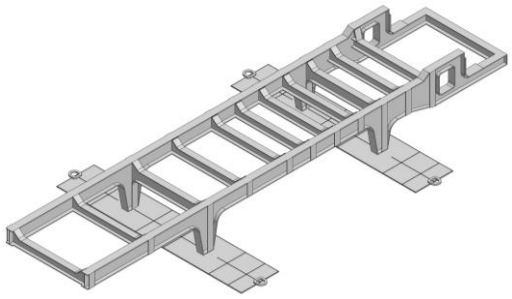
zvýšené opatrnosti, při rychlosti větru nad 20 $m.s^{-1}$ se provoz zastavuje. Dopravovaný materiál nesmí obsahovat žádné látky a předměty, které by poškozovaly dopravní zařízení nebo jeho dílčí komponenty svými účinky a to jak chemicky, tak i mechanicky.

Provedená opatření a řešení z hlediska bezpečnosti a ochrany zdraví při práci:

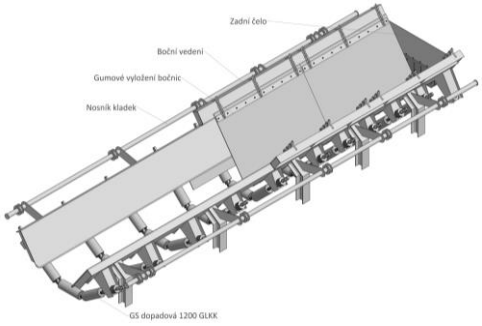
- transportéry jsou navrženy pro provoz bez trvalé obsluhy dle platných bezpečnostních a hygienických norem a předpisů
- provoz transportéru je zajišťován kontrolní mobilní hlídkou (skupinou kvalifikovaných pracovníků), která provádí potřebné úkony a kontroly

Úprava ok kotvícího rámu

Úprava kotvícího rámu spočívala v odstranění nosníků a držáků válečků. Nosníky násypky a celá původní násypka byla odstraněna. Jsou zachovány pouze původní spojovací nosníky, hlavní nosníky a pražce.



Kotvící rám vratné stanice



Násypka vratné stanice

Násypka vratná stanice

Ocelová konstrukce násypky vratné stanice je provedena na základě výsledků použití metodiky komplexní predikce. Násypka je opatřena nosníky girland. Pro snadnější výměnu girland je násypky byl vyvinut systém s trubkovými nosníky s kladkami. Ke kotvícímu rámu je násypka přivařena nosníky. Bočnice jsou chráněny proti opotřebení gumovým vyložením.

TS byl opatřen krycím nátěrem odpovídajícím lokalitě SD a.s., tj. nasazení ve venkovních provozních podmínkách se **středně agresivní atmosférou** s mírným klimatem pro plný chod a plnou provozuschopnost, korozní agresivita prostředí podle ČSN ISO 9223 **stupeň C 4** při mezních teplotách vzduchu od – 20°C do + 40°C.

Podmínky provozu

DPD smí být používáno jen ke svému účelu a jen v tom rozsahu, jak to odpovídá jeho určení a technickým provozním parametrům. Pro zajištění bezpečného, spolehlivého a hospodárného provozu zařízení DPD a zdravotně vyhovujících podmínek pro pracovníky obsluhy a údržby je třeba zejména:

a) zajišťovat bezpečné přístupové cesty k pracovním místům zařízení DPD,
b) udržovat čitelnost bezpečnostních nápisů, bezpečnostních a informačních tabulek,
c) provádět pravidelné čistění, mazání a odbornou údržbu zařízení DPD včetně příslušenství,
d) provádět pravidelné prohlídky a předepsané zkoušky zařízení DPD,
e) provádět pravidelné roční opravy dle vypracovaného plánu

Rozsah, lhůty a způsob provádění údržby

Poruchy a závady bránící provozu TS se odstraňují neprodleně údržbou, případně opravářskými četami. Bezpečnostní závady TS se rovněž odstraňují neprodleně, závady, u nichž byla přijata náhradní opatření zabraňující vzniku úrazu a škod na zařízení se odstraňují v nejbližším možném termínu. Pravidelná údržba a kontrola nenarušuje pravidelný provoz, provádí ji pracovníci údržby a obsluhy zařízení DPD v rámci své profese a v rozsahu povinností stanovenými řídícími dokumenty v platném znění používanými na SD a.s.

Na základě metodiky byly doporučeny kontroly stroje v době střídání směn:

- Kontrola funkčnosti a čistoty mazaných míst.
- Kontrola bubnů, zejména kontrola ložisek a jejich mazání.
- Kontrola funkce snímačů.
- Kontrola všech viditelných částí ok.

Na základě použití metodiky predikce a analýzy R|E/S| byla navržena a poté vedením SD a.s. schválena následující opatření:

Obecná ustanovení:

1. Silové zajištění pracoviště se provádí rozpojením silových obvodů (vyjmutím a uschováním pojistek, vypnutím a vyjmutím vypínače nebo jiným, viditelným rozpojením) a provedením opatření proti nepovolanému spuštění (vyvěšení výstražných tabulek „Nezapínat – na zařízení se pracuje“, provedením zápisů o zajištění). Toto opatření bylo provedeno na základě smrtelného úrazu obsluhy.

2. Silové zajištění provádí provozní elektrikář prokazatelně seznámený s tímto technickým postupem, s vědomím nebo na příkaz dispečera DPD.

3. Při zajištění pracoviště na pásovém dopravníku, kdy se zajišťuje hlavní dopravní pás, musí provozní elektrikář silově zajistit tyto obvody:
   a) Napájení statorů všech instalovaných elektromotorů hlavních pohonů pásu,
   b) napájení odbrzďovačů všech instalovaných brzd pohonů hlavního pásu,
   c) napájení statorů všech instalovaných motorů pro napínání hlavního pásu,

4. V Knize zajištění zařízení DPD, v kolonkách pro zajištění pracoviště, po jeho fyzickém provedení musí být uvedeno jméno a podpis pracovníka, který provedl zajištění pracoviště, dále pak datum a čas, kdy zajištění provedl.

5. Pokud je již zařízení zajištěno, platí zápis o zajištění pracoviště i pro další pracovní skupiny, které na zařízení zamýšlejí provádět činnosti, zajištění vyžadující. To platí i v případě, že je již vyčerpána kapacita všech kolonek formuláře pro vyžádání zajištění – je možné pokračovat v další části formuláře, prakticky po neomezený časový úsek.

Způsob dorozumívání a dávání návěští

Jednotlivá zařízení DPD jsou vybavena telefonními přístroji, umožňujícími spolehlivé dorozumění s dispečerem DPD. Navíc jsou jednotlivé skupiny údržby DPD a pracovníci technického dozoru vybaveni přenosnými radiofonními pojítky. Výstražná signalizace před spouštěním technologického zařízení je řešena akusticky. Spuštění může být zahájeno nejdříve 20 s od počátku výstražného signálu. Jestliže se zařízení neuvede do provozu během 30 s po ukončení výstražného znamení, musí se znamení opakovat.

Kromě signálu při rozjezdu dopravních linek dává řidič (obsluha) tyto smluvené zvukové signály:

- - -	3x dlouze	uvedení stroje nebo jeho části do chodu
. . . . .	vícekrát krátce	požární poplach, nebezpečí

Při zahájení akustické signalizace se musí všichni vzdálit z dosahu pohybujících se částí zařízení DPD. Pokud je více zařízení DPD vedle sebe, musí pracovníci ustoupit od všech pohyblivých částí zařízení s výjimkou těch, které jsou zajištěny na jejich požadavek.

Umístění a zajištění zařízení po ukončení provozu

a) Při každém dlouhodobém odstavení zařízení DPD mimo provoz, je z hlediska bezpečnosti osob a zařízení nutné provést:
   - uvolnění napínání dopravního pásu do takové polohy, jak vyžaduje další manipulace včetně oprav a revizí (na stanicích DPD),
b) Pokud to není na závadu další činnosti, je vhodné ponechat rozvody na stanici pod napětím s tím, že se provede:
   - Silové zajištění (odpojení) pohonů včetně elder, napínání.
c) V činnosti zůstane toto zařízení:
   - Osvětlení,
   - zásuvky 230 V, 400 V, 500 V.
d) Dispečerovi DPD nahlásit způsob odstavení zařízení DPD mimo provoz s údaji, zda došlo k odstavení s vypnutím napájecího napětí nebo bez vypnutí napájecího napětí. Dispečer provede záznam do Provozní knihy řídícího pracoviště DPD.

Pokud na takto odstavených zařízeních DPD provádí pracovní skupina práce s otevřeným ohněm, musí být tato činnost provedena v souladu s platným řídícím aktem „Práce s otevřeným ohněm na pracovištích DB“.

S využitím metodiky komplexní predikce a analýzy R|E/S| se zaměřením na bezpečnost byly na základě požadavku zákazníka stanoveny nejpalčivější zakázané činnosti v podobě následujích pokynů:

(vstup, práce a činnosti osob, nesplňujících požadavky uvedené v těchto Pokynech nebo s nimi neseznámených).

1. Neuposlechnutí pokynů a příkazů dispečera DPD, technického dozoru a kontrolních orgánů.
2. Provádění prací a činností bez vědomí a souhlasu dispečera DPD.
3. Provádění jakékoliv činnosti nesouvisící s obsluhou, prohlídkami, údržbou a opravami zařízení DPD včetně příslušenství.
4. Nedodržování zásad bezpečnosti práce včetně nepoužívání předepsaných osobních ochranných pracovních prostředků, nutných při vstupu na zařízení DPD a pro jednotlivé práce a činnosti, na zařízení DPD prováděné.
5. Provádění prací, manipulací a jiných činností, pro které nemá osoba patřičnou kvalifikaci a pověření zaměstnavatele.

6. Vyřazování veškerých bezpečnostních, protipožárních, ochranných a hygienických zařízení z činnosti.
7. Bezdůvodné odstraňování nebo poškozování krytů, zábran a dalších ochranných a bezpečnostních zařízení.
8. Nezajištění pracoviště proti vstupu osob a vzniku úrazu při nutném odstranění krytů a zábran.
9. Neprovedení zpětné montáže nebo instalace krytů, zábran a dalších ochranných a bezpečnostních zařízení.
10. Provádění prací a činností v blízkosti menší než 1 m od pohyblivých částí zařízení nebo na zařízení, které může být uvedeno do pohybu, pokud není provedeno zajištění pracoviště dle těchto Pokynů.
11. Provozování zařízení bez pracovníků údržby a obsluhy nebo v počtu, nezajišťujícím bezpečný provoz.
12. Provozování zařízení bez provedení kontrol zařízení v intervalu a četnosti, určeném v těchto Pokynech.
13. Provozování zařízení v rozporu s technickými podmínkami, za kterých je provoz zařízení DPD povolen, zejména při:
- Při teplotách nižších jak -25° C a vyšších jak +40° C,
- při rychlosti větru vyšší jak 17 m sec^{-1},
- při napnutí dopravního pásu mimo rozsah stanovených hodnot napínání.

14. Bezdůvodné provozování dopravní linky naprázdno.
15. Provozování zařízení s nenainstalovanými, poškozenými nebo nefunkčními bezpečnostními zařízeními, zejména:
- kryty, síty, zábranami,
- výstražnými bezpečnostními tabulkami a nátěry bezpečnostní barvou,
- akustickou a optickou signalizací,
- osvětlením v míře, ohrožujícím bezpečnost osob a zařízení,
- tlačítky a obvody vypnutí a nouzového zastavení zařízení,

16. Provozování zařízení s neodstraněným spadaným materiálem, kdy spodní větev dopravního pásu je ve stálém kontaktu s nánosem spadané zeminy.
17. Provozování zařízení v případě zaklínění kusů materiálu, způsobujících odtlačování a vybočování dopravního pásu, popřípadě jeho poškození.
18. Provozování dopravního pásu v technickém stavu, nezaručujícím bezpečnost zařízení DPD.
19. Čištění (ručním způsobem) a mazání pohyblivých částí zařízení DPD za chodu případně i za klidu bez řádného zajištění (pokud není např. mazání vyvedeno na bezpečné místo apod.).
20. Provádění čištění poškozeným nebo jinak nevyhovujícím nářadím a pomůckami.
21. Provádění prací a činností v místech, kde hrozí pád nalepeného, přimrzlého nebo zaklíněného materiálu, bez řádného zajištění (odstranění).
22. Provádění práce ve výškách v rozporu s ustanoveními technologického postupu pro práce ve výškách bez řádného zajištění.

23. Provádění příčných rozříznutí dopravního pásu bez předchozího uvolnění a zajištění proti samovolnému pohybu.
24. Neohlášení důvodu při použití „Nouzového zastavení“ nebo „Nouzového vypnutí“ dispečerovi DPD.
25. Spuštění pásového dopravníku, který byl vypnut „Nouzovým zastavením“ nebo „Nouzovým vypnutím“ bez předchozího zjištění a odstranění příčiny, pro kterou došlo k jeho zastavení.
26. Využívání „Nouzového zastavení“ jako způsobu „Zajištění pracoviště“.
27. Vstupování na pás bez zajištění zařízení (pracoviště) a jízda na dopravním pásu.
28. Provádění manipulací, při kterých pracovník provádějící manipulace (spouštění) nemá dostatečný přehled o odezvě na zařízení, bez přítomnosti dalšího kvalifikovaného pracovníka (např. povolování nebo napínání dopravního pásu).
29. Provádění prací s otevřeným ohněm bez vydaného příkazu pro tyto práce a bez řádného zajištění dle platného řídícího dokumentu „Práce s otevřeným ohněm na pracovištích DB“.
30. Provádění prací a činností na elektrických zařízeních v rozporu s ustanoveními platných elektrotechnických předpisů a těchto Pokynů.

Poznatky o provozu TS a pokyny pro jednotlivé části TS

Podmínky správného chodu

Hlavní podmínkou správného chodu vratné stanice je, aby byla dobře ukotvena a vyrovnána do osy transportéru. V případě nedodržení těchto podmínek dojde ke sjíždění dopravního pásu na okraj bubnu, kde je nebezpečí jeho poškození o ocelovou konstrukci vratné stanice.

Hlavní příčiny vyjíždění dopravního pásu do strany :

- mimostředně sypaný materiál na transportér z rýpadla nebo špatně seřízený přesyp
- vychýlení bubnů nebo válečků z polohy kolmé k podélné ose transportéru
- jednostranné nabalení nebo znečištění bubnů a válečků, vychýlená poháněcí stanice nebo náběhový díl z podélné osy transportéru
- zaklíněný kus materiálu, který způsobuje odtlačení dopravního pásu
- boční vítr
- boční déšť a sníh. Zpočátku, kdy je dopravní pás nestejně zvlhlý, dochází k rozdílnému třecímu odporu mezi dopravním pásem a nosnými válečky nebo bubny a tím i k vybočení pásu z osy transportéru.

Činnost obsluhy před zahájením provozu

a) Kontrola, zda není zaklíněný materiál mezi bočnicí a dopravním pásem.
b) Kontrola ukotvení vratné stanice.
c) Vyčistění boční vedení a plochu pontonu od nalepeného a spadaného materiálu.
d) Kontrola volného pohybu všech válečků.

Během provozu obsluha a údržba:

a) Kontrola chodu válečků. Vadné stolice označí. Výměna vadných válečků se provede při nejbližší výluce provozu.
b) Kontrola vlivu nalepování dopravovaného materiálu v bočním vedení (aby nedošlo k závalu. Hrozí-li nebezpečí závalu, zastaví obsluha nouzovým tlačítkem provoz. Odstranění materiálu se provede, je-li zařízení v klidu).
a) Boční kryty se odklápí jen v případě čištění otěru a při zastaveném stroji.

Kontrola vratné stanice ve výluce provozu

a) podle mazacích plánů se provede namazání všech čepů a ložisek
b) provede se výměna poškozených válečků, které byly během provozu označen
c) překontroluje se dotažení hlavních šroubových spojů, vždy po třech měsících provozu. Uvolněné šrouby se ihned dotáhnou.

Odkliz otěru, čištění vratné stanice

a) Úklid kolem vratné stanice od napadaného materiálu provádí obsluha podle provozních poměrů během provozu, při dodržování platných bezpečnostních předpisů. Napadaný materiál kolem vratné stanice se shromažďuje na jedno místo nebo jej nakládá do násypky.
b) Čištění ocelové konstrukce vratné stanice od napadaného materiálu se provádí, je-li zařízení mimo provoz, podle provozních možností.
c) Zvýšenou pozornost je třeba věnovat čištění vratné stanice v zimním období, kdy je nebezpečí namrzání napadaného materiálu a nalepeného materiálu v násypce a pod vratnou stanicí.

Pokyny pro mazání a výměnu olejů

Dle konstrukčního provedení a charakteru dílčích strojních uzlů jsou na vratné stanici šířky 1200 mm použity následující druhy mazání:
d) mazání ložisek - přímé lisem
e) strojní díly se stálou tukovou náplní – bez domazávání

Všeobecné pokyny

- Zařízení pracuje v těžkých podmínkách a proto je nutno věnovat mazání náležitou pozornost, aby byl zajištěn spolehlivý chod stroje
- K mazání jsou doporučeny běžně dostupné mazací prostředky a pomůcky - nesmí být použito mazivo s nižší kvalitou, než je uvedeno v mazacích plánech
- Je nepřípustné míchání jednotlivých maziv, přidávání látek organického nebo anorganického původu, ředění tuků olejem, neboť může nastat nepříznivé chemické působení, které mazivo znehodnotí.
- Je přísně zakázané vzájemně míchat minerální a syntetické oleje a tuky

- Přístup k některým konstrukčním uzlům je obtížný, a proto je třeba při mazání dbát co největší opatrnosti. Obecně platí zásada, aby při mazání bylo zařízení v klidu.

Mazání ložisek

a) Tělesa valivých ložisek opatřena mazacími hlavicemi pro domazávání ručním lisem
b) Tělesa valivých ložisek bez mazacích hlavic - zde se nedomazává. Výměna se provádí jen při generálních opravách nebo první tuková náplň je po celou dobu životnosti zařízení.

Ve většině případů se používá k mazání plastického maziva LV 2-3 s vysokou životností, které může být nahrazeno „plastickým mazivem ARAL – víceúčelový tuk“. Plastické mazivo brání vnikání nečistot a vlhkosti do ložiska Při výměně maziva je nutné ložiska vyčistit od zbytků staré mazací náplně. Na propláchnutí se používá čistící benzín ČSN 65 6542. K vlastnímu čištění se musí použít papír. Textilie se nedoporučují.

Způsob likvidace zařízení

Ze zákona o odpadech č. 175/2001 Sb. vyplývá pro dodavatele povinnost stanovit likvidaci výrobku po skončení jeho životnosti. Transportní zařízení neobsahuje hmoty nebo komponenty, které by představovaly mimořádné riziko pro lidské zdraví nebo životní prostředí. V případě likvidace zařízení je nutno předně vypustit všechny olejové náplně a následně zařízení rozebrat na složky dle jednotlivých použitých konstrukčních materiálů, které jsou pak likvidovány odděleně.

Olejové náplně a maziva – odevzdat specializovanému zpracovateli a likvidátorovi ropných produktů, likvidaci těchto odpadů řeší každý podnik vnitřní organizací olejového hospodářství. (je možná recyklace nebo spálení ve spalovně).
Je nepřípustné vylévat ropné produkty do volné půdy.

Kabely - likvidace je možná dvojím způsobem: buď rozdrcení v drtírně a předání k recyklaci specializovanému zpracovateli nebo uložit na skládce jako tuhý komunální odpad.

Ocelové strojní díly – rozebrat případně rozřezat na díly o velikosti, která umožňují snadnou manipulaci a předat jako šrot k dalšímu zpracování.

Pryžové pásy – buď předat k likvidaci spálením do spalovny vhodného typu (musí být schválena pro likvidaci pryže) nebo uložit na řízené skládce jako tuhý komunální odpad (pryžové pásy jsou ekologicky nezávadné).

ODMAŠŤOVACÍ A ČISTÍCÍ ZAŘÍZENÍ

Čistící a odmašťovací zařízení (myčka) dílů válečků byl navržen dle požadavku mechanických dílen – linka na opravu válečků. Díly se musely mechanicky očistit od vazelíny a část dílů se opakovaně vracela do myčky k dočištění.

Parametry:

Základné rozměry stroje	šířka	1580 mm
	délka	3200 mm
	výška	945 mm
Výška se zvednutým víkem		1800 mm
Celková hmotnost		1580,- kg
Objem mycí lázně (+10% saponátu STAR S 300N)		1200 litrů
Teplota lázně		+40°C až +80°C
Doba čištění (nastavitelná)		10, 20, 30 min
Otáčky bubnu (nastavitelné)		15 – 28 ot/min
Nosnost bubnu		max. 300 kg
Buben 1 – velikost otvorů 55x55 mm		560x1200 mm
Buben 2 – velikost otvorů 22x22 mm		560x1200 mm
Příkon topných těles		4x4 kW
Napájení		400V/230V 50 Hz
Čerpadlo		15 kW

Pracovní prostředí:
Prostředí vnitřní, rozsah teplot okolního vzduchu +10 °C až +40 °C.

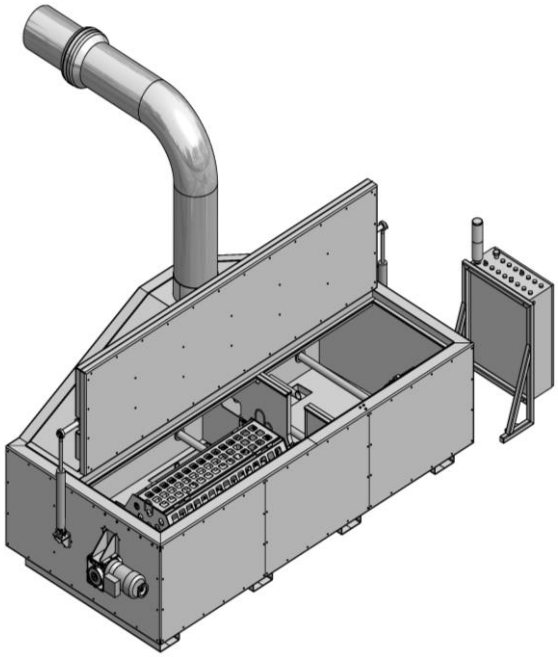
Popis

Odmašťovací a mycí zařízení je součástí linky na opravu válečků. Pomocí vodou ředitelných chemických rozpouštědel působících pod tlakem na povrch čištěného předmětu dochází k uvolňování a pomocí trysek i splavování mastných a jiných nečistot. Pro zvýšení čistícího účinku je mycí kapalina ohřívána na optimální teplotu.Odmašťovací a čistící stroj slouží pro technické mytí součástí válečků, ty se umístí do mycího koše. Koš se umístí do myčky. Pevný hřídel koše je opatřen 54 tryskami. Mytí a čištění probíhá otáčením bubnu částečně ponořeného v nádrži a současným tlakovým postřikem teplé mycí kapaliny na předměty umístěné v otáčejícím se koši. Nádrž čistícího a odmašťovacího stroje je zhotovena z nerez plechu 1.4541. Celá nádrž je izolována minerální vatou o tl.100 mm. Víko je zavěšeno na čtyřech pantech umožňující jeho úplné zavření, tak že dosedne pod lem vytvořený po obvodu vany. Pohyb víka je pomocí dvou hydraulických válců. Na levé straně vany je umístěný snímač polohy víka. Pohyb víka myčky je řízen obsluhou prostřednictvím povelů přenášených k ovládacím ventilům hydraulické jednotky 3-LH 003235 Liebezeit Hydraulik. Hydraulický agregát je umístěný v samostatné skříni. Odtud je hydraulická kapalina rozvedena pomocí trubek a hadic k hydraulickým

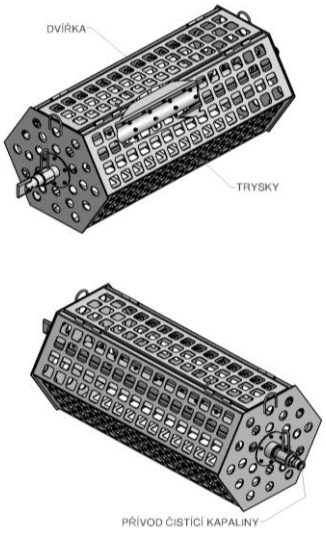
válcům, které slouží o otevření a zavření víka myčky. Hydraulické válce jsou opatřeny hydraulickými zámky, které zamezí pohybu válců při poruše hydraulického obvodu a zabrání samovolnému pohybu víka. U levého hydraulického válce je snímač polohy víka. Mycí cyklus se nespustí, pokud je víko otevřené. Ovládání víka je pomocí dvou tlačítek na ovládacím panelu. Tlačítka jsou umístěná tak, aby ovládání nebylo možné pouze jednou rukou. Vyloučení úrazu přiskřípnutí ruky víkem. Na zadní straně vany jsou umístěné čtyři topné články sloužící k ohřevu čistící kapaliny, snímače výšky hladiny a snímač teploty čistící kapaliny. Dále jsou zde umístěny tři výpustné ventily a jeden napouštěcí ventil. Elektrorozvaděč s ovládacím panelem je umístěný samostatně vedle nádrže. Vlastní mytí probíhá působením rozpouštědel v mycím roztoku a předměty umístěné v otáčejícím se bubnu. Hřídel bubnu je pevný a opatřený 54 tryskami, které odstraňují z předmětů nečistoty. Koš je vyroben z nerezového plechu. Čistící kapalina je přiváděna od čerpadla do hřídele bubnu pomocí hadice, která je opatřena rychlospojkou KAMBLOK. Buben je poháněný šnekovou převodovkou přes jednoduchou spojku. Převodovka je opatřena ručním kolečkem, které složí k otočení bubnu do polohy umožňující jeho vyjmutí nebo uložení do myčky. Rychlost otáčení bubnu je plynule nastavitelná. Bubny jsou vyrobené v dvou velikostech.

Mycí kapalina je ve vaně rozdělena – část mycí s otáčejícím bubnem je oddělena přepážkou s filtry, které slouží k oddělení nečistot do části prostoru sání. Čistá mycí kapalina se vede potrubím k čerpadlu a z čerpadla potrubím a hadicí přes rychlospojku KAMBLOK do pevného hřídele bubnu, který je opatřen 54 tryskami. Trysky odstraňují nečistoty z předmětů umístěných v bubnu. Na zadní straně vany jsou umístěny 3 výpustné ventily a napouštěcí ventil. Myčka je vybavena odsávacím potrubím a ventilátorem, který slouží odsátí páry po skončení mycího cyklu. Před otevřením víka se nejprve zapne ventilátor, který odsaje z prostoru myčky páru. Obsluha je tak chráněna proti opaření. Manipulační stůl slouží k vyložení obsahu bubnu a následnému okapání vyčištěných dílů. Je vyroben ze čtyřhranných trubek.
Plech, na který se vysype obsah bubnu je opatřený výtokovým otvorem pod kterým je umístěná nádoba pro odkapávající čistící kapalinu. Manipulační stůl urychluje cyklus opětovného čištění. Elektrická soustava se skládá z ovládacího panelu, skříně elektrického rozvaděče, těles topení, elektrických snímačů a kabelových rozvodů. Ovládací panel je součástí elektrického rozvaděče. Tvoří jej elektrické ovládací a indikační díly přehledně seřazené a popsané. Pro zvýšení bezpečnosti obsluhy při zavírání víka je jeho ovládací tlačítko doplněno dalším tlačítkem blokujícím pohyb víka na boku skříně elektrického rozvaděče. Proti manipulaci se strojem nepovolanou osobou je ovládací panel vybaven elektromechanickým blokováním pomocí klíče a zámku s elektrickými kontakty. Elektrický rozvaděč tvoří plechová skříň s víkem zabezpečeným zámkem chránící obsluhu stroje před náhodným dotekem elektrických obvodů pod napětím. Proti vniknutí vody do vnitřních částí rozvaděče je mezi dveřmi a skříní vloženo těsnění. Na čelní straně rozvaděče se nachází hlavní vypínač a kontrolka zapnutí. Vnitřní schéma rozvaděče včetně popisu funkcí je součástí přílohy elektro. Kabelové rozvody jsou uloženy do kabelových korýtek a

elektroinstalačních krabic, tak aby se minimalizovalo riziko jejich poškození. Do stroje jsou instalována čtyři topná tělesa opatřená nerezovým krytem proti mechanickému poškození. Topná tělesa jsou umístěna v zadní části myčky. Pro správnou funkci elektrických obvodů je stroj vybaven snímačem teploty a snímačem minimální a maximální výšky hladiny. Pro zvýšení bezpečnosti obsluhy je poloha víka indikována snímačem, který blokuje ovládání čistícího procesu.



Izometrický pohled na zařízení odmašťovacího stroje



Buben odmašťovacího stroje

Popis použití

Odmašťovací a mycí stroj je určený pro odmaštění a mytí dílů dopravních válečků určených k renovaci. V rámci komplexní predikce rizik byl navržen následující pracovní postup zařízení.

Pracovní postup:

- Nádrž se naplní vodou a 10% saponátem STAR 300S – obsah nádrže je cca 1200 litrů. Pro správnou výšku hladiny je stroj vybavený snímačem hladiny – min. a max. výška hladiny.
- Mycí buben se naplní díly určenými k odmaštění a vyčištění – obsah je dán velikosti dílů. Podle velikosti dílů určených k odmaštění a čištění jsou vyrobeny 2 bubny – jeden s oky 55x55 mm a druhý s oky 222x22 mm. Hmotnost dílů určených k odmaštění a čištění je max. 300 kg.
- Naplněný buben se uloží do vany – jedna strana je opatřena jednoduchou spojkou určenou k pohybu bubnu a druhá strana bubnu je opatřena rychlospojkou KAMBLOK – přívod čistící kapaliny do pevného hřídele bubnu opatřeného tryskami – 54 trysek
- Nádrž se uzavře víkem pomocí dvou hydraulických válců, které jsou opatřeny hydraulickými zámky. Válce jsou ovládány hydraulickým agregátem 3-LH 003235 od firmy Liebezeit Hydraulik. Poloha víka je sledována snímačem. Pokud není víko zavřené nelze spustit cyklus odmašťování a čištění.
- Víko se zavírá a otvírá pomocí spínače na ovládacím panelu a tlačítkem označeným „Manipulace s víkem“ z důvodu bezpečnosti obsluhy
- Před vlastním spuštěním je nutné nejprve čistící kapalinu předehřát až na teplotu +80°C. Doba ohřevu čistící kapaliny z +20°C na +80°C je cca 2 hodiny
- Teplota čistící kapaliny lze nastavit v rozsahu +20°C až +80°C
- Doba čištění je nastavitelná od 10 min. do 30 min.
- Po ukončená čistícího cyklu se automaticky spustí odsávání páry z prostoru nádrže z důvodu bezpečnosti obsluhy – nebezpečí opaření. Po odsátí páry z nádrže je možné otevřít víko nádrže a vyjmout buben s odmaštěnými a vyčištěnými díly. Postup vyjmutí bubnu je následující – rozpojí se rychlospojka KAMBLOK – odpojení přívodu čistící kapaliny. Pomocí ručního kolečka na převodovce pohonu bubnu se otočí buben do svislé polohy spojky. Buben se jeřábem vyzvedne z nádrže a položí se na manipulační stůl. Obsah bubnu se vysype a nechá se vychladnout a vykapat.
- Z nádrže se odstraní vysrážené zbytky vazelíny a stroj je připraven k opětovnému použití.
- Obsah nádrže je nutné po určité době vyměnit, záleží na stupni znečištění použitých součástí, nejpozději jednou za 6 měsíců. Postup likvidace se stanovuje směrnicí „Nakládání s odpady a vybranými výrobky“.
- Bezpečnost v provozu - při zavírání/ otvírání víka obsluhou se nikdo jiný ze zaměstnanců nesmí zdržovat v prostou pračky, z důvodu přimáčknutí končetin.

- Ovládací prvky a kontrolky a osazení elektrorozvaděče jsou popsány v technické zprávě elektro
- Ovládání a vybavení hydraulického agregátu 3-LH 003235 je popsáno v technické zprávě od splečnosti Liebezeit Hydraulik
-

Pokyny pro údržbu

a) Povinnosti obsluhy před zahájením provozu zařízení ve směně

Obsluha je povinna vizuálně zkontrolovat, zda je zařízení kompletní a zdali není nějak viditelně poškozeno, stav hladiny oleje v hydraulickém agregátu a těsnost hydraulického rozvodu.

b) Povinnosti obsluhy při provozu zařízení:

Obsluha je povinna dodržovat základní bezpečnostní opatření související s provozem a manipulací přípravku (požívání ochranných brýlí a ochranných rukavic)

c) Rozsah, lhůty a způsob provádění údržby:

Kontrola stavu hydraulické soustavy (vždy před započetím práce)
Nádrž – kontrola těsnosti – min. 1 x za ½ roku

d) Způsob zajištění zařízení při jeho provozu, přemísťování, odstavování z provozu a opravách a proti nežádoucímu uvedení do chodu:

Při opravách - vypnutí hlavního elektro vypínače

e) Umístění a zajištění zařízení po ukončení provozu:

Po ukončení práce s myčkou - vypnutí hlavního elektro vypínače

f) Zakázané úkony a činnosti:

Zákaz používání zařízení k jiné činnosti, než je určeno.
Zákaz použití poškozeného zařízení

Při posuzování výrobku byly použity tyto normy:

- **ČSN EN ISO 12100** Vydána 6/2011 Bezpečnost strojních zařízení - Všeobecné zásady pro konstrukci – Posouzení rizika a snižování rizika
- **ČSN EN 614-1+A1** Vydána 7/2009 Bezpečnost strojních zařízení – Ergonomické zásady navrhování - Část 1: Terminologie a všeobecné zásady
- **ČSN EN 1993-1-9 Z1** (73 1401) Vydána 3/2010 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-9: Únava
- **ČSN 05 0120** Platná od 5/1972 Výpočet svarových spojů strojních konstrukcí
- **ČSN EN 10204** (42 0009) Vydána 8/2005 Kovové výrobky - Druhy dokumentů kontroly

Povrchová úprava

Odmašťovací a čistící stroj je vyroben z nerezového materiálu – odpadá povrchová úprava.

a) Předúprava povrchů:
   - otryskání na Sa 2½ dle ČSN ISO 8501-1
   - mechanická předúprava oblastí svarů - stupeň St 3 dle ČSN ISO 8501-1
   - mechanické odstranění zbytků zkušebních médií po zkouškách svarů
   - očištění povrchu od prachových nečistot na stupeň 2 dle ČSN ISO 8502-3
   - odmaštění povrchu včetně kontroly

b) Základní nátěr:

1x základní nátěr S 2000, vrstva 30μm, odstín BÍLÝ C 0100 Vrchní nátěr
2 x vrchní nátěr S 2013, vrstva 30μm, odstín modrý C4400

Celková výsledná tloušťka suchého nátěru nesmí přesáhnout 90 μm

Bezpečnostní tabulky:

- Na elektrorozvaděči : POZOR ELEKTRICKÉ ZAŘÍZENÍ
  NEHAS VODOU ANI PĚNOVÝMI ŘÍSTROJI
  VYPNI V NEBEZPEČÍ

- Na hydraulickém agregátu: POZOR ELEKTRICKÉ ZAŘÍZENÍ
  NEHAS VODOU ANI PĚNOVÝMI PŘÍSADAM

Příloha

Postup predikce a analýzy bezporuchovosti, bezpečnosti a environmentálních rizik TS(s)

Predikce a analýza bezporuchovosti TS(s)

Definice nositele R|E/S| (sub-) systému

Pro každou z prováděných predikcí a analýz TS ve všech výše uvedených etapách životního cyklu produktu je nejprve nutné definovat systém, na který se predikce a analýza vztahuje a definovat jeho mezní stavy. Predikce a analýza bezporuchovosti je zpravidla prováděna na systémech jako celcích či subsystémech TS(s) – nositelích rizikových událostí/situací.

Predikce scénáře R|E/S|:

Scénářem R|E/S| se rozumí stanovení potenciálních rizikových událostí/situací, ve fázi predikce scénáře R|E/S| je nutné provést identifikaci příčin rizik R|E/S|. Tyto příčiny mohou být uvedeny v podobě potenciálních nebo konkrétních přičin. R|E/S| může být způsobena větším množstvím příčin najednou.

Poruchy lze klasifikovat např. s využitím [ČSN EN 60812, 2007] na základní typy, a to:

1) Předčasná činnost

2) Činnost neprobíhá v předepsaném okamžiku

3) Činnost není ukončen v předepsaném okamžiku

4) Porucha v průběhu činnosti

S využitím [ČSN EN 60812, 2007] lze R|E/S| podrobněji klasifikovat následovně:

Poř. číslo	Způsob poruchy	Poř. číslo	Způsob poruchy
1	Porucha celistvosti (lom)	18	Chybné uvedení do provozu
2	mechanické omezení nebo zaseknutí	19	Nezastavuje
3	vibrace	20	Nenabíhá
4	Nezůstává v pozici	21	Nespíná
5	Neotvírá	22	Předčasná činnost
6	Nezavírá	23	Zpožděná činnost
7	Porucha v pozici "otevřeno"	24	Chybný vstup (zvýšený)
8	Porucha v pozici "zavřeno"	25	Chybný vstup (snížený)
9	Vnitřní netěsnost	26	Chybný výstup (zvýšený)
10	Vnější netěsnost	27	Chybný výstup (snížený)
11	Je mimo toleranci (nad)	28	Ztráta vstupu
12	Je mimo toleranci (pod)	29	Ztráta výstupu
13	Omylem vyvolaná činnsot	30	Zkrat (elektrický)
14	Přerušovaná činnost	31	Přerušení (elektrické)
15	Nesprávná činnost	32	Svod (elektrický)
16	Chybná indikace	33	Zvláštní podmínky podle parametrů systému, provozních podmínek a omezení
17	Omezený průtok (proud)		

Klasifikace R|E/S| - poruchy podle [ČSN EN 60812, 2007]

Predikce následků R|E/S|:

Následuje odhad následků způsobených výskytem rizikové událostí/situací R|E/S|. Následky mohou být predikovány v rovině místních či konečných následků na systém. Mohou se projevit společně s R|E/S| již ve stejné etapě životního cyklu produktu/systému nebo v následujících navazujících etapách životního cyklu produktu.

Predikce závažnosti následků R|E/S|:

Závažnost následků rizikové situace R|E/S| může být vyjádřena slovně, případně může vyjádřena číselně, normativně je hodnocení následovně [ČSN EN 60812, 2007]:

Závažnost	Kritéria	Klasifikace
Žádná	Žádný zjistitelný důsledek.	**1**
Velmi málo významná	Vadu zpozorují nároční zákazníci (méně než 25%).	**2**
Málo významná	Vadu zpozoruje 50% zákazníků.	**3**
Velmi nízká	Vadu zpozoruje většina zákazníků.	**4**
Nízká	Objekt je provozuschopný, ale se sníženými technickýcmi parametry.	**5**
Střední	Zákazník je nespokojen.	**6**
Vysoká	Objekt je provozuschopný, ale se sníženou úrovní technických parametrů. Zákazník je velmi nespokojen.	**7**
Velmi vysoká	Ztráta funkce objektu, není provozuschopný.	**8**
Nebezpečná s varováním	Velmi vysoká klasifikace závažnosti. Možný způsob závady ovlivňuje bezpečnost zákazníka.	**9**
Nebezpečná bez varování	Velmi vysoká klasifikace závažnosti. Možný způsob závady - ohrožení na životě.	**10**

Klasifikace závažnosti R|E/S| podle [ČSN EN 60812, 2007]

Predikce pravděpodobnosti výskytu R(E/S):

Pravděpodobnost výskytu rizikové události/situace R|E/S| může být rovněž vyjádřena slovně, případně může být vyjádřena číselně, nebo může být hodnocena normativně [ČSN EN 60812, 2007]. Analogicky mohou být následky uvažovány jako následky místní či konečné. Součástí posouzení pravděpodobnosti výskytu následků může být i posouzení detekce (odhalitelnosti) výskytu R|E/S| či doba pobytu. Možnou číselnou klasifikaci detekce (odhalitelnosti) R|E/S| a pravděpodobnost výskytu R|E/S| upravuje [ČSN EN 60812, 2007].

Výskyt způsobů poruchy	Klasifikace	Četnost	Pravděpodobnost
Velmi slabý: porucha je nepravděpodobná	**1**	rovno nebo méně než 0,01 na 1000 prvků	max. 1×10^{-6}
Nízký: poměrně málo poruch	**2**	0,1 na tisíc prvků	max. 1×10^{-4}
	3	0,5 na tisíc prvků	max. 5×10^{-4}
Střední: občasné poruchy	**4**	1 na tisíc prvků	max. 1×10^{-3}
	5	2 na tisíc prvků	max. 2×10^{-3}
	6	5 na tisíc prvků	max. 5×10^{-3}
Vysoký: opakující se poruchy	**7**	10 na tisíc prvků	max. 1×10^{-2}
	8	20 na tisíc prvků	max. 2×10^{-2}
Velmi vysoký: Porucha je téměř nevyhnutelná	**9**	50 na tisíc prvků	max. 5×10^{-2}
	10	více než 100 na tisíc prvků	min. 1×10^{-1}

Klasifikace pravděpodobnosti výskytu R|E/S| podle [ČSN EN 60812, 2007]

Detekce	Kritéria	Klasifikace
Téměř jistá	Je téměř jisté, že při řízení návrhu se bude detekovat potenciální příčina a následný způsob poruchy.	1
Velmi vysoká	Při řízení návrhu je vysoká naděje detekce potenciální příčiny a následného způsobu poruchy.	2
Vysoká	Při řízení návrhu je velmi vysoká naděje detekce potenciální příčiny a následného způsobu poruchy.	3
Středně vysoká	Při řízení návrhu je středně vysoká naděje detekce potenciální příčiny a následného způsobu poruchy.	4
Střední	Při řízení návrhu je střední naděje detekce potenciální příčiny a následného způsobu poruchy.	5
Nízká	Při řízení návrhu je malá naděje detekce potenciální příčiny a následného způsobu poruchy.	6
Velmi nízká	Při řízení návrhu je velmi malá naděje detekce potenciální příčiny a následného způsobu poruchy.	7
Slabá	Při řízení návrhu je slabá naděje detekce potenciální příčiny a následného způsobu poruchy.	8
Velice slabá	Při řízení návrhu je velmi slabá naděje detekce potenciální příčiny a následného způsobu poruchy.	9
Absolutně nejistá	Je téměř jisté, že při řízení návrhu se nebude detekovat potenciální příčina a následný způsob poruchy nebo žádné řízení návrhu neexistuje.	10

Klasifikace detekce příčiny R|E/S| podle [ČSN EN 60812, 2007]

Vyhodnocení R|E/S|:

Slovně nebo číselně podle [ČSN EN 60812, 2007], se stanoví míra/úroveň/velikost predikovaného rizika.

Posouzení a ošetření rizika R|E/S|:

Číselné hodnoty predikce rizika - R|E/S|, které překračují akceptovatelnou mez stanoví [ČSN EN 60812, 2007], obecně však není vyloučeno tuto mez zvýšit (zejména v případě predikce rizik bezporuchovosti pro technické produkty obsahující nebezpečné látky – jaderný a chemický průmysl) nebo v opačném případě snížit (jednodušší produkt). V případě, že je velikost R|E/S| vyhodnocena jako R|E/S| vysoká tj. nevyhovující, je nutné provést preventivní či ochranné opatření vedoucí ke snížení velikosti R|E/S| a provést postup predikce rizika opětovně, v případě, že je velikost rizika R|E/S| vyhovující, proces predikce a analýzy rizika končí.

Predikce a analýza bezpečnosti TS(s)

Definice nositele R|E/S| (sub-) systému

Pro každou z prováděných predikcí ze všech z výše uvedených etap LC TS(s) produktu je opět nejprve nutné definovat systém, pro který je predikce určena a definovat jeho mezní stavy. Predikce a analýza bezpečnosti je rovněž se týká objektového systému TS(s)& ∑HuS jako celcích či subsystémech (nositelích rizikových událostí/situací), v takových případech je poté rovněž žádoucí provést predikce a analýzu bezpečnosti technického produktu jako celku.

Predikce scénáře R|E/S|:

Scénářem R|E/S| se opět rozumí stanovení rizikové události/situace a identifikace příčin výskytu R|E/S|. Tyto příčiny mohou mít charakter v podobě potenciálních nebo konkrétních přičin. R|E/S| může být způsobena větším množstvím příčin najednou.

R|E/S| může být v případě postupu v souladu s [ČSN ISO EN 12100, 2011] potenciálně definována jako nebezpečí, kde [ČSN ISO EN 12100, 2011] definuje základní druhy nebezpečí následovně:

1) mechanická nebezpečí resp. R|E/S| – možné příčiny: zrychlení, zpomalení, přiblížení pohybujících prvků se k pevné části, pružné prvky, řezné části, padající předměty, výška od podlahy, vysoký tlak, rotující prvky, ostré hrany, nahromaděná energie apod.;

2) elektrická nebezpečí resp. R|E/S| – možné příčiny: oblouk, elektromagnetické jevy, elektrostatické jevy, živé části, nedostatečná vzdálenost živých částí pod vysokým napětím, přetížení, zkrat apod.;

3) tepelná nebezpečí resp. R|E/S| – možné příčiny: výbuch, plamen, předměty nebo materiály s vysokou nebo nízkou teplotou, vyzařování ze zdrojů tepla apod.;

4) nebezpečí hluku resp. R|E/S| – možné příčiny: kavitační jevy, pohybující se části, opotřebené části, nevyvážené rotující části, poškrábané povrchy apod.;

5) nebezpečí vibrací resp. R|E/S| – možné příčiny: kavitační jevy, nesouosost pohybujících se částí, mobilní zařízení, vibrující zařízení, opotřebené části apod.;

6) nebezpečí záření resp. R|E/S| – možné příčiny: zdroj ionizujícího záření, optické záření, nízkofrekvenční a vysokofrekvenční elektromagnetické záření apod.;

7) nebezpečí materiálů/látek resp. R|E/S| – možné příčiny: přístomnost kouře, plynu, oxidačních prostředků, hořlavých materiálů, kapaliny, biologických a mikrobiologických látek apod.;

8) ergonomická nebezpečí resp. R|E/S| – možné příčiny: přístup, konstrukce sdělovačů a vizuálních jednotek, námaha, blikání, poloha těla, viditelnost, umístění ovladačů apod.;

9) nebezpečí spojená s prostředím, ve kterém je stroj používán resp. R|E/S| – možné příčiny: prach, mlhovina, elektromagnetické rušení, vlhkost, sníh, teplota apod.;

10) kombinace nebezpečí resp. R|E/S| – možné příčiny: např. kombinace opakované činnosti, námahy a tepelného nebezpečí apod.;

Predikce následků R|E/S|:

Následuje odhad predikce následků způsobených výskytem R|E/S|. Následky mohou být predikovány v rovině místních či konečných následků. Mohou se projevit společně s R|E/S| již v identické etapě životního cyklu nebo v následujících etapách.

Predikce závažnosti následků R|E/S|:

Závažnost míry poškození - následků R|E/S| může být vyjádřena slovně, či číselně, závažnost je dle [ČSN ISO EN 12100, 2011] resp. [ČSN ISO EN 14121-1, 2008] hodnocena normativně následovně:

S0 nehrozí škoda, nejedná se o nebezpečí

S1 lehké zranění

S2 těžké zranění

S3 smrt

Predikce pravděpodobnosti vyskytu nebezpečné události R|E/S|:

Pravděpodobnost výskytu nebezpečné události R|E/S| je společně s dobou pobytu v oblasti nebezpečí a detekcí (možnost rozpoznání a vyvarování se nebezpečí) hodnocena dle [ČSN ISO EN 12100, 2011] a [ČSN ISO EN 14121-1, 2008] následovně:

Pravděpodost vzniku nebezpečné události:

W1 pravděpodobnost vzniku je malá

W2 pravděpodobnost vzniku je střední

W3 pravděpodobnost vzniku je velká

Doba pobytu v oblasti nebezpečí:

A1 zřídka až častěji

A2 často až trvale

Dalším prvkem rizika je možnost vyvarování se nebezpečí (detekce) a je hodnocena:

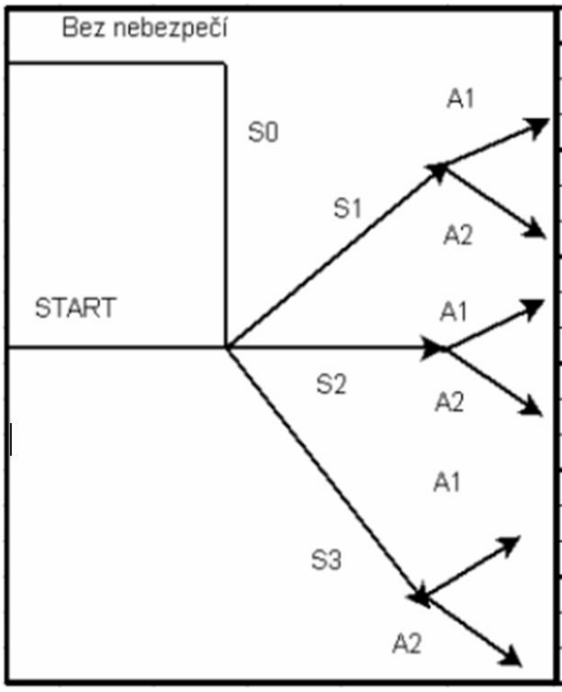
E1 možné

E2 zřídka možné

E3 sotva možné

Vyhodnocení R|E/S|:

Vyhodnocení R|E/S| je provedeno na základě matice bezpečnosti, kdy je konstruktér navigován podle následujícího obrázku, který je rovněž uveden v rešeršní části DiSP.



	W1	W2	W3
E1	0	0	1
E2	0	1	2
E3	1	2	3
E1	2	3	4
E2	3	4	5
E3	4	5	6
E1	5	6	7
E2	6	7	8
E3	7	8	9
E1	8	9	10
E2	9	10	11
E3	10	11	12
E1	11	12	13
E2	12	13	14
E3	13	14	15
E1	14	15	16
E2	15	16	17
E3	16	17	18

Matice rizik pro predikce bezpečnosti [Marek&kol. 2009]

Posouzení a ošetření rizika R|E/S|:

V případě, že R|E/S| nabývá hodnot vyšších než 6, je nutné obligatorně provést ošetření rizika v podobě opatření, která jsou uvedena v [ČSN ISO EN 19011, 2002], jako obecná opatření pro některé typy rizikových událostí. Analýza se následně opakuje dokud riziko nenabývá hodnoty max. 6.

Predikce a analýza environmentálních rizik TS(s)

Definice nositele R|E/S| (sub-)systému

Pro každou z prováděných predikcí analýz ve všech z výše uvedených etap životního cyklu produktu je opět nejprve nutné definovat systém, pro který je predikce určena adefinovat jeho mezní stavy. Predikce environmentálních rizik je rovněž prováděna na nositelích R|E/S|: TS(s)& ∑Env (nebosubsystémech TS(s), v takových případech je poté rovněž žádoucí provést predikce environmentálních rizik TS jako celku.

Predikce scénáře R|E/S|

Scénářem R|E/S| se opět rozumí stanovení rizikové události/situace a identifikace příčin výskytu R|E/S|. Tyto příčiny mohou být uvedeny v podobě potenciálních nebo konkrétních přičin. R|E/S| může být způsobena větším množstvím příčin najednou.

Predikce závažnosti R|E/S|

Následuje odhad závažnosti – vyjádřené **škodami** dle [Marek&kol. 2009], [ČSN ISO EN 19011, 2002] – tj. následků způsobených výskytem R|E/S|. Následky mohou být predikovány v rovině místních či konečných následků. Mohou se projevit společně s R|E/S| už ve stejné etapě životního cyklu nebo v následujících etapách.

Predikce závažnosti následků R|E/S|

Závažnost následků R|E/S| – **havárií** - může být vyjádřena slovně, či čísleně, norma [Marek&kol. 2009], doporučuje slovní vyjádření následku následovně:

Hodnocení závažnosti (slovně):

c) vysoká

b) střední

c) malá

Predikce pravděpodobnosti výskytu nebezpečné události R|E/S|

Pravděpodobnost výskytu je společně s dobou trvání výskytu nebezpečné události **(prvky rizika)** vyjádřena jedním parametrem, podle [Marek&kol. 2009], [ČSN ISO EN 19011, 2002], a je hodnocena slovně:

a) často

b) občas

Dalším prvkem R|E/S| je možnost vyvarování se nebo omezení škody (detekce) a je hodnocena rovněž slovně:

a) sotva možné

d) za určitých podmínek může nabývat hodnot

Vyhodnocení R(E/S)

Vyhodnocení (číslené) R|E/S|je provedeno na základě matice, kterou je konstruktér intuitivně, navigován podle následující ho obrázku, který je rovněž uveden v rešeršní části DiSP.

Závažnost škody na životním prostředí	Pravděpodobnost výskytu a doba trvání nebezpečných situací	Možnost vyvarování se nebo omezení škody	Pravděpodobnost výskytu nebezpečné události		
vysoká	často	sotva možné	8	9	10
		za určitých podmínek možné	7	8	9
	občas	sotva možné	6	7	8
		za určitých podmínek možné	5	6	7
střední	často	sotva možné	4	5	6
		za určitých podmínek možné	3	4	5
	občas	sotva možné	2	3	4
		za určitých podmínek možné	1	2	3
malá		sotva možné	0	1	2
		za určitých podmínek možné	0	0	1

Graf pro odhad velikosti rizika a matice rizik [Marek&kol. 2009]

Posouzení a ošetření R(E/S):

V případě, že R|E/S| nabývá hodnot vyšších než 5, je nutné obligatorně provést ošetření rizika v podobě preventivních či ochranných opatření, která jsou uvedena v [ČSN ISO EN 19011, 2002] v podobě základních obecných opatření vedoucí k eliminaci či snížení pro některé typy rizikových událostí. Analýza systému se následně opakuje dokud riziko nenabývá hodnoty max. 5.