



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

PREVENCE RIZIK VE VÝROBĚ BAREVNÝCH KONCENTRÁTŮ

RISK PREVENTION IN THE PRODUCTION OF MASTERBATCHES

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Tomáš Slovák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Luboš Kotek, Ph.D.

BRNO 2018

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student:	Bc. Tomáš Slovák
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Kvalita, spolehlivost a bezpečnost
Vedoucí práce:	Ing. Luboš Kotek, Ph.D.
Akademický rok:	2017/18

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

Prevence rizik ve výrobě barevných koncentrátů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Prevence rizik je významným způsobem zvyšování efektivity výroby. Základním krokem pro prevenci neshod je identifikace možností vzniku chyb. Následně je nutné analyzovat rizika a navrhnou efektivní opatření, která zamezí možnosti vzniku chyby, případně sníží pravděpodobnost vzniku. Pro udržení vysoké kvality ve výrobě je nezbytné vytvořit systém měření a vyhodnocení klíčových ukazatelů výkonnosti.

Cíle diplomové práce:

Současný stav řešené problematiky – literární rešerše v oblasti diplomové práce.

Přehled metod uplatnitelných v oblasti identifikace rizik, výběr metod vhodných pro konkrétní výrobní proces.

Analýza historických dat o neshodách v konkrétním výrobním procesu, jejich příčinách a následcích.

Identifikace zdrojů rizik výrobního procesu, jejich prioritizace.

Vlastní závěry (návrh nového řešení) a doporučení.

Seznam doporučené literatury:

CHARVAT, Robert A. Coloring of plastics. 2nd ed. New York: Wiley-Interscience, 2003.

YAO, David D. a Shaohui. ZHENG. Dynamic control of quality in production-inventory systems: coordination and optimization. New York: Springer, 2002. Springer series in operations research.

NENADÁL, J. Moderní systémy řízení jakosti. Praha : Management Press, 1998. 283 s. ISBN 80-7169-955-1.

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

MIKULAK, Raymond J. ; MCDERMOTT, Robin ; BEAUREGARD, Michael . The Basics of FMEA.. 2nd Edition. [s.l.] : Productivity Press, 2008. 95 s. ISBN 978-1563273773.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

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

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá prevencí rizik ve výrobě barevných koncentrátů ve společnosti Lifocolor, s.r.o. Teoretická část je zaměřena na celkový proces managementu rizik, blíže pak specifikuje jednotlivé metody analýzy rizik. Následuje přiblížení procesu výroby barevných koncentrátů. Praktická část práce se zabývá analýzou historie neshod, aplikováním metod popsaných v teoretické části, jejich vyhodnocením a navržením příslušných nápravných a preventivních opatření.

ABSTRACT

The master's thesis deals with risk prevention in the production of masterbatches in company Lifocolor, s.r.o. The theoretical part is focused on the overall risk management process, specifying individual methods of risk analysis. The following section pertains masterbatch production process. Analysis of history of disagreeable products, application of methods described in theoretical parts, their evaluation and design of corrective precautions are described in the practical part.

KLÍČOVÁ SLOVA

management rizik, FMEA, Human HAZOP, výroba barevných koncentrátů

KEYWORDS

risk management, FMEA, Human HAZOP, masterbatch production process

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SLOVÁK, T. *Prevence rizik ve výrobě barevných koncentrátů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 79 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Luboš Kotek, Ph.D.

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat za cenné rady a připomínky svému vedoucímu práce Ing. Luboši Kotkovi, Ph.D. Dále chci poděkovat zaměstnancům Lifocolor, s.r.o. za spolupráci a podporu. Poděkování patří také mé rodině a přátelům za jejich podporu během mého studia.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Luboše Kotka, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 25.5.2018

.....

Slovák Tomáš

OBSAH

1	ÚVOD	15
2	MANAGEMENT RIZIK	17
2.1	Definování rizika	19
2.2	Stanovení rámce, kontextu.....	19
2.3	Identifikace zdrojů rizika	20
2.4	Analýza rizik.....	21
2.5	Vyhodnocení rizik.....	23
3	METODY ANALÝZY RIZIK	25
3.1	FMEA	26
3.2	FMECA.....	32
3.3	HAZOP	35
3.4	Diagram příčin a důsledků (Ishikawa).....	39
3.5	Metoda BOMECH	40
4	BAREVNÉ KONCENTRÁTY (MASTERBATCHE)	42
4.1	Polymer.....	43
4.2	Prostředky k barvení	43
4.3	Aditiva	45
4.4	Výroba granulovaného MB	47
4.5	Výroba tekutého MB	48
4.6	Kolorimetrie.....	48
5	SPOLEČNOST LIFOCOLOR S.R.O.	49
5.1	Výrobní sortiment.....	49
5.2	Obchodní oddělení.....	50
5.3	Vývoj – laboratoř	50
5.4	Výroba	53
5.5	Kontrola	54
6	APLIKACE NÁSTROJŮ ŘÍZENÍ KVALITY	55
6.1	Analýza výskytu neshodných produktů za období 2008 až 2017.....	55
6.2	Analýza získaných dat	56
6.3	Aplikace metody PFMEA.....	59
6.4	Aplikace metody BOMECH.....	67
6.5	Aplikace metody Human HAZOP	69
7	ZÁVĚR	71
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	73
9	SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK	75
9.1	Seznam zkratk a symbolů	75
9.2	Seznam tabulek	77
9.3	Seznam obrázků.....	78
10	SEZNAM PŘÍLOH	79

1 ÚVOD

Proces řízení rizik (management rizik) se stává stále důležitější součástí podnikového řízení, což z něj dělá neustále aktuální téma. Taková rizika mohou být například řídicím podnětem pro tvorbu strategických rozhodnutí, mohou být příčinou vzniku nejistoty v organizaci nebo mohou být jednoduše začleněny do činnosti této organizace. Úspěšná iniciativa pro řízení rizik by měla být úměrná úrovni rizika v organizaci (související s velikostí, povahou a složitostí organizace), sladěna s jinými podnikovými aktivitami, komplexní ve svém oboru a zapracována do rutinních aktivit a dynamiky tím, že by měla být schopna reagovat na měnící se okolnosti. Tento přístup umožní, aby iniciativa řízení poskytla výstupy, které zajišťují lepší rozhodování. Také přináší výhody díky zlepšení efektivity provozu, efektivnosti taktiky a strategie organizace. [1]

Předložená diplomová práce popisuje prevenci rizik v konkrétním procesu výroby barevných koncentrátů.

Barevné koncentráty neboli masterbatche (MB) jsou přísady používány pro barvení plastů. Jsou to koncentrované směsi pigmentů a/nebo barviv zakomponovaných během zpracování na extruderu na termoplastický materiál. [2]

Teoretická část této práce nejprve představuje celý proces managementu rizik. Dále se zabývá popisem metod analýzy rizik, které byly následně použity v praktické části. Poslední část řešerše se zabývá procesem výroby barevných koncentrátů.

Praktická část popisuje analýzu historických dat o neshodách ve výrobním procesu společnosti Lifocolor, s.r.o., identifikaci zdrojů rizik včetně jejich prioritizace za použití metod uvedených v teoretické části. Před samotným závěrem jsou s ohledem na výsledky jednotlivých analýz navržena nápravná opatření a doporučení pro praxi.

2 MANAGEMENT RIZIK

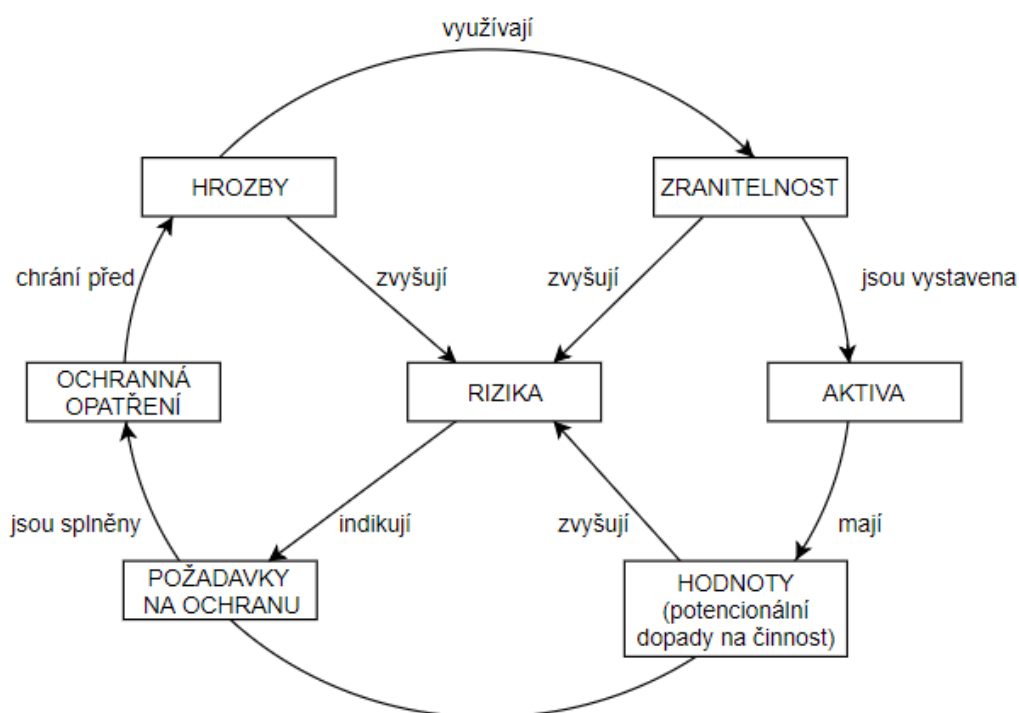
S riziky se ve svém životě den co den setkává každý z nás – ať už vědomě nebo podvědomě. K ochraně vlastního zdraví nám zpravidla vystačí obecná zkušenost, kterou nám předali rodiče, škola, případně vlastní zkušenost.

Pouze taková zkušenost, hodící se pro osobní život, už nemusí být dostatečně spolehlivá pojistka, máme-li bez rizika, respektive při co nejmenším přijatelném riziku, vykonávat pracovní činnost. Zde jsou potřeba doplňující nové informace o vhodném způsobu vykonávání pracovních činností, které jsou často vázány zejména na požadavky právních a ostatních předpisů k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví. [3]

Jsou to předpisy [3]:

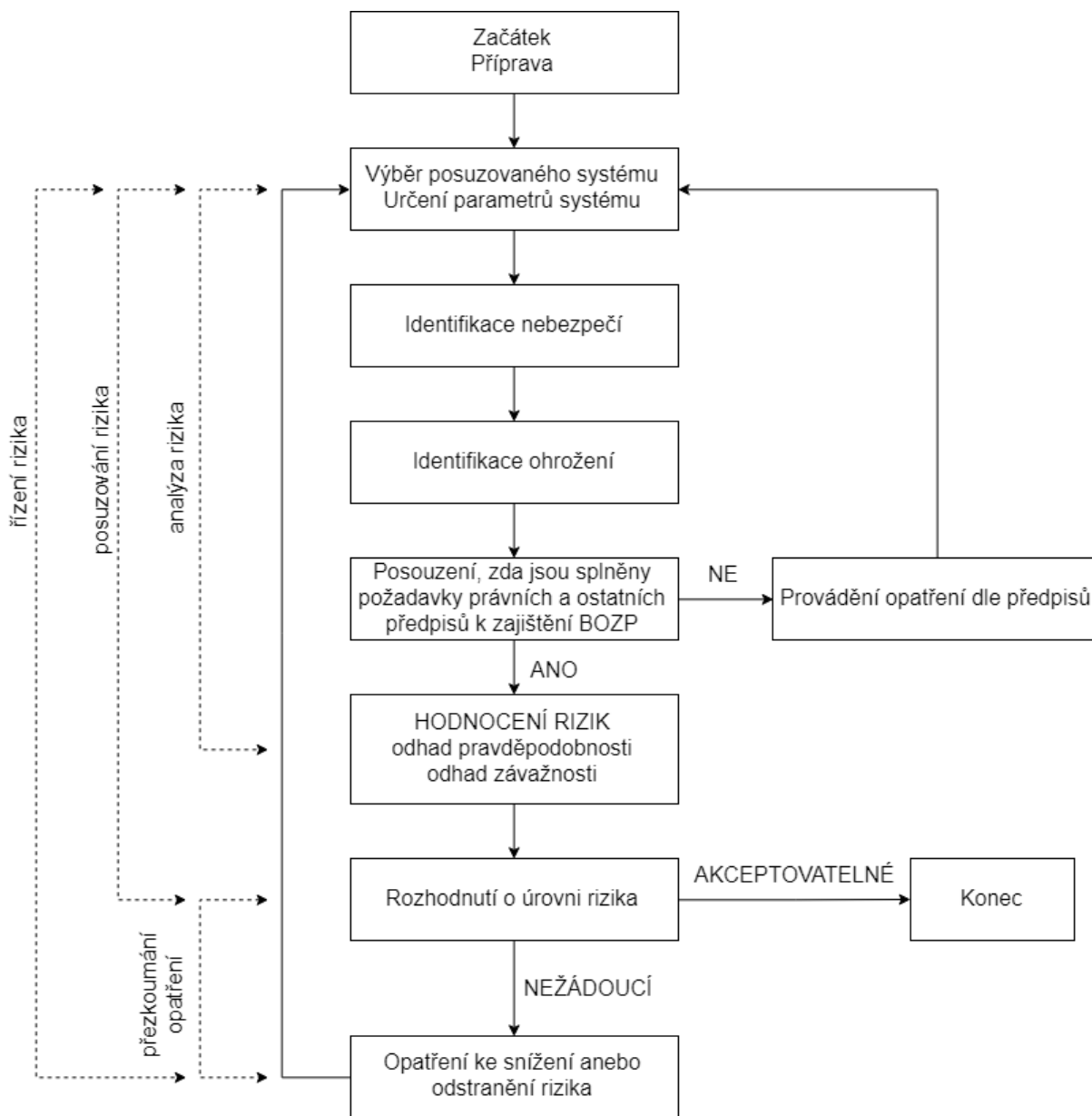
- na ochranu života a zdraví,
- hygienické a protiepidemické,
- o bezpečnosti technických zařízení a normy,
- stavební,
- dopravní,
- o požární ochraně,

U každého rizika je cílem jeho snížení na akceptovatelnou úroveň nebo úplné odstranění. [4] Oblast řízení, zabývající se těmito postupy, se nazývá management nebo také řízení rizik. Soustavnými, opakujícími se a navzájem provázanými činnostmi se snažíme řídit potenciaální rizika. Management rizik je součástí každého řídicího procesu. Lze ho nazvat také procesem trvalého zlepšování. Vztahy mezi jednotlivými prvky při managementu neboli řízení rizik lze zobrazit za pomoci modelů. Příklad modelu je zobrazen na obr. 1. [5]



Obr. 1) Vztahy při řízení rizik [6]

Samotný postup řízení rizik se však může v každé firmě lišit. Ukázka obecného algoritmu řízení rizik je zobrazena na obr. 2.



Obr. 2) Algoritmus řízení rizika [3]

2.1 Defínování rizika

Pro pojem riziko již existuje celá řada definicí ať už obecných nebo již přizpůsobených pro různá odvětví a obory lidského zájmu a činnosti. Je to situace, ve které existuje určitá možnost vzniku nepříznivé odchylky od žádoucího a očekávaného výsledku. [3]

O jeho původu můžeme uvažovat dvěma směry. Prvním je význam arabského slova *risq*, jenž označuje vše, co člověku bylo dáno (Bohem) a z čeho může získat nějaký zisk. Má tedy význam náhodného a příznivého výsledku. Naopak význam latinského slova *riscum* směřuje k pochybnosti a používá se, jak pro náhodnou a příznivou, tak pro nepříznivou událost. Z překladů je zde patrná dvojí povaha slova riziko. A sice realizace nebezpečí pro jednu osobu nepříznivá může být pro další osobu příznivá. [7]

Stejně jako celá řada definic existuje také mnoho způsobů rozdělení rizik. Můžeme ale říci, že v dnešní době stále neexistuje jednoznačná a ucelená klasifikace rizik. Je to z důvodu toho, že v každém podniku působí jiná rizika a stejně tak se navzájem ovlivňují jinými způsoby a s jinými dopady.

Riziko může podle [7] být:

- hmotné – zpravidla je měřitelné,
- nehmotné – souvisí s duševní činností nebo nečinností, označováno také jako psychologické riziko,
- spekulativní – riziko podstupované s cíleným záměrem,
- čisté – jeho realizace je vždy nepříznivá,
- systematické – je jím vystaveno několik projektů určité třídy,
- nesystematické – vztahuje se pouze na jeden projekt a na ostatních je nezávislé,
- pojistitelné a nepojistitelné – uplatní se tam, kde jde o úplatné přenesení rizika na třetí osobu,
- strategické – uplatnění ve strategickém rozhodování (typu „co se má dělat“),
- operační – je prvkem operačního rozhodování (typu „jak se to má dělat“),
- odhadované – nedokážeme ho numericky popsat a můžeme o něm říct jen, že existuje nebo neexistuje.

Rozdělení rizik podle oblastí, ve kterých hovoříme o jejich řízení, je na [4]:

- technická rizika (riziko u všech typů inženýrských konstrukcí včetně materiálu a staveb),
- technologická rizika,
- rizika ochrany životního prostředí,
- finanční rizika (investiční, pojišťovací),
- projektová rizika,
- obchodní rizika (marketingová, strategická).

2.2 Stanovení rámce, kontextu

Prvním krokem vůbec k celému procesu řízení rizik bývá vymezení objektu nebo systému, u kterého se budou posuzovat rizika (zařízení, provoz, stroj, činnost, materiál, látka aj.). [8] Dále je nutná formulace kritérií, ke kterým se bude riziko vztahovat (systémové selhání, nehoda, úraz, či jiné poškození zdraví). Jestliže posuzujeme rizika spojená s pracovní

činností, je zde důležité uvažovat nejen běžný pracovní proces, ale i neočekávané a mimořádné situace. [4]

V této fázi řízení je tedy nutné si stanovit [4]:

- oblasti posuzování rizik,
- termíny pro analýzu rizik (harmonogram),
- vrcholovou odpovědnost,
- tým hodnotitelů,
- pravidla rozhodování v týmu (nedojde-li tým k jednotnému závěru),
- pravomoci, odpovědnosti a povinnosti týmu hodnotitelů,
- metodiku pro řízení rizik.

2.3 Identifikace zdrojů rizika

Jedná se o identifikaci zdrojů, které by mohly zapříčinit ohrožení zdraví, majetku nebo životního prostředí. [8] Pro tuto část procesu je důležitým zdrojem informací evidence událostí, které nastaly v minulosti. Pokud tyto informace nejsou k dispozici, nebo jsou nedostatečné, musíme použít vhodnou metodu, která nám identifikaci zdroje nebezpečí umožní (kontrolní seznamy, what if analýza aj.). [4]

Cílem této fáze je nalézt co nejvíce rizik, porozumět jejich podstatě a správně je popsat. [9]

Jako orientační pomůcky při identifikaci nebezpečí mohou být různé obecné přehledy nebezpečí, například popis nebezpečí vytvářených strojními zařízeními, který uvádí norma ČSN EN 12100 (mechanické, elektrické, tepelné aj.). [10]

U každého identifikovaného zdroje nebezpečí se dále posuzuje, jaká škoda může být způsobena a jak by k ní mohlo dojít. Podle [7] se především jedná o to určit:

- a) kdo nebo co může být vystaveno nebezpečí,
- b) jaké mohou být následky,
- c) jaký je způsob iniciace ohrožení,
- d) jaké další faktory nebo další zdroje nebezpečí mohou přispívat k iniciaci ohrožení a ke zvýšení škody.

Je nutné si také ověřit, zda identifikace nebyla prováděna na základě zastaralé provozní dokumentace. To by bylo nejen zbytečné, ale také plýtvání časem specializovaných osob a finančními prostředky. Nejčastěji používané podklady jsou [4]:

- technická dokumentace (včetně výkresové),
- technologický postup,
- pracovní postupy,
- požární řád,
- informace o používaných látkách,
- přehled úrazů a nehod,
- výsledky šetření nehod/havárií, pracovních úrazů,
- údaje o počtu osob v podniku a okolí.

2.4 Analýza rizik

Abychom byli schopni efektivně řídit riziko, musí být nejprve poznáno a analyzováno. Proto bývá analýza přirozeně prvním krokem. Obvykle je chápána jako proces, ve kterém se definují hrozby, pravděpodobnosti jejich uskutečnění a dopad na aktiva¹. Výsledky analýzy jsou následně používány jako podklad pro rozhodování o přijatelnosti daného rizika. [6]

Analýza by podle [4] měla zobrazovat především:

- a) systematickou identifikaci zdrojů nebezpečí,
- b) systematickou identifikaci možných selhání, nehod a poruch včetně vyjádření výsledků,
- c) kvantitativní nebo alespoň semi-quantitativní vyjádření míry podílu člověka,
- d) vyhodnocení možných řešení směřujících ke snížení rizika,
- e) identifikace faktorů podílejících se na iniciaci rizika včetně systémových nedostatků a kritických míst,
- f) porovnání s alternativními systémy a technologiemi.

2.4.1 Kvalitativní metody

Kvalitativní metody jsou postaveny na principu závažnosti možného dopadu a na pravděpodobnosti, že daná událost nastane. [6] Při vhodné modifikaci lze tento postup použít pro různá rizika. U většiny případů lze pomocí odborných odhadů a metod převést výsledky kvalitativního vyjádření rizika do semi-quantitativního, což nám dále umožňuje rizika porovnat a prioritizovat. Kvalitativní metody jsou jednodušší a rychlejší, jsou však více subjektivní. [4]

2.4.2 Kvantitativní metody

Tyto metody jsou založeny čistě na matematickém výpočtu rizika a využívají tudíž numerického vyjádření, jak pro frekvenci výskytu (pravděpodobnosti), tak pro následky. Kvalita této analýzy se odvíjí od přesnosti a kompletnosti použitých dat a údajů. [6]

Oproti kvalitativním metodám jsou tyto metody více exaktní². Pro jejich provedení je vyžadováno sice více času, ale poskytují nám finanční vyjádření rizik, které je výhodnější pro jejich zvládnutí. [6]

Možné způsoby vyjádření [4]:

- 1) **Riziko ekonomické ztráty**
Roční ztráta [Kč] / počet (frekvence) ztrát v roce.
- 2) **Riziko smrtelného úrazu**
Počet úmrtí (smrtelných úrazů) za rok / exponovaná³ populace (počet exponovaných osob).
- 3) **Riziko havárií**
Následky lze modelovat za pomoci simulačních programů, pravděpodobnost pak může být vypočtena na základě historických dat nebo za pomoci analytických metod.

¹ všechno, co má pro daný podnik hodnotu, která může být zmenšena působením hrozby

² přesné

³ vystavená pozornosti v důležitém postavení

4) Zdravotní rizika

- Počet nových onemocnění v roce u exponované populace ve srovnání s celkovou populací – př.: 5 nových případů za rok na 100 000 obyvatel lze vyjádřit jako riziko 5×10^{-5} na exponovanou osobu za rok.
- Poměr pravděpodobnosti úmrtí před a po dosažení určitého věku s a bez expozice rizika.
- Počet úmrtí do stanoveného stáří, např. 60 let, která se předpokládají ve vztahu k uvažovanému riziku, děleno počtem exponovaných osob.

2.4.3 Semi – kvantitativní metody

Tyto metody vycházejí z číselných údajů. Díky kvalitativnímu hodnocení je docíleno většího přiblížení se k realitě daného cíle oproti předpokladům, ze kterých vycházejí kvantitativní metody. Tedy pro vyjádření míry následků a pravděpodobností se zde využívají kvalitativní stupnice. Je zde nutno brát v úvahu, že údaje použité v kvalitativních metodách nemusí v každém případě odrážet přímo pravděpodobnost události či výši jejího dopadu. Je to z toho důvodu, že mohou být ovlivněny měřítkem stupnice, které bylo použito v konkrétní metodě. [6]

Jsou případy, kdy je vhodnější uvažovat pravděpodobnost jako podmíněnou pravděpodobnost. Ta kombinuje pravděpodobnost, že k uvažované události dojde, a pravděpodobnost, s jakou dojde k uvažovanému následku. Možné vyjádření popisných stupnic pro následky uvádí tab. 1, pro pravděpodobnost pak tab. 2. [4]

Tab 1) Příklad popisných stupnic pro následky [4]

NÁSLEDKY		
Úroveň	Popis	Příklad slovního vyjádření
1	Zanedbatelné	Bez poškození zdraví, bez finanční ztráty
2	Malé	Ošetření v rámci první pomoci, únik ihned zlikvidovaný vlastními prostředky, střední finanční ztráty
3	Střední	Zranění vyžaduje ošetření lékařem, likvidace úniku vyžaduje externí pomoc, vysoké finanční ztráty
4	Závažné	Zranění vyžaduje pracovní neschopnost, ztráta produkce, únik přesahující prostor podniku, závažné finanční ztráty
5	Katastrofické	Smrtelné úrazy, toxický únik se závažnými důsledky, značné finanční ztráty

Tab 2) Příklad popisných stupnic pro pravděpodobnost [4]

PRAVDĚPODOBNOST		
Úroveň	Vyjádření	Popis
A	Téměř jisté	Očekáváme ve většině případů
B	Pravděpodobné	Pravděpodobně nastane ve většině případů
C	Možné	Může nastat
D	Nepřavděpodobné	Mohlo by nastat za určitých okolností
E	Velice nepřavděpodobné	Mohlo by nastat pouze za zcela výjimečných okolností

2.5 Vyhodnocení rizik

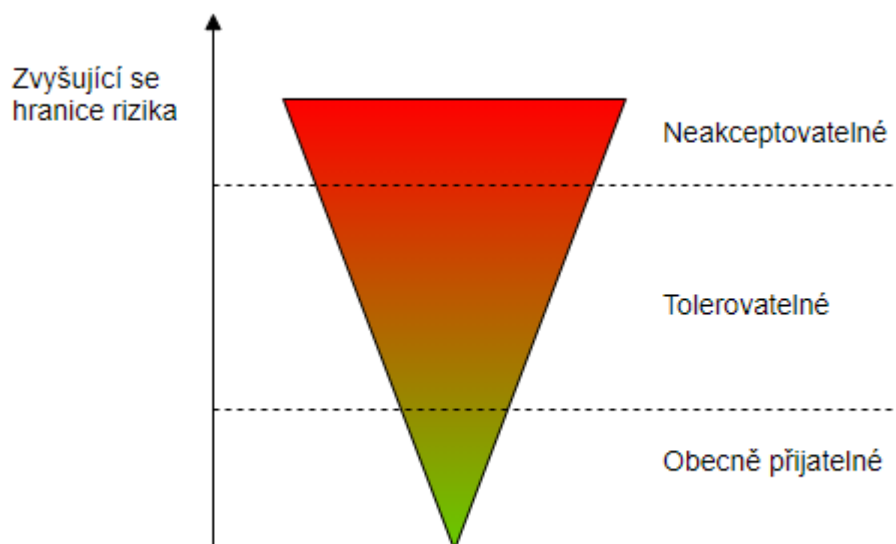
Jakmile je provedena analýza rizik, dalším krokem procesu řízení rizik je přirozeně její vyhodnocení. Hodnocení rizik zahrnuje porovnání úrovně rizika zjištěné během procesu analýzy s kritérii, která byla stanovena při určování rámce, kontextu. [5]

Účelem vyhodnocení je, na základě výsledků analýzy, pomoci při rozhodování, která rizika jsou přijatelná bez dalšího opatření a která naopak vyžadují okamžitá opatření. Jestliže vyjde výsledné riziko nižší než stanovená hodnota pro přijatelnost, není obvykle zapotřebí dalšího snižování. V takovém případě tato rizika ale sledujeme, aby i nadále zůstala pod hranicí přijatelnosti. V případě, že riziko vyjde nad nebo na hranici přijatelnosti, je nezbytné provést taková opatření, která by riziko dostala pod tuto hranici. [4]

Na základě tohoto kroku můžeme obvykle rozhodnout o [4]:

- přijetí bezpečnostních opatření,
- ukončení analýzy, protože ohrožení ani následky nejsou významné,
- pokračování v analýze.

Ke snížení rizika pod stanovenou hranici je možno přistoupit z tzv. principu ALARP (As Low As Reasonable Practicable), což znamená snižování rizika na tak nízkou úroveň, jak je to rozumně proveditelné nebo úzce souvisejícího principu ALARA (As Low As Reasonably Achievable), tj. snižování rizika na tak nízkou úroveň, jak je to rozumně dosažitelné. Princip ALARP předpokládá, že existuje určitá míra (úroveň) přijatelného (tolerovatelného) rizika a vyžaduje, aby riziko bylo alespoň pod touto úrovní (obr. 3). Předpokládá dále, že tato míra je tak nízká, že se nevyplatí investovat více nákladů na další snižování. [11]



Obr. 3) Tolerovatelnost rizika (ALARP) [11]

Pro vyjádření se často používá matice rizik (obr. 4), ve které vertikální prvky tvoří stupnice pravděpodobnosti a horizontální prvky pak vyjadřují závažnost. [4]

3 METODY ANALÝZY RIZIK

Základním hlediskem pro rozdělení metod používajících se pro analyzování rizik je v tomto případě způsob vyjádření veličin, s nimiž se v analýze pracuje. [6] Každá metoda je specifická svými vlastnostmi, které určují, kdy a kde může být daná metoda použita. Při použití v praxi závisí volba typu metody na mnoha různých faktorech. Hlavním faktorem je zde znalost dané metody a zkušenosti s jejím používáním, dále to jsou cíle a typ analýzy, dostupnost informací potřebných k provedení analýzy, složitost analyzovaného systému a v neposlední řadě také finanční náklady potřebné pro provedení této analýzy. [4]

Pod pojmem cíle se rozumí druh požadovaného výsledku, kterého chceme analýzou dosáhnout. Na základě námi zvoleného cíle se pak stanoví typ metody. Podle [4] jsou za nejběžnější cíle označovány:

- vytvoření seznamu rizikových situací,
- návrh opatření vedoucích ke zvýšení bezpečnosti a spolehlivosti zařízení,
- vyhodnocení možného ohrožení osob v okolí zařízení,
- porovnání rizikovosti provozu za stávajícího a navrženého (projektovaného) stavu,
- posouzení bezpečnosti provozu.

Výběr vhodné metody bývá ve většině případů nejkritičtější krokem, jelikož zajišťuje úspěch prováděné analýzy rizik. Dnes je již v praxi využíváno velkého množství metod v různých variantách. Většinou ale vycházejí z několika nejnámějších a nějak zásadně se od nich neliší.

Tyto nejvyužívanější metody se od sebe liší především díky rozdílné oblasti použití, podle velikosti a složitosti procesu, mají různé typy výsledků, liší se také v náročnosti nejen časové, ale také finanční či personální. Některé z těchto metod na sebe navazují nebo se překrývají, jiné jsou naopak nesrovnatelné. Přehled těchto nejpoužívanějších metod uvádí tab. 3. Následná tab. 4 pak zobrazuje používání těchto metod v různých fázích života procesu. [12]

Tab 3) Přehled některých nejpoužívanějších metod [12]

Český název metody	Anglický název metody	Zkratka
Analýza způsobů a důsledků poruch	Failure Modes and Effects Analysis	FMEA
Analýza nebezpečí a provozuschopnosti	Hazard and Operability Analysis	HAZOP
Analýza stromem poruch	Fault Tree Analysis	FTA
Analýza stromem událostí	Event Tree Analysis	ETA
Kontrolní seznam	Checklist Analysis	CL
Analýza lidského faktoru	Human Reliability Analysis	HRA
Analýza příčin a následků	Cause – Consequence Analysis	CCA
Analýza "Co se stane, když...."	What – If Analysis	WI
Revize bezpečnosti	Safety Review	SR

Tab 4) Využití nejpoužívanějších metod dle fáze života cyklu [12]

	FMEA	HAZOP	FTA	ETA	CL	HRA	CCA	WI	SR
Výzkum a vývoj	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Koncepční návrh	-	-	-	-	+	-	-	+	-
Poloprovoz	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Detailní návrh	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Montáž	-	-	-	-	+	+	-	+	+
Běžný provoz	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Rozvoj	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Vyšetřování nehod	+	+	+	+	-	+	+	+	-
Prověření	-	-	-	-	+	-	-	+	+

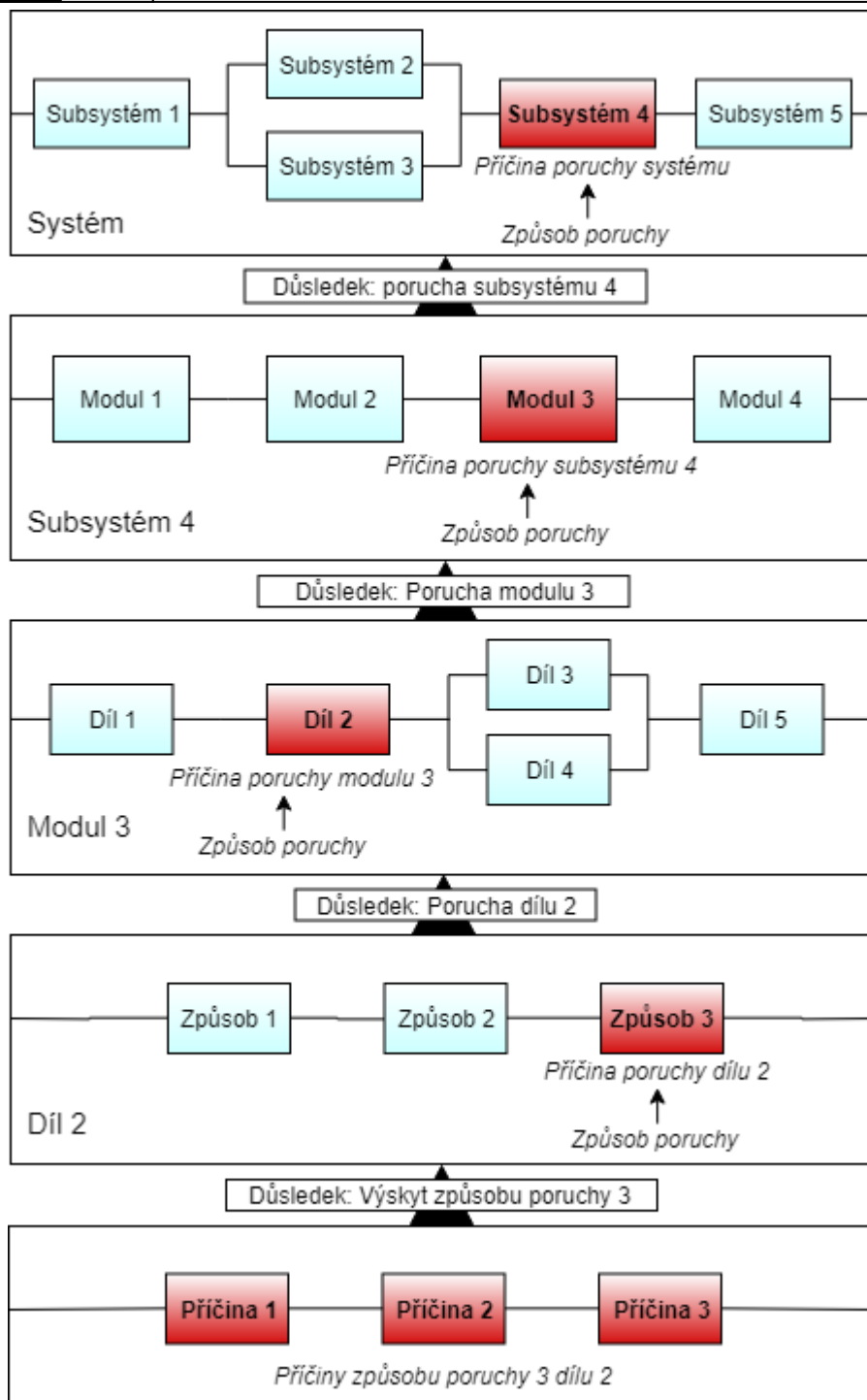
+ metoda běžně využívána

- metoda využívána zřídka nebo je pro tuto fázi nevhodná

3.1 FMEA

„Analýza způsobů a důsledků poruch (FMEA – Failure Modes and Effect Analysis) je systematický postup analýzy systému za účelem zjištění potencionálních způsobů poruch, jejich příčin a důsledků na technické parametry (výkonnost) systému (bezprostřední montážní sestavy i celého systému či procesu).“ [13]

V ideálním případě by tato analýza měla být prováděna přednostně v rané etapě vývojového cyklu z důvodu začlenění změn návrhu, aby tak došlo k překonání nedostatků, které tato analýza zjistila. Před samotným zahájením analýzy je potřeba rozčlenit systém (proces) na základnější prvky. V tomto případě se využívá většinou hierarchické zobrazení za pomoci blokových (procesních) diagramů. Analýza poté začíná u nejnižšího stupně, kdy důsledek způsobu poruchy na tomto stupni může mít za příčinu vznik poruchy na objektu vyššího stupně (obr. 5). [13] Dělá se proto FMEA systému, subsystému nebo jednotlivého komponentu. Měla by zde být zajištěna pozornost každému tomuto komponentu (prvku) ať už v rámci produktu, či montážní sestavy. Nevýhodou této metody je fakt, že se dokumentují i takové poruchy, které nemají závažné následky. [14]



Obr. 5) Vztah mezi způsoby a důsledky poruchy v hierarchii systému [13]

Existují tři základní případy, kdy by měla být použita analýza FMEA. Případy se od sebe liší rozdílnými předměty působnosti nebo zaměřenými. Tyto případy uvádí [14] a jsou to:

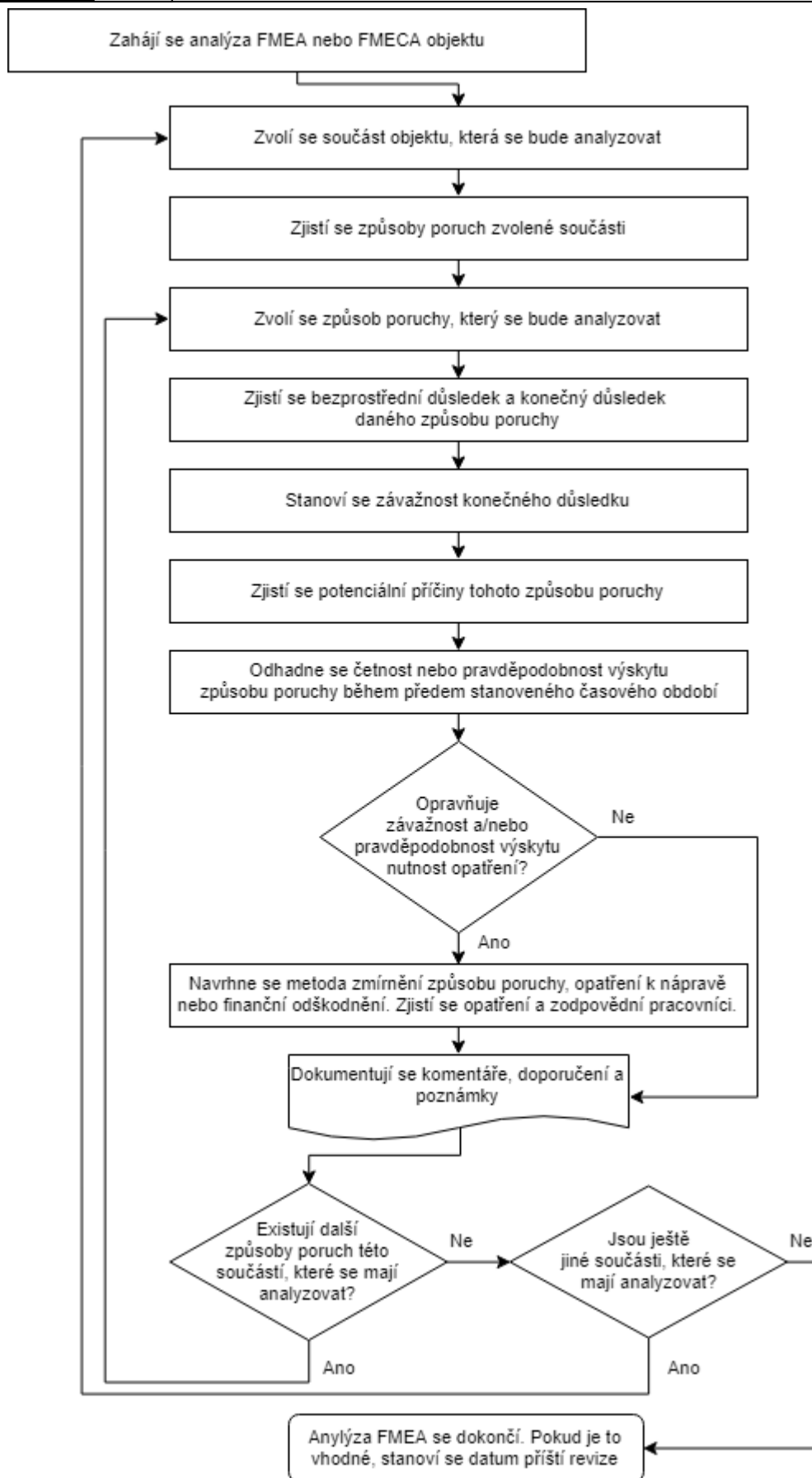
- 1) nové návrhy produktu, nová technologie nebo proces,
- 2) modifikace stávajícího návrhu produktu nebo procesu,
- 3) použití stávajícího návrhu produktu nebo stávajícího procesu v novém prostředí, na novém místě, pro novou aplikaci nebo jiný charakter použití.

Znalosti z dřívějších poznávání, které bývají zachyceny právě v analýzách FMEA, jsou jedním z klíčových aspektů neustálého zlepšování. Při dalším novém programu či aplikaci je možné použít analýzu FMEA z předchozího podobného návrhu produktu nebo procesu jako výchozí bod. [14] Je však nutné ověřit, zda je nový návrh skutečně použit stejným způsobem a při stejném namáhání jako předchozí. [13]

Podle [13] jsou definovány čtyři hlavní etapy postupu analýzy FMEA:

- a) stanovení základních pravidel a vypracování harmonogramu – zajištění dostatku času a odborné kvalifikace,
- b) provedení analýzy FMEA – pokud je potřeba, tak i s pomocí jiných prostředků (logické diagramy nebo stromy poruchových stavů),
- c) shrnutí a vypracování analýzy FMEA – včetně závěrů a příslušných doporučení,
- d) aktualizace analýzy FMEA – při změně vývojové činnosti.

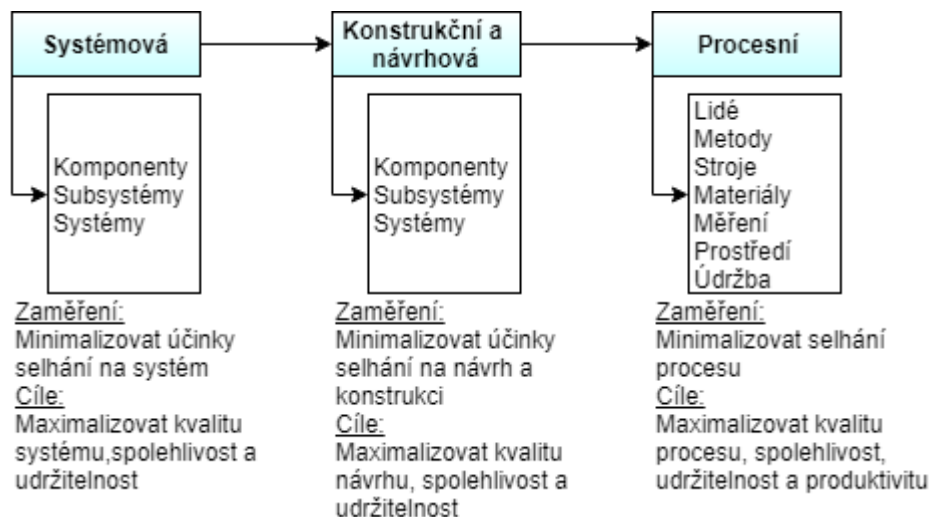
Detailní postup (vývojový diagram) analýzy FMEA je zobrazen na obr. 6.



Obr. 6) Vývojový diagram analýzy FMEA [13]

Vypracování analýzy FMEA má za úkol vždy předem určený tým, jehož členové mají nezbytné znalosti daného předmětu. Tým za vypracování analýzy plně odpovídá. Týmový přístup je zde doporučen pro zajištění vstupů a součinností ze všech dotčených funkčních oblastí. [14]

Existují tři základní typy FMEA. Jsou to konstrukční a návrhová, procesní a systémová. Na obr. 7 jsou zobrazeny tyto tři základní typy včetně jejich zaměření a cílů. [15]



Obr. 7) Tři základní typy analýzy FMEA [15]

Při vypracovávání analýzy se můžeme také dostat do stavu tzv. stagnace. Tento stav může nastat na jakékoli úrovni. Existuje upozornění, na co si dávat pozor, abychom se do tohoto stavu nedostali. Podle [15] je toto upozornění ve jménu tvrzení:

- nikdy jsme to nedělali,
- nejsme pro to ještě připraveni,
- děláme to bez toho správně,
- jednou jsme to už zkusili a nefungovalo to,
- stojí to příliš mnoho financí,
- to není naše odpovědnost,
- tady to stejně nebude fungovat.

3.1.1 Účel a cíle FMEA

Existuje mnoho důvodů, proč vůbec tuto analýzu provádět. Mezi ty hlavní patří především zjištění poruch, které vytváří nežádoucí důsledky ovlivňující provoz systému. Tím je myšleno například znemožnění nebo významné zhoršení provozu či ovlivnění bezpečnosti uživatele. Dalšími důvody mohou být například splnění požadavků smlouvy se zákazníkem, který ji může vyžadovat, zvýšení bezporuchovosti a bezpečnosti systému (například modifikace návrhu nebo opatření zajišťující kvalitu) či zlepšení udržitelnosti systému (zvýrazní se oblasti rizika či neshody, které se týkají udržitelnosti). [13]

Vzhledem k důvodům pro vynaložení úsilí k vypracování analýzy FMEA, mohou být mezi hlavní cíle analýzy podle [13] zahrnuty:

- identifikace a vyhodnocení všech nežádoucích důsledků (musí být vymezeny hranice analyzovaného systému včetně posloupností událostí, které zapříčinil zjištěný způsob poruchy,
- stanovení kritičnosti s cílem priorizovat způsoby poruchy,
- klasifikace zjištěných způsobů poruch podle předem definovaných charakteristik (snadnost detekce, způsobilost být diagnostikován, testovatelnost, kompenzace poruch a provozních opatření),
- zjištění funkčních poruch systému a odhad míry závažnosti a pravděpodobnosti poruchy,
- vypracování plánu na zlepšení návrhu – zmírnění způsobů poruch,
- podpora vývoje efektivního plánu údržby (např. pro snížení pravděpodobnosti poruchy).

3.1.2 Návrhová a konstrukční FMEA (DFMEA)

DFMEA (Design FMEA) je zaměřena na návrh produktu, který bude následně dodán zákazníkovi. Podporuje proces návrhu a konstrukce při zmírňování rizika vzniku poruch. Podpora spočívá například napomáháním při hodnocení cílů včetně alternativ návrhu produktu, hodnocením počátečního návrhu produktu z hlediska požadavků (na výrobu, montáž, servis a recyklaci) nebo zvyšováním pravděpodobnosti, že možné způsoby poruch a jejich důsledky s ohledem na systém a provoz jsou v tomto procesu zohledněny. [14]

DFMEA by měla především zahrnovat veškeré možné způsoby a příčiny poruch, které by mohly nastat v průběhu procesu výroby či montáže produktu v důsledku jeho návrhu (dají se včas zmírnit například konstrukčním detailem, který by zabránil namontování dílu do nesprávné polohy – ochrana proti chybám).

Příklad otázek, které by měly být pokládány při vypracovávání DFMEA uvádí [15] a jsou to:

- Co výrobek dělá a jaké je jeho zamýšlené použití?
- Jak výrobek vykonává svou funkci?
- Jaké suroviny a komponenty jsou používány k výrobě produktu?
- Jak a za jakých podmínek dojde k interakci produktu s produkty ostatními?
- Jaké vedlejší produkty jsou vytvářeny produktem nebo používáním tohoto produktu?

3.1.3 Procesní FMEA (PFMEA)

Procesní FMEA je disciplinovaná analýza/metoda identifikace potencionálních nebo známých způsobů poruch, která také poskytuje následné opatření před prvním výrobním procesem. Jako první výrobní proces je zde označován proces, který produkuje daný produkt nebo službu pro konkrétního zákazníka s cílem dostat zaplacen. Tato definice je velmi důležitá, jelikož vylučuje počáteční vzorkování, zkušební provoz, provoz prototypu atd. [15]

Začátkem samotné PFMEA je potřeba vypracovat nějaký přehled toho, co se očekává, že proces bude nebo nebude dělat, tj. záměr procesu (pro pochopení výrobních a montážních operací a pro definování jejich požadavků). Primárním vstupem do PFMEA je vývojový diagram procesu, který identifikuje jeho charakteristiky. Rozsah tohoto diagramu by měl zahrnovat veškeré výrobní operace od výrobního postupu u jednotlivých komponentů až po jejich montáž včetně odeslání, příjemky, přepravy materiálu atd. [14]

Do PFMEA mohou být také zahrnuty ty způsoby poruch, jejichž příčinou jsou slabé stránky návrhu produktu (jejich důsledky a zamezením se zabývá DFMEA). [14]

Opět příklad otázek, které by měly být pokládány při vypracovávání PFMEA uvádí [15] a jsou to:

- Jaký je skutečný výkon a účinnost procesu?
- Co dělá výrobek a jaká jsou jeho určená použití?
- Jsou zpočátku definované požadavky a parametry vhodné pro tento proces?
- Jsou tyto požadavky a parametry splněny?
- Jak proces provádí svou funkci?
- Jaký materiál, součásti a suroviny se v procesu používají?

3.1.4 Systémová FMEA

Systémová FMEA (někdy nazývána jako koncept FMEA) je obvykle prováděna prostřednictvím řady kroků, které zahrnují koncepční návrh, detailní návrh a vývoj, testování a hodnocení. Používá se tedy k analýze systémů a sub-systémů v počáteční fázi koncepce a návrhu. Zaměřuje se na možné poruchové režimy mezi jednotlivými funkcemi systému způsobenými systémovými nedostatky. Zahrnuje také interakce mezi systémy a jejich jednotlivými prvky. [15]

3.2 FMECA

„FMECA (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis – analýza způsobů, důsledků a kritičnosti poruch) je rozšířením analýzy FMEA spočívajícím v tom, že jsou do ní zahrnuty prostředky pro klasifikaci závažnosti způsobů poruch, aby bylo možné stanovit prioritu protiopatření.“ [13]

3.2.1 Závažnost poruchy

Tato hodnota je spojována s nejméně závažným důsledkem daného způsobu poruchy, tj. odhad, jak silně budou tyto důsledky ovlivňovat systém nebo uživatele (tab. 5). [13] Představuje relativní známkování v rámci předmětu FMEA. Nedoporučuje se upravovat kritéria pro hodnocení známky 9 a 10. Způsoby poruch, hodnocené známkou závažnosti 1, by se neměly dále analyzovat. Docházelo by tak zbytečně ke zvýšení časové náročnosti analýzy. [14]

Třída závažnosti se každému důsledku poruchy (pocházející z každého způsobu poruchy) přiděluje na základě závažnosti těchto důsledků vzhledem k výkonosti a bezpečnosti systému (z hlediska cílů, požadavků a omezení). [13]

Tab 5) Kritéria hodnocení závažnosti způsobu poruchy [13]

Závažnost	Kritéria	Klasifikace
Žádná	Žádný zjistitelný důsledek.	1
Velmi málo významná	Skřípající a chřastící objekt není ve shodě s požadavky na správné uložení a opracování. Vadu zpozorují nároční zákazníci (méně než 25%).	2
Málo významná	Skřípající a chřastící objekt není ve shodě s požadavky na správné uložení a opracování. Vadu zpozoruje 50% zákazníků.	3

Velmi nízká	Skřípající a chrastící objekt není ve shodě s požadavky na správné uložení a opracování. Vadu zpozoruje většina zákazníků (více než 75%).	4
Nízká	Vozidlo je provozuschopné/objekt je provozuschopný, ale objekt(y) zajišťující pohodlí je provozuschopný (jsou provozuschopné) se sníženými technickými parametry. Zákazník je poněkud nespokojen.	5
Střední	Vozidlo je provozuschopné/objekt je provozuschopný, ale objekt(y) zajišťující pohodlí není provozuschopný (nejsou provozuschopné). Zákazník je nespokojen.	6
Vysoká	Vozidlo je provozuschopné/objekt je provozuschopný, ale se sníženou úrovní technických parametrů. Zákazník je velmi nespokojen.	7
Velmi vysoká	Vozidlo není provozuschopné/objekt není provozuschopný (ztráta základní funkce).	8
Nebezpečná s varováním	Velmi vysoká klasifikace závažnosti, když potencionální způsob poruchy, který na sebe upozorňuje varováním, ovlivňuje bezpečný provoz vozidla a/nebo znamená nesoulad s vládními vyhláškami a nařízeními.	9
Nebezpečná bez varování	Velmi vysoká klasifikace závažnosti, když potencionální způsob poruchy, který na sebe neupozorňuje varováním, ovlivňuje bezpečný provoz vozidla a/nebo znamená nesoulad s vládními vyhláškami a nařízeními.	10

3.2.2 Výskyt poruchy

Výskyt poruchy v podstatě určuje, jaká je pravděpodobnost výskytu specifické příčiny poruchy. Tato známka hodnocení má spíše relativní než absolutní hodnotu (tab. 6). To znamená, že tato známka nemusí odrážet reálnou pravděpodobnost výskytu. Slovní vyjádření (sloupec 3 v tab. 6) je používáno pro označení počtu poruch, které jsou předpokládány v průběhu realizace procesu/productu. Pokud máme k dispozici údaje z podobného procesu, je doporučeno tyto údaje využít pro stanovení známky hodnocení výskytu. [14]

Pravděpodobnost výskytu se musí vztahovat k určitému časovému období, které je předmětem zájmu. Je doporučeno vyjádření tohoto časového období v záhlaví analýzy. [13]

Tab 6) Kritéria hodnocení výskytu způsobu poruchy [13]

Výskyt způsobu poruchy	Klasifikace	Četnost	Pravděpodobnost
Velice slabý, Porucha je nepravděpodobná	1	$\leq 0,010$ na tisíc vozidel/objektů	$\leq 1 \times 10^{-5}$
Nízký,	2	0,1 na tisíc vozidel/objektů	1×10^{-4}
Poměrně málo poruch	3	0,5 na tisíc vozidel/objektů	5×10^{-4}
Střední,	4	1 na tisíc vozidel/objektů	1×10^{-3}
Občasné poruchy	5	2 na tisíc vozidel/objektů	2×10^{-3}
	6	5 na tisíc vozidel/objektů	5×10^{-3}

Vysoký, Opakující se poruchy	7	10 na tisíc vozidel/objektů	1×10^{-2}
	8	20 na tisíc vozidel/objektů	2×10^{-2}
Velmi vysoký, Porucha je téměř nevyhnutelná	9	50 na tisíc vozidel/objektů	5×10^{-2}
	10	≥ 100 na tisíc vozidel/objektů	$\geq 1 \times 10^{-1}$

3.2.3 Odhalitelnost (detekce) poruchy

Je to známka hodnocení, která souvisí s nejlepším nástrojem řízení detekce (tab. 7). Ten bývá uveden ve sloupci pro nástroje řízení detekce. Opět je to relativní známkování, stejně jako výskyt v rámci předmětu FMEA. [14]

Pravděpodobnost, že bude porucha včas detekována (na základě význačných vlastností, pomůcek nebo postupů obsažených v návrhu), aby se zabránilo poruše na úrovni systému, se odhaduje a určuje v pojetí s číslem RPN (kapitola 3.2.4). [13]

Namátkové kontroly kvality by neměly odhalit existenci izolovaného problému, a tudíž by neměly ovlivňovat známkování odhalitelnosti způsobu poruchy. [14]

Tab 7) Kritéria hodnocení detekce způsobu poruchy [13]

Detekce	Pravděpodobnosti detekce při řízení návrhu	Klasifikace
Téměř jistá	Při řízení návrhu se bude téměř jistě detekovat potenciální příčina/mechanismus a následný způsob poruchy	1
Velmi vysoká	Je velmi vysoká naděje, že se při řízení návrhu bude detekovat potenciální příčina/mechanismus a následný způsob poruchy	2
Vysoká	Je vysoká naděje, že se při řízení návrhu bude detekovat potenciální příčina/mechanismus a následný způsob poruchy	3
Středně vysoká	Je středně vysoká naděje, že se při řízení návrhu bude detekovat potenciální příčina/mechanismus a následný způsob poruchy	4
Střední	Je střední naděje, že se při řízení návrhu bude detekovat potenciální příčina/mechanismus a následný způsob poruchy	5
Nízká	Je malá naděje, že se při řízení návrhu bude detekovat potenciální příčina/mechanismus a následný způsob poruchy	6
Velmi nízká	Je velmi malá naděje, že se při řízení návrhu bude detekovat potenciální příčina/mechanismus a následný způsob poruchy	7
Slabá	Je slabá naděje, že se při řízení návrhu bude detekovat potenciální příčina/mechanismus a následný způsob poruchy	8
Velice slabá	Je velmi slabá naděje, že se při řízení návrhu bude detekovat potenciální příčina/mechanismus a následný způsob poruchy	9
Absolutně nejistá	Při řízení návrhu se nebude detekovat potenciální příčina/mechanismus a následný způsob poruchy	10

3.2.4 Rizikové číslo RPN (Risk Priority Number)

Podstatou metody FMEA (FMECA) je identifikovat a předcházet známým a potencionálním rizikům. Tato rizika mají různé priority. Hlavní myšlenka této metody je tedy tato rizika priorizovat. Existují tři složky (viz. kapitoly 3.2.1 až 3.2.3), které nám pomáhají určovat ukazatele priority daného rizika. Jejich vzájemným součinem dostáváme výsledné rizikové

číslo (RPN). [14] Je to jedna z metod kvantitativního hodnocení kritičnosti používaného k určení priorit při zaměřování se na zmírnění rizik (způsobů poruch). [13]

Existuje mnoho způsobů, jak definovat jednotlivé hodnoty těchto složek. Nejpoužívanější je použití číselných stupnic, tzv. kritérií (viz. tab. 5,6,7). Neexistuje žádný standard pro tato hodnocení. Nejčastěji jsou používány stupnice od 1 – 10 nebo 1 – 5. Hodnocení vyšší stupnice než je 1 – 10 se nedoporučuje. Je to z důvodu obtížné interpretace výsledků, které tak ztrácejí svou účinnost. Naopak rozmezí 1 – 10 je velice doporučováno, jelikož poskytuje snadnou interpretaci a přesnost při kvantifikaci hodnocení. [15]

Podle [14] není doporučeno používání prahové hodnoty čísla RPN pro určování potřeby přijímat opatření. Také vlastně neexistuje konkrétní hodnota RPN, která by vyžadovala mandatorní⁴ opatření.

Nejen velikost RPN má vliv na rozhodování, které riziko bude nejprve snižováno. Především má zde vliv závažnost způsobu poruch. To znamená, že pokud existují způsoby poruch, které mají totožné či podobné číslo RPN, tak by se pozornost měla zaměřit nejprve na ty způsoby poruch, které mají vyšší číslo závažnosti. [13] Konkrétní příklad je uveden v tab. 8. Řekněme, že zákazník zde zvolil mezní hodnotu RPN 100. Je tedy požadováno, aby dodavatel přijal opatření u objektu B, které má hodnotu RPN 112 (přesahuje mezní hodnotu). Nicméně prioritou by zde měl být objekt A. Ačkoliv jeho hodnota RPN nepřesahuje mezní hodnotu a je nižší než u objektu B, má vyšší hodnotu závažnosti 8. [14]

Tab 8) Příklad hodnocení dvou objektů [14]

Objekt	Závažnost	Výskyt	Detekce	RPN
A	8	2	6	96
B	7	4	4	112

Mezní hodnotu RPN tedy volí tým vždy dle svého nejlepšího uvážení. Je potřeba tomu opravdu věnovat velkou pozornost, protože nesprávně zvolená prahová hodnota může podpořit chybnou reakci, která způsobí, že členové týmu budou marnit čas ve snaze odůvodnit nižší známku hodnocení výskytu či detekce s cílem snížit celkové RPN. Tato reakce tak brání řešení skutečného problému a slouží pouze k udržení čísla RPN pod prahovou hodnotou. [14]

3.3 HAZOP

Studie nebezpečí a provozuschopnosti (HAZOP – HAZard and OPerability study) je strukturovaná analýza plánovaného či existujícího systému, procesu nebo operace. Cílem této analýzy je identifikovat zbývající rizika (v rámci tohoto systému, procesu nebo operace), která nebyla identifikována nebo navržena v dřívějších fázích. Rizika mohou být několika typů včetně osob a majetku (přímo na jeho místě nebo mimo něj). Je také důležité zvážit potenciální dopad na životní prostředí. [16]

„Je to strukturovaná a systematická technika zkoumání stanoveného systému s cílem:

- identifikovat rizika spojená s provozem a údržbou systému. Dotyčná nebezpečí nebo další zdroje rizika mohou zahrnovat jak nebezpečí, která se v zásadě

⁴ povinné, závazné, přikázané

vztahují pouze k bezprostřednímu okolí systému, tak nebezpečí s mnohem širší sférou vlivu, například některá nebezpečí pro životní prostředí,

- identifikovat potenciální problémy s provozuschopností a systému zejména identifikovat příčiny narušení provozu a výrobních odchylek, které pravděpodobně povedou k neshodným produktům.“ [17]

Principem této metody je používání tzv. vodících slov, které nám umožňují záměrně vyhledávat odchylky od stanovených cílů. Podle [17] existuje 7 základních typů vodících slov (tab. 9). Kromě těchto základních vodících slov můžeme samozřejmě použít i další dodatečná slova, která mohou souviset například s časem, pořadím nebo posloupností (tab. 10). Pro zjednodušení zkoumání se systém rozdělí do částí tak, aby pro každou tuto část bylo možné přiměřeně stanovit cíl nebo funkci projektu (velikost jednotlivých částí záleží na složitosti samotného systému). Menší části budou samozřejmě tam, kde očekáváme vysokou úroveň rizika. Naopak při očekávání nízké úrovně nám větší části urychlují studii. Každá část je následně zkoumána z hlediska jejich vlastností a odchylek od cíle projektu, což může vést k nežádoucím (nebo naopak žádoucím) následkům. [17]

Tab 9) Příklady základních vodících slov [17]

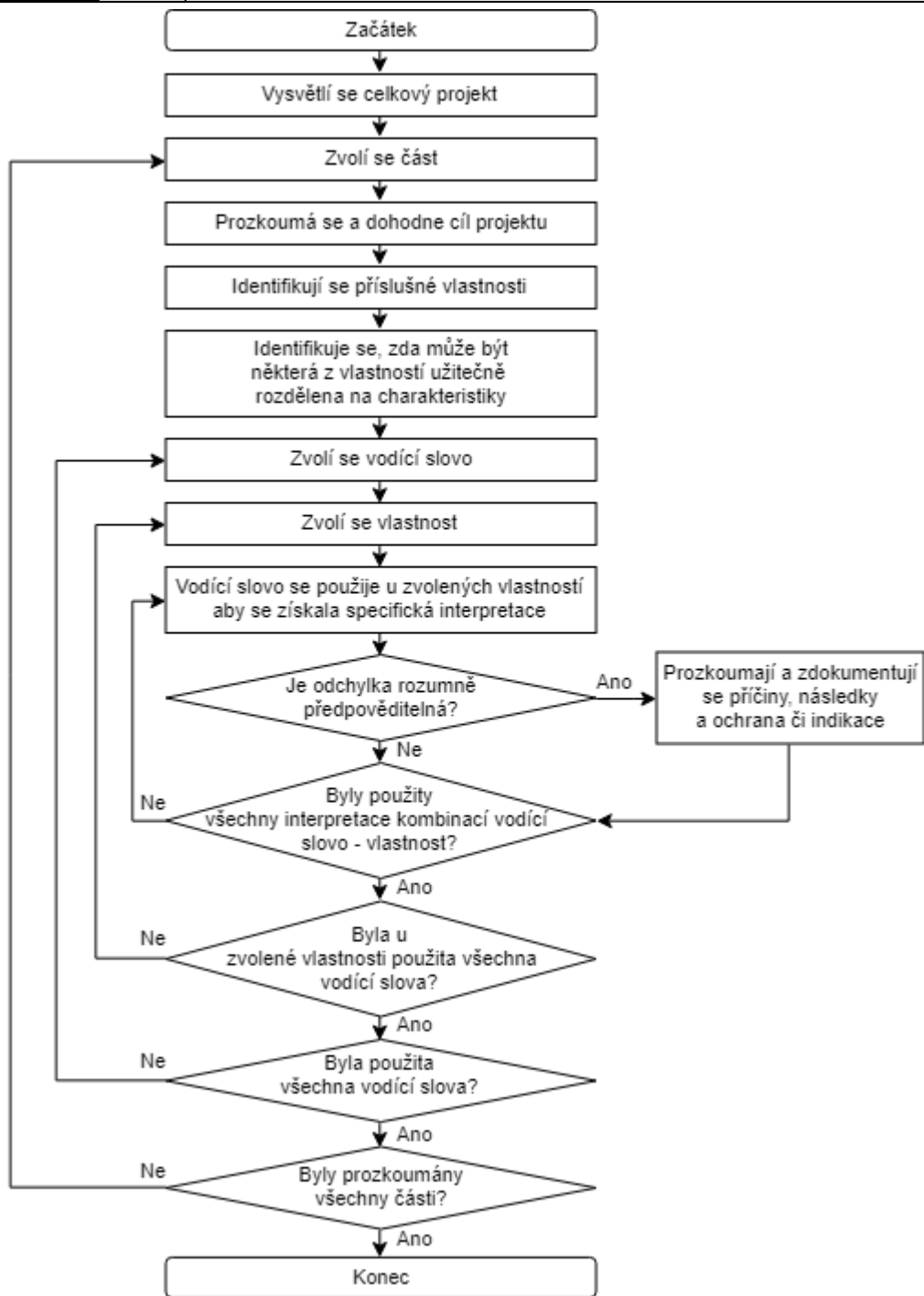
Vodící slovo	Obecný význam
ŽÁDNÝ, NENÍ ŽÁDNÝ NEBO NE	Úplná negace cíle projektu
VYŠŠÍ	Kvantitativní nárůst, kvantitativní plus
NIŽŠÍ	Kvantitativní pokles, kvantitativní mínus
A TAKÉ, JELIKOŽ I, A ROVNĚŽ	Kvalitativní nárůst, kvalitativní plus
ČÁSTEČNĚ	Kvalitativní pokles, kvalitativní mínus
OBRÁCENÝ, ZPĚTNÝ	Logický opak cíle projektu
JINÝ NEŽ	Úplná náhrada/záměna

Tab 10) Příklady dodatečných vodících slov [17]

Vodící slovo	Obecný význam
PŘEDČASNÝ	Vzhledem ke stanovenému času
ZPOŽDĚNÝ	Vzhledem ke stanovenému času
PŘED	Vzhledem k pořadí nebo posloupnosti
PO	Vzhledem k pořadí nebo posloupnosti

Jak uvádí [17], existují dva základní způsoby zkoumání. První možnou posloupností zkoumání je „nejdřív vlastnost“, druhou možností je „nejdřív vodící slovo“ (obr. 8). O tom, která z těchto dvou se použije, rozhoduje vedoucí studie. Jeho rozhodnutí může ovlivnit například povaha použitých technologií nebo potřeba flexibility při provádění zkoumání. [17]

Problémy s provozuschopností se projevují příslušnými následky prostřednictvím spolehlivosti a způsobu provozu zařízení, jako jsou například časové prostoje, poškozené vybavení nebo náklady na zmetky. Toto všechno pak vede k finančním ztrátám, jelikož je nutné provádět opravy či likvidaci zmetkových výrobků. [16]



Obr. 8) Vývojový diagram postupu zkoumání HAZOP – posloupnost „nejdřív vodící slovo“ [17]

3.3.1 Human HAZOP

Tato metoda vychází z původní metody HAZOP a liší se tím, že slouží k odhalení selhání lidského činitele. Stejně jako u původní metody jsou zde za pomoci vodících slov (tab. 11) hledány odchylky od stanovených cílů. Je také nezbytně nutné, aby členové týmu, kteří ji vypracovávají, zohlednili nejenom lidské chování. To znamená, aby také měli realistické chápání typického člověka jak v normálních, tak i v abnormálních podmínkách. [16]

Tab 11) Příklady vodících slov pro Human HAZOP [18]

Vodící slovo	Význam
NEPROVEDENO	Činnost neprovedena
OPAKOVÁNO	Činnost provedena vícekrát
MÉNĚ	Činnost provedena méněkrát nebo s menší intenzitou
VÍCE	Činnost provedena vícekrát nebo s větší intenzitou
DŘÍVE	Činnost provedena dříve
POZDĚJI	Činnost provedena později
TAKÉ	Provedena ještě jiná činnost
OBRÁCENĚ	Nedodržena správná posloupnost činností
JINÝ NEŽ	Provedena jiná činnost
ČÁST	Činnost provedena částečně

Při použití této metody je dobré znát více typů lidského selhání, protože mají různé příčiny a ovlivňující faktory a v důsledku toho existují způsoby, jak tomuto lidskému selhání zabránit nebo jej omezit. Tyto způsoby se stejně tak od sebe odlišují. Jedním takovým způsobem je zapojování zaměstnanců do vytváření pravidel. To zvyšuje jejich následné přijetí. Pravděpodobnost lidských selhání je určena také výkony ovlivňujících faktorů, jako je rozptýlení, časový tlak, pracovní zátěž, kompetence, morálka, hladina hluku a komunikační systémy. [19]

Jak uvádí [19], dva základní typy selhání člověka (nebezpečné činy), které následně vedou k závažným nehodám jsou:

1) Neúmyslné selhání

- Chyby (Errors) – jsou to neplánované akce, které se vyskytují během nějakého úkolu – například zapomenutí něco udělat, což je důležité zejména pro vykonání opravy, údržby, kalibrace a testování. Je nepravděpodobné, že by byly vyloučeny školením. Vhodné je pokusit se alespoň o jejich minimalizaci.
- Chyby (Mistakes) – jsou to také chyby, ale oproti předešlé skupině to jsou chyby v úsudku nebo rozhodování – dělat špatnou věc a myslet si, že je to správně. To se může objevit u situace, kde je chování založeno na pamatování si pravidel a známých postupů nebo u neznámé situace, kdy je rozhodnutí vytvářeno z prvních zásad a vedou k chybným diagnózám nebo špatným výpočtům. Na základě školení lze tyto chyby eliminovat.

2) Úmyslné selhání

- Porušení (Violation) – oproti výše zmíněným chybám se liší v tom, že se jedná o úmyslné selhání, jako je například zkrácení nebo nedodržení postupů (pravidel).
 - Situační – v důsledku faktorů, které jsou stanoveny pracovním prostorem (fyzické nebo organizační),
 - rutinní – chování v rozporu s pravidlem, postupem nebo pokyny, které se stalo běžným v rámci určité pracovní skupiny,
 - výjimečné – tyto případy jsou vzácné a dochází k nim pouze při neobvyklých a zvláštních okolnostech, často když se něco pokazí v neočekávané (např. nouzové) situaci,
 - škodlivé (sabotáže) – úmyslné poškození, ačkoli příčiny jsou zde komplexní – od vandalismu přes demotivovaného zaměstnance až k terorismu.

Existuje také několik chyb, které vytvářejí hlavní hazardní místa při hodnocení lidského faktoru. To podle [19] zahrnuje:

- zacházení s operátory, jako by byly nadlidské bytosti schopné hrdinsky zasahovat do mimořádných událostí,
- poskytnutí přesných pravděpodobností selhání člověka (obvykle velmi malá pravděpodobnost selhání) bez jakékoliv dokumentace či zdrojů dat,
- předpoklad, že operátor bude vždy přítomen, zjistí problém a okamžitě provede příslušná opatření,
- předpoklad, že se lidé budou vždy řídit postupy a pravidly,
- úplné ignorování lidské složky, kdy nejsou brány v potaz lidské výklony při hodnocení rizik, což vede k domněnce, že zde není potřeba lidská obsluha.

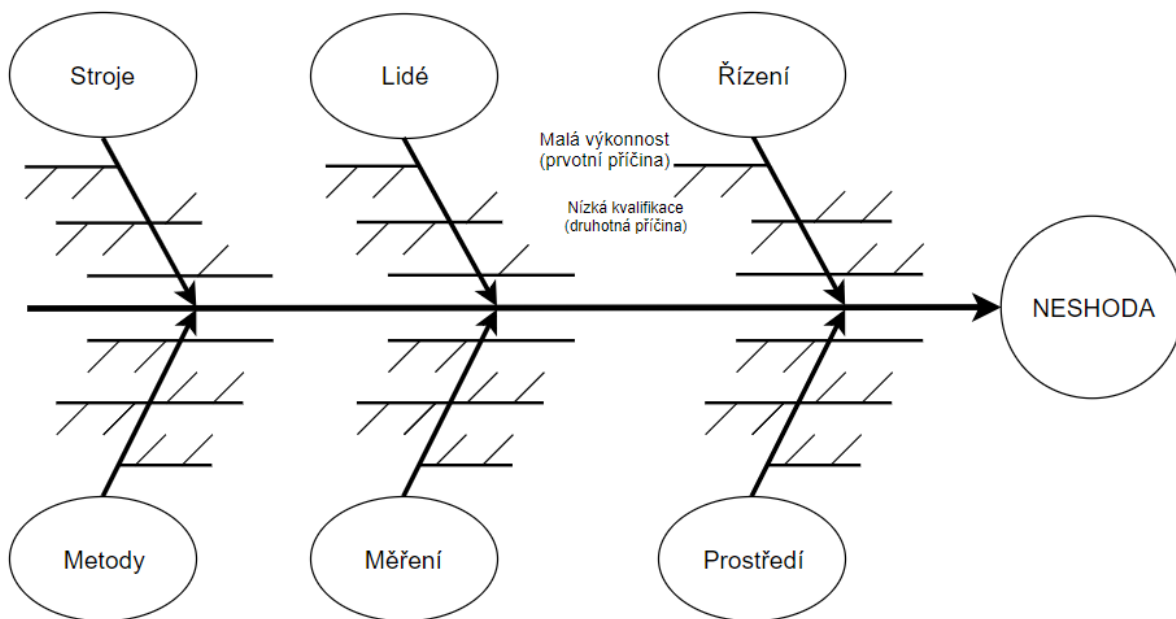
3.4 Diagram příčin a důsledků (Ishikawa)

Tento diagram je známý hlavně díky svému tvaru rybí kosti (obr. 9), ve kterém se zobrazuje. Principem tohoto zobrazení je, že „hlavou“ rybí kosti je problém (následek), který máme za úkol řešit. Z této hlavy vede hlavní páteř, na kterou navazují jednotlivé kategorie příčin (metody, lidé, stroje atd.) a na každou tuto kategorii se napojují konkrétní příčiny. [9]

Tento diagram má širokou oblast využití nejen v oblasti řešení problémů. Diagram je díky své univerzálnosti často využíván při tzv. Brainstormingu.

Podle [20] existuje 8 základních dimenzí (8M), které jsou využívány ve výrobě při hledání příčin:

- lidé (Man power – People),
- metody (Methods),
- stroje (Machines),
- materiály (Materials),
- měření (Measurements),
- prostředí (Mother nature – Enviroment),
- management,
- údržba (Maintenance).



Obr. 9) Příklad diagramu Ishikawa [20]

3.5 Metoda BOMECH

Metoda BOMECH je komplexní bodová metoda používána pro hodnocení rizik strojů, zařízení nebo pracovišť. Lze ji použít také pro vyhodnocení rizik při vykonávání pracovní činnosti. K dosažení objektivního hodnocení se u této metody doporučuje její vypracování v týmu nejméně 3 lidí. [21]

Princip metody spočívá nejprve v zaznamenávání nebezpečných činitelů, zdrojů rizik a jejich následků. Následně se pro každé riziko provede hodnocení následujících kritérií [21]:

- N – nejpravděpodobnější následek ohrožení,
- O – nebezpečný činitel ohrožuje současně osob za směnu,
- P – pravděpodobnost vzniku nebo existence nebezpečného činitele,
- E – expozice rizika – nebezpečný činitel ohrožuje bezprostředně člověka za rok hodin,
- R – při vzniku nehody je ochranná reakce před ohrožením zdraví,
- Z – zátěž člověka, resp. nároky na fyzické a psychické vlastnosti,
- K – nároky na bezpečnostní kvalifikaci pracovníka,
- I – identifikovatelnost rizika, tzn. poznatelnost, zřejmost, očekávání vzniku úrazu,
- D – dynamičnost rizika, tzn. možnost zvyšování rizikovosti,
- V – vliv pracovních podmínek na zvýšení nebezpečnosti nebezpečného činitele.

Jakmile se vyplní všechna kritéria, provede se součet bodů u každého prvku, což nám dává hodnotu koeficientu nebezpečnosti k_N . Podle této hodnoty se následně vyhodnotí kategorie rizika, do které spadá (tab. 12). Vzorový formulář je zobrazen v příloze 1. [21]

Tab 12) Kategorie rizik podle dosažených bodů [21]

Počet bodů	Kategorie	Doporučení
více než 200	A – katastrofální	Akutní nebezpečí, ihned najít řešení
151 – 200	B – kritická	Velké nebezpečí, řešit co nejdříve
101 – 150	C – střední	Významné riziko, nutno řešit brzy
51 – 100	D – mezní	Opatření nutno provést podle pořadí významnosti
méně než 50	E – rušivá	Malé riziko, nutno řešit dle podmínek

4 BAREVNÉ KONCENTRÁTY (MASTERBATCHE)

Barva představuje unikátní optickou vlastnost produktu a je zároveň silným emocionálním faktorem. Lidské oko dokáže rozlišit milióny odstínů. Kromě toho je také schopno rozeznávat a rozlišovat různé zvláštnosti povrchu produktu, mezi které patří třeba třpyt, zrnitost, jas či metalický a perleťový vzhled. [22]

Úspěšné zbarvení plastových částí, počínaje formulací přípravy barev a končící výrobou konečného výrobku, je výsledkem vzájemného působení chemických, fyzikálních a technologických faktorů. Důkladné znalosti těchto faktorů a jejich vzájemné propojení včetně zohlednění národních a mezinárodních předpisů jsou předpokladem pro každého, kdo pracuje při jejich výrobě. V každém průmyslovém odvětví, ve kterém se plasty využívají, jsou různá specifika. Často mají zákazníci také specifické požadavky, které vyžadují intenzivní komunikaci. Je to z důvodu toho, že některé požadavky se mohou vzájemně vyloučit, působit proti sobě nebo dokonce nemohou být splněny. [2]

Jak již bylo řečeno, barevné koncentráty neboli masterbatche (MB) (obr. 10) jsou přísady používané pro barvení plastů. Celkem existují tři formy vyráběných MB a jsou to granulované, tekuté a práškové. [2]

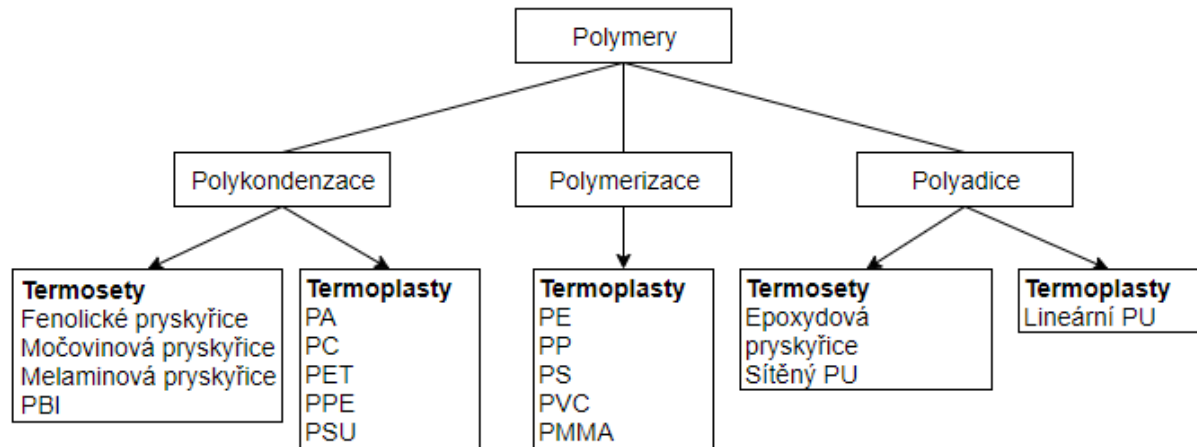
Výsledek procesu barvení lze vidět u nespočtu plastových výrobků po celém světě například v automobilovém průmyslu, elektrotechnice, lékařských přístrojích, stavebnictví a v mnoha dalších. [22]



Obr. 10) Masterbatche (MB) [24]

4.1 Polymer

Plasty patří do velké skupiny makromolekulárních sloučenin obvykle nazývaných polymery. Podle jejich chemického složení se dají rozdělit na organické a anorganické. Kromě tohoto dělení lze polymery rozdělit i podle jejich charakteristických produkčních metod (obr. 11). [2]



Obr. 11) Rozdělení polymerů podle produkčních metod [2]

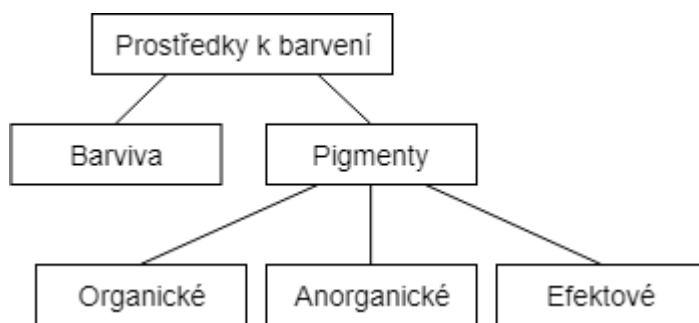
Na úplném začátku procesu barvení je nutné určit, pro který polymer chceme barvu vyvíjet, tzv. základní materiál (také označován jako nosič). Každý typ polymeru se totiž probarvuje trochu jinak. Dobrým příkladem je například ABS. Barva tohoto polymeru se pohybuje od čiré až bledě žluté v závislosti na stupni polymerace a výrobci. Jasnější a čistější barvy lze snadno získat v barvách, které jsou transparentní zatím co ty, které jsou žluté a nejsou transparentní, vyžadují více barviva k překrytí polymeru. Jasnější a čistější odstíny jsou obtížněji dosažitelné u těch polymerů, které mají inherentní barvu a nejsou transparentní. To nám určuje výběr pigmentů nebo barviva včetně jejich množství, které se má následně použít pro obarvení polymeru. Tyto údaje by měl udávat výrobce daného typu polymeru. [24]

Typ polymeru je ve většině případů stanoven zákazníkem a závisí na požadovaných vlastnostech konečného výrobku. Pro správný vývoj barvy se dokládá vzorek zamýšleného polymeru společně s jeho materiálovým listem. Pouze tehdy se docílí správného vývoje požadované barvy. Důležitým kritériem je procesní teplota jednotlivých polymerů, které mají být zpracovány. Ta nám následně ovlivňuje výběr vhodného prostředku k barvení. Příkladem procesních teplot jsou 160 – 200 °C pro PVC, 200 – 250 °C pro PE a 250 – 290 °C pro PA. [2]

4.2 Prostředky k barvení

Vnímání barev vyplývá ze skutečnosti, že existují látky, které odrážejí nebo absorbují světlo. Absolutní odraz světla odpovídá bílé barvě, naopak absolutní absorpce je vnímána jako barva černá. Jasně barvy jsou výsledkem pigmentů a barviv, které odrážejí a absorbují světlo. Rozdělení těchto prostředků je zobrazeno na obr. 12. [2]

Barvy jsou samy o sobě tak unikátní a individuální, že stejná musí být i jednotlivá složení. Ani u standardních barev neplatí, že by existovala pouze jedna receptura. [24]



Obr. 12) Rozdělení prostředků k barvení [22]

4.2.1 Organické pigmenty

Obecně jsou pigmenty definovány jako částice nerozpustné v polymeru. Skupina organických pigmentů obsahuje širokou paletu pigmentů vhodných k barvení. Tato rozmanitost je důsledkem jejich chemie, protože v rámci organické chemie nejsou jen mnohem podstatnější složky, ale navíc mohou být měněny nahrazením jejich substituentů, které jsou téměř neomezené. Výsledkem je mnoho barev s odlišným odstínem. Nicméně v praxi je tento počet komerčně nabízených barviv omezen (ekonomické, technické, toxikologické důvody). [2]

Organické pigmenty lze rozdělit na dvě základní skupiny a to podle chemického složení nebo podle barvy. Dále se pak tyto skupiny dají ještě rozdělit například podle strukturálních charakteristik na tzv. azo pigmenty a polycyklické pigmenty. Vedle těchto dvou skupin existují ještě samostatné pigmenty, které nespádají ani do jedné z nich (kovové komplexní pigmenty, isoindolinové pigmenty atd.). [2]

4.2.2 Anorganické pigmenty

Paleta anorganických pigmentů vhodných k barvení polymerů je oproti organickým pigmentům malá. Existuje několik základních chemických vzorců, které jsou k dispozici v mnoha variantách. Díky tomu se paleta zdá větší, než opravdu je. Dva nejdůležitější anorganické pigmenty jsou oxid titaničitý (TiO_2) pro bílé barvy a saze pro barvy černé. Ty se používají nejen pro tyto čisté barvy, ale také pro stínování, například zesvětlení či ztmavení barevného odstínu. [2]

Vynikající vlastnosti (vysoká teplotní a světelná stálost, kryvost atd.) a poměrně nízké ceny jsou důvody, proč se tyto pigmenty používají. [22]

4.2.3 Efektové pigmenty

Nejzajímavějších efektů je docíleno tehdy, jsou-li do barveného plastu zapracovány tzv. efektové pigmenty. Například čistě kovového efektu (vzhledu) lze dosáhnout jen tehdy, pokud má základní materiál vysokou transparentnost. Další z efektů může být dosažen třeba u vstřikovaných součástí, kdy aplikací těchto pigmentů mění svou barvu při pohledu z jiného úhlu. Příkladem efektových pigmentů je hliníkový nebo bronzový prášek pro neprůhledně kovový efekt, perleťové pigmenty pro perleťový efekt atd. [22]

4.2.4 Barviva

Na rozdíl od pigmentů jsou barviva definována svou rozpustností v polymeru. Jsou dostupná v rozsáhlém barevném spektru a obecně se spojují s dobrou teplotní odolností a světelnou stálostí. Jsou preferována pro transparentní barvy v transparentních plastech, nicméně jejich použití je limitováno tendencí migrace do mnoha plastů a relativně vysokou cenou. [22]

Podobně jako pigmenty se barviva dělí na organická a anorganická, ale na rozdíl od anorganických pigmentů neexistují anorganická barviva pro barvení plastů (systematické důvody). Proto se pro barvení používají pouze barviva organická. [2]

4.3 Aditiva

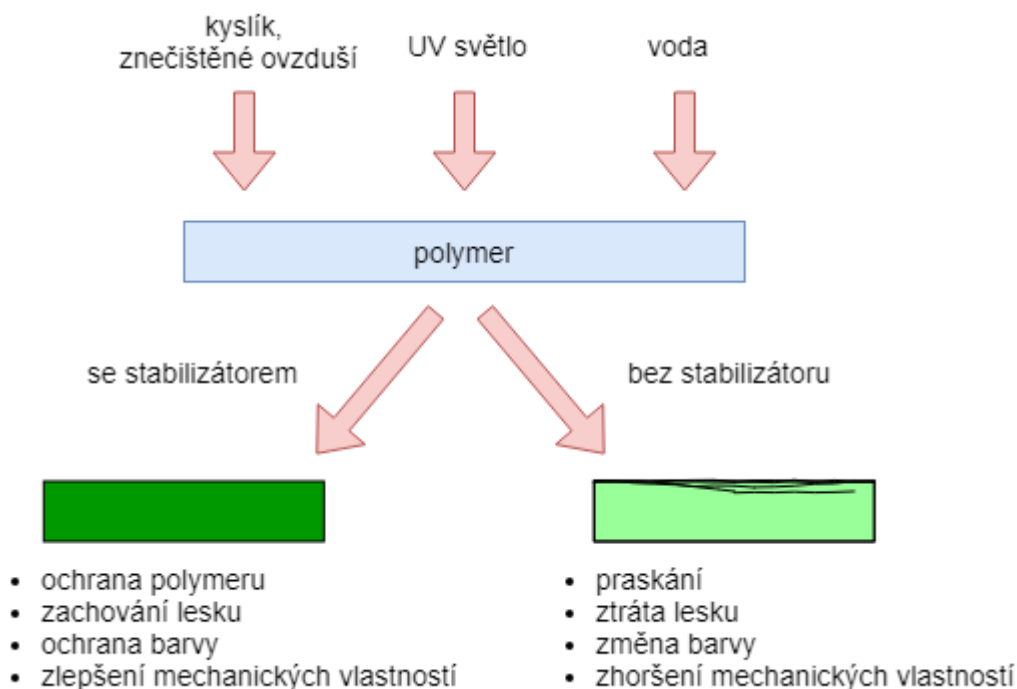
Někdy během zpracování jsou přidávány přídavné látky (aditiva) pro optimalizaci specifických vlastností daného polymeru. Tento proces je zcela běžný a v zásadě existují dva způsoby, jak aditiva do polymeru přidat. U prvního způsobu je přidávání aditiv přímo s barvivem při výrobě MB, u způsobu druhého se pak aditiva přidávají jako samostatná šarže. Některá aditiva dokonce musí být začleněna již při výrobě polymeru, jelikož je u nich vyžadována vysoká koncentrace. Příklady takových aditiv jsou uvedeny v následujících kapitolách. [2]

4.3.1 Světelné stabilizátory

UV světlo, kyslík, znečištěný vzduch a voda jsou iniciátory, které začínají stárnutí (degradaci) polymerů (obr. 13). V závislosti na typu polymeru, jeho morfologii a složení tento proces může probíhat s různou rychlostí. To má za následek nejen negativní změnu vizuálního vzhledu plastů, ale i změnu jejich mechanických a fyzikálních vlastností. Vícenásobná aplikace použití polymerů může být velmi omezena bez použití těchto stabilizátorů. Světelné stabilizátory lze kombinovat s jinými aditivy nebo i společně (UV + HALS). Taková kombinace umožňuje současně zabránit několika škodlivým mechanismům, což má za následek synergický efekt. [22]

Příklady používaných světelných stabilizátorů jsou [22]:

- UV stabilizátory – benzofenony, benzotriazol,
- HALS (Hindered Amine Light Stabilizers) – monomerické, polymerické.



Obr. 13) Atmosférický dopad na plasty [22]

4.3.2 Látky zpomalující hoření

Některé aplikace vyžadují, aby byly konečné plastové výrobky modifikovány látkami, které zpomalují nejen hoření, ale také tvorbu dýmu nebo spalování daného výrobku. Na rozdíl od ostatních aditiv však tyto látky zhoršují mechanické vlastnosti polymeru. [22]

Koncentrace těchto aditiv závisí na chemii použité látky, typu polymeru a klasifikační skupině. [2]

Látky používané pro zpomalování hoření jsou [2]:

- hydroxid hlinitý,
- boritany zinku,
- červený fosfor,
- oxid antimonitý.

4.3.3 Antistatická činidla

Rychle rozšiřující se vývoj a využití plastů v oblasti strojírenství vděčí svým velmi dobrým elektricky izolačním vlastnostem. S tím může být spojena vysoká povrchová odolnost, která však má za následek vznik elektrostatického náboje na povrchu součásti. Ten přitahuje prach, který se může na daném povrchu hromadit. [22] Tento problém může být vyřešen právě přidáním (0,1 – 0,3%) antistatického činidla již při procesu přípravy barvy. [2]

Používaná antistatická činidla jsou [2]:

- estery⁵ mastných kyselin,
- estery etoxylovaných mastných kyselin,
- alkylaminové deriváty⁶,
- alkylsulfonáty.

4.3.4 Nukleační činidla

Nukleační činidla zvyšují tendenci určitých semikrystalických termoplastů rychleji krystalizovat během chlazení. To má za následek zlepšení mechanických vlastností jako například tuhost nebo transparentnost. [22] Potřebné koncentrace jsou v konečném produktu v rozmezí 0,1 – 0,2%. [2]

Používaná nukleační činidla jsou [2]:

- DBS (dibenzylidensorbitol) – v PP,
- benzoát hlinitý, mastek – v polyolefinech,
- vápenaté a lithiové soli vyšších alifatických uhlíkových kyselin – v PA.

4.3.5 Plniva

Mnoho technických plastových částí musí mít vysokou mechanickou pevnost, někdy v kombinaci s dobrou stálostí při použití za vyšších teplot. Tento cíl je dosažen přidáním plniv, které obvykle provádí výrobce daného polymeru. Potřebná koncentrace se pohybuje mezi 5 – 60%. [2]

⁵ Organická sloučenina (-OH skupina karboxylové kyseliny je nahrazena organickým zbytkem vzniklým z alkoholu po odštěpení vodíku z OH skupiny).

⁶ Sloučenina, která je vytvořena z podobné sloučeniny náhradou jednoho atomu jiným atomem nebo skupinou atomů.

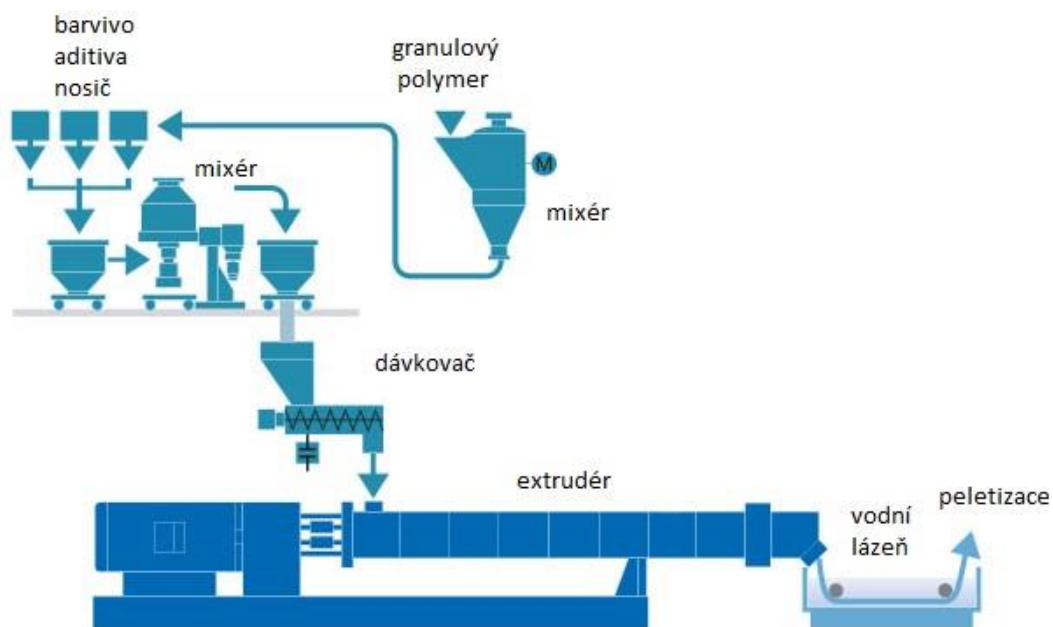
Plniva používaná ke zpevnění polymerů jsou [2]:

- skelná vlákna,
- uhlíková vlákna,
- síran barnatý,
- silikáty.

4.4 Výroba granulovaného MB

Nejvíce vyráběným a používaným typem MB je jeho granulovaná forma. Jak již bylo řečeno, pokud je to nutné nebo pokud to vyžaduje zákazník, přidávají se do něj také různé přísady jako stabilizátory, nukleační a antistatická činidla a podobně. Koncentrace jednotlivých složek a přísad se liší například podle požadovaných vlastností, požadované intenzity barvy případně její transparentnosti. [2]

Obecné schéma produkce granulovaných MB je zobrazeno na obr. 14. V prvním kroku se přesně naváží vstupní suroviny dle receptury a smíchají dohromady v mixéru (homogenizéru) pro vytvoření homogenní směsi. Ve druhém kroku se tato směs přidá k naváženému polymeru a pečlivě promíchá. Zde lze použít stejný typ mixéru, jako u předchozího kroku. Ve třetím kroku následuje extruze. [2] Jak uvádí [22], nejrozšířenějším způsobem je v dnešní době extruze na šnekovém extruderu – jednošnekovém nebo dvoušnekovém. Posledním krokem v procesu výroby granulovaných MB je samotná peletizace. V zásadě existují dvě různé metody. První a preferovanější metodou je vytvoření strun, jejich ochlazení ve vodní lázni a následné sekání na válcovité pelety. Druhou metodou je řezání otáčením nožů a chlazením ve vodní lázni přímo v okamžiku, kdy směs (tavenina) vychází z otvorů hlavy extrudéru. Výsledkem jsou pelety ve tvaru čočky. [2]



Obr. 14) Schéma produkce granulovaného MB [25]

4.5 Výroba tekutého MB

Příprava tekutého MB je velice podobná, jako příprava toho granulovaného. Rozdíl spočívá v tom, že místo polymeru je zde jako nosič používáno kapalné pojivo. Vedle dvou hlavních složek – pojiva a barviva, může kapalný přípravek stejně jako granulovaný obsahovat další přísady, jako jsou stabilizátory, nukleační a antistatická činidla a další. Typickými pojivy jsou zde například mastné kyseliny, parafinový olej a změkčovadlo. Ty se používají samostatně, nebo v kombinaci a jejich výběr závisí na typu polymeru, který má být probarvován. [2]

Proces produkce začíná opět navážením vstupních surovin podle receptury, které jsou následně míchány s pojivem, volně dispergovány a na konci procesu mlety. Mletí zde není bráno v pravém smyslu procesu, nýbrž jen jako úplné rozptýlení barviv v daném pojivu. [2]

4.6 Kolorimetrie

Metrologie nebo měření barvy, obecně známé jako kolorimetrie, je ve své podstatě kvantifikace barev. Je založena na principech optické metrologie – věda, zabývající se měřením světla. Kolorimetrie je prvním krokem při začleňování vědy o barvách do technologií barvení plastů. Jelikož je barva předmětem a záření je viditelné záření, je zřejmé, že nejzákladnější metodou kolorimetrie je „měření“ lidským okem. [24]

Z každodenních zkušeností je známo, že dva barevné vzorky se lidskému oku mohou jevit jako zcela stejné, přestože z hlediska spektrální charakteristiky stejné nejsou. Takovému jevu se říká metamerismus a má velmi důležitou roli při vnímání barev. Barva je subjektivní pocit lidského vizuálního systému (oko a mozek), který závisí na třech faktorech – zdroj světla, objekt a pozorovatel. [22]

Podle [24] existují tyto základní druhy kolorimetrie:

- vizuální kolorimetrie (lidským okem),
- kolorimetrie simulací vizuálním kolorimetrem – analogovou, digitální,
- spektrokolorimetrie.

5 SPOLEČNOST LIFOCOLOR S.R.O.

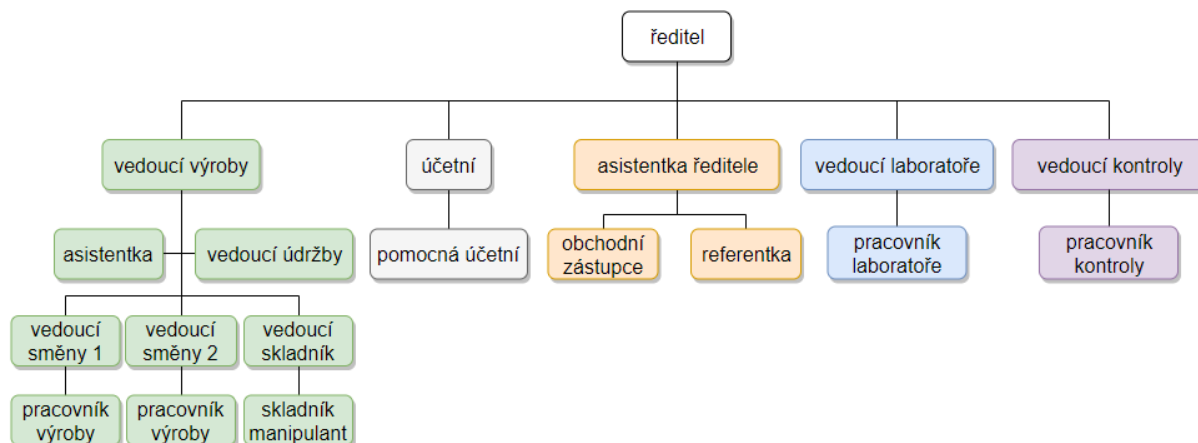
Firma Lifocolor, s.r.o. je dceřinou společností německého výrobce, firmy Lifocolor Farben (Lichtenfels, Německo) a patří mezi zavedené a inovativní zakázkové výrobce barevných koncentrátů. Pobočka v České Republice byla založena v roce 1993, jako společnost se zahraniční majetkovou účastí, s jedním společníkem – firmou Lifocolor Farben.

V roce 2015, po více než 15 letech působení společnosti na ulici Olomoucká v Brně, se firma přestěhovala do nově vystaveného moderního areálu výrobního závodu v průmyslové zóně Černovické terasy. V současné době má závod v Brně celkem 32 pracovníků.

Závod je vybaven zařízením, které umožňuje výrobu šarží o velikosti 5 – 5000 kg. Vyráběné barevné koncentráty jsou používány především pro inženýrské plasty, polyolefiny a pro styrenové plasty, které jsou následně určeny prakticky do všech oborů (automobily, stavebnictví, nádoby a nádrže, kancelářské potřeby, elektro, fólie, obaly, zahrada a domácnost, spotřební zboží, nábytek, farmacie, hračky, sport a volný čas).

Vyvinuté a laboratorně i provozně otestované receptury různých barevných odstínů vytvářejí základní vzorník firmy obsahující více než 40 tisíc zdokumentovaných receptur, které lze ihned využít.

Od roku 2017 je společnost Lifocolor, s.r.o. držitelem certifikátů dle ISO 9001:2015 a ISO 14001:2015. Na obr. 15 je zobrazeno organizační schéma.



Obr. 15) Organizační schéma společnosti Lifocolor, s.r.o.

5.1 Výrobní sortiment

Společnost Lifocolor, s.r.o. vyvíjí a dodává optimalizovaná řešení pro barvení, stabilizaci a funkcionalizaci zákaznických plastů. Zpracovávají se zde následující druhy plastů:

- Polyolefín (PE, PP),
- Polyester (PET),
- Technické polymery (PA, PC),
- Styrenové plasty (PS, ABS),
- Termoplastické elastomery.

5.1.1 Masterbatche

Největší část sortimentu společnosti Lifocolor, s.r.o. zahrnuje výrobu granulovaného masterbatche přesně podle požadavků zákazníka pro různé druhy komoditních a technických plastů. V interní knihovně se nachází přes 40 tisíc druhů receptur, díky kterým lze dosáhnout přesně požadovaného odstínu. Vyroběný MB je následně dodán k zákazníkovi, který ho použije pro barvení svého materiálu.

Zákazník může do požadavků zahrnout i stabilizaci. To znamená, že u svého výrobku požaduje například vyšší odolnost vůči vnějším vlivům. Toho se dosáhne přidáním příslušných aditiv již při vývoji požadovaného odstínu.

Stejně tak může zákazník požadovat funkcionalizaci. To je požadavek na určité vlastnosti, které zpracováváný polymer sám o sobě nemá a je potřeba mu je dodat. Příkladem může být umožnění popisu laserem či svařování vyrobených plastových součástí. Toho se opět dosahuje přidáním příslušných aditiv.

5.1.2 Kompaundy

Jako další do výrobního sortimentu spadají tzv. kompaundy. To jsou již obarvené zákaznické materiály. Do firmy se tedy dostane požadavek na barvení a společně s ním zašle zákazník i svůj materiál. Ten se po vývoji odstínu i nabarví a zákazník tak dostává již hotový a nabarvený výrobek.

5.1.3 Barvení

Existuje i varianta, kdy má zákazník svůj materiál i svůj MB, nicméně nemá prostředky na to, aby si tento materiál i sám obarvil. V takovém případě zašle s požadavkem na obarvení základní materiál i s příslušnými prostředky na barvení.

5.1.4 Aditiva

Firma nabízí nejen zakázkovou výrobu MB včetně všech různých modifikací, ale také prodej samotných aditiv.

5.2 Obchodní oddělení

Obchodní oddělení zajišťuje především komunikaci se zákazníkem. To zahrnuje řešení aktuálních zakázek, zajišťování nových zakázek a tvoří se zde cenové nabídky. Náplní pracovníků tohoto oddělení je také zadávání poptávek a objednávek do informačního systému. Je zde neustálá komunikace mezi obchodním oddělením, laboratoří a výrobou.

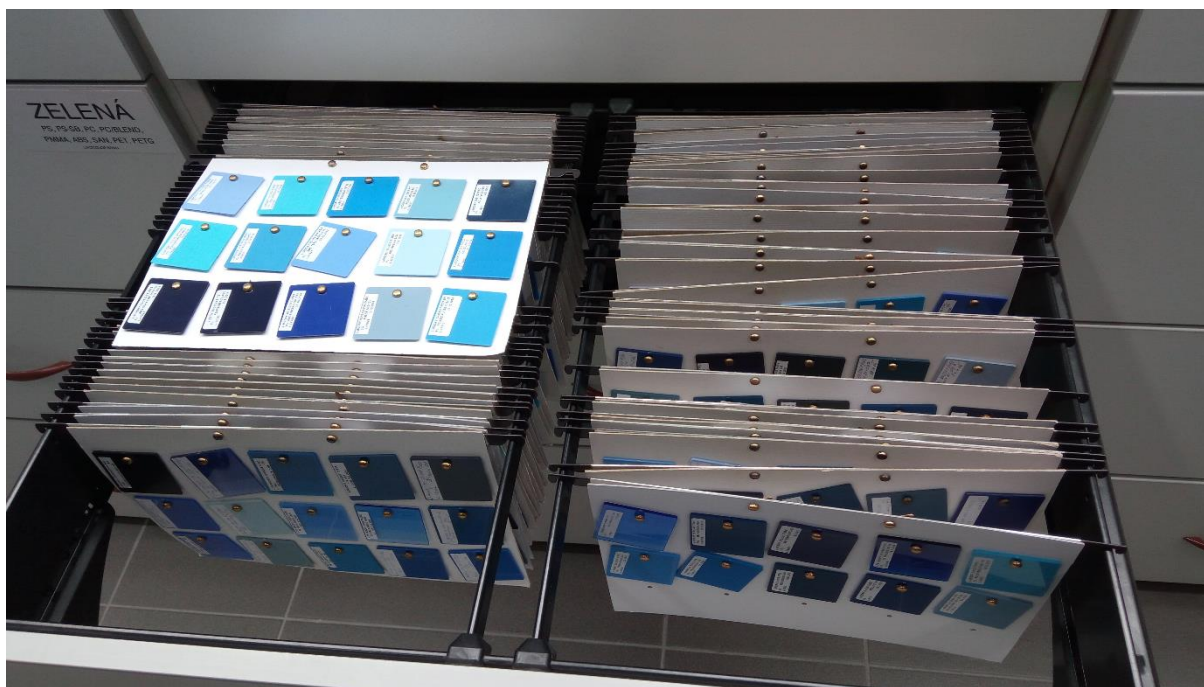
5.3 Vývoj – laboratoř

Na tomto oddělení vznikají nové produkty (masterbatche). Vstupem je přesně specifikovaný požadavek (poptávka) od zákazníka, který může zahrnovat také požadavek na stálost při povětrnostních podmínkách, nízkou cenu, speciální aplikace či speciální aditiva.

V případě požadavku na speciální aplikace, které firma není schopna zajistit, se tato poptávka zadává do mateřské firmy Lifocolor Farben do Německa. Vývoj probíhá vždy na míru, což znamená, že zákazník spolu s poptávkou dodá vzorek svého materiálu, do kterého chce danou barvu doladit. V případě, že poptávka je v pořádku (nejsou zde žádné nejasnosti)

a jsou na skladě k dispozici všechny potřebné suroviny, může vedoucí laboratoře s ohledem na termíny začít vytvářet plán vývoje v laboratoři.

Prvním krokem samotného vývoje nového odstínu je, že pracovník laboratoře (kolorista) dle poptávky a předlohy vyhledá nejbližší a nejvhodnější odstín v archivu doladěných vzorků (obr. 16). V případě, že odstín je zadáný dle standardních vzorkovnic (RAL, PANTONE), vybírá pracovník odstín ze seznamu v informačním systému. U speciálních aplikací se někdy používá receptorovací program Colibri. Ten na základě provedeného měření spektrálních křivek navrhne nejlepší kombinaci vstupních surovin.



Obr. 16) Ukázka destiček z archivu doladěných vzorků

Jakmile má vybraný odstín, vezme jeho recepturu a provede korekturu. Následuje kontrola. Je-li v pořádku, může začít fyzicky doladřovat. Dle korigované receptury naváží s přesností na 0,1g potřebné množství surovin, které následně zhomogenizuje na laboratorním extrudéru (obr. 17). Následně provede na vstřikovacím lisu výrobu zkušebních destiček a to probarvením předepsaného základního polymeru požadovaným množstvím MB. Správně probarvené destičky porovná s předlohou a ty špatně probarvené eliminuje. Jestliže odstín nevyhovuje, pokračuje dalším pokusem, podle již zmíněného postupu. Pokud odstín vyhovuje, zaznamená to kolorista do receptury a provede identifikaci (přidělí číslo odstínu). Výstupem je vzorek MB (granulát) a kontrolní destička, která se odešle zákazníkovi na validaci.



Obr. 17) Laboratorní extrudér

Z každého doladování se archivuje předloha, vzorek (pytlík) MB, jedna destička z každého neúspěšného pokusu a všechny destičky z finálního pokusu. Ukázka archivovaných komponent pro je na obr. 18.



Obr. 18) Komponenty pro archivaci

Seznam testů prováděných v laboratoři:

- 1) Standardní:
 - vizuální kontrola,
 - měření na spektrofotometru,
- 2) Nestandardní:
 - měření na mikroskopu,
 - měření indexu toku,
 - stanovení obsahu nespalitelných zbytků v plastu,
 - Koflerova lavice – zjištění bodu tání/měknutí plastů.

5.4 Výroba

Vstupem do výrobního procesu je výrobní zakázka, která je zadána obchodním oddělením v informačním systému. Vedoucí výroby ji po kontrole zaplňuje do výrobního plánu s ohledem na termín dodání. Výrobní hala má 5 výrobních linek – extrudérů (obr. 19).

Výroba začíná ve vážárně (skladu), kde skladník podle VP (výrobního příkazu) a výrobního plánu naváže potřebné množství vstupních surovin. Pořadí je určeno danou recepturou. U každé položky přiloží do VP vážní lístek s jednotlivými hmotnostmi. Suroviny následně zamíchá (malé šarže v plastovém sudu na míchacím stroji, velké šarže na homogenizačním zařízení) a označí štítkem s číslem výrobku. Tato příprava se provádí s dostatečným časovým předstihem před vlastním výrobním procesem.

Pracovník výroby dle výrobního plánu a výrobního příkazu připraví výrobní linku k výrobě. Provede čištění stroje podle příslušného pracovního postupu a nastaví vhodné parametry linky a granulátoru. Podle pokynů na VP vyrobí požadované množství výrobku. V případě požadování průběžné kontroly pracovník odebere po vyrobění prvních cca 50 kg vzorek, který zhomogenizuje a předá do laboratoře ke kontrole (proces výroby se nezastavuje). Homogenizace je zde velmi důležitá a v případě, že by ji neudělal, hrozí, že by kontrola nemusela vyjít. V dalším případě by kontrola mohla vyjít i přesto, že by výrobek neměl požadované parametry.

Pokud je z historie výroby daného koncentráту zřejmé, že se barva pravděpodobně nebude korigovat, pracovníci mohou vyrobené množství napytlovat s tím, že se dbá na to, aby byl granulát suchý. Pytle s granulátem se označí štítkem a pro rychlejší identifikaci ještě číslem barvy na horní hraně pytle. Nezkontrovaný výrobek se uloží na vyhrazeném, označeném místě ve skladu. U problematických koncentrátů, nebo pokud je granulát vlhký, se čeká na vyjádření laboratoře. Po kontrole a odsouhlasení laboratoří se finální výrobek přemístí do skladovacího prostoru hotových výrobků.



Obr. 19) Výrobní linky

5.5 Kontrola

Ve firmě probíhají tři základní druhy kontrol, které se provádí v laboratoři – vstupní, interní a výstupní.

Vstupní kontrola probíhá při přejímání materiálu od dodavatele. Podle dodaného materiálu připraví vedoucí laboratoře poptávku na testování surovin. Pověřený pracovník odebere vzorek dodaného materiálu a společně s jeho dokumentací ho odevzdá do laboratoře. Podle příslušného pracovního postupu naváží pracovník laboratoře vzorek materiálu do testovací směsi (1% TiO₂ + HDPE⁷) a provede extruzi. Z extrudovaného vzorku pak vyrobí zkušební destičky na vstřikovacím lisu. Hotové destičky (15 – 20 stejných) změří na spektrofotometru s geometrií d8 (měření provádí k uloženému standardu) a provede vyhodnocení dle tabulky tolerancí. V případě, že tolerance jsou uvnitř tolerančního pole, uvolní materiál a vyplní záznam o uvolnění. Jsou-li tolerance mimo toleranční pole, postup kontroly opakuje. Pokud ani po opakované kontrole materiál nevyhovuje, dojde k jeho reklamaci u dodavatele.

Používají se dva základní typy interních kontrol. První typ se provádí pro ověření problémových receptur. Před zahájením výroby se naváží 10 – 50 kg zkušebního množství, provede se extruze a homogenizace. Pracovník laboratoře odzkouší vzorek dle pracovního postupu a v případě, že se shoduje, uvolní materiál pro finální výrobu a provede záznam do VP. V případě, že se neshoduje, provede korekci a celý proces kontroly opakuje.

Dalším typem interní kontroly je tzv. průběžná kontrola (zkouška). Při této kontrole nedochází k zastavení výroby a provádí se při výrobě větších šarží (více než 250 kg). Po vyrobení prvních cca 50 kg se toto množství zhomogenizuje a odebere se vzorek ke kontrole. Postup kontroly probíhá stejně jako u předchozích typů. Je-li kontrola v pořádku, provede se záznam do VP a výroba plynule pokračuje. Nevyjde-li kontrola, je nutno výrobu zastavit a provést korekci, kterou provede pracovník laboratoře.

Posledním typem kontroly prováděné ve firmě je kontrola výstupní, kterou musí projít před uvolněním na expedici každý vyrobený MB. Její postup probíhá stejně jako u předchozích kontrol. Po provedení kontroly pracovník provede poslední záznam na VP. Následně archivuje vzorek granulátu i se zkušebními destičkami a stejně tak archivuje i VP. Zákazník pak dostává protokol o kontrole, zkušební destičku a hotový MB.

Všechny typy kontrol probíhají v souladu s interními postupy (pracovní instrukce, plán kontrol a zkoušek).

⁷ vysokohustotní Polyethylen

6 APLIKACE NÁSTROJŮ ŘÍZENÍ KVALITY

6.1 Analýza výskytu neshodných produktů za období 2008 až 2017

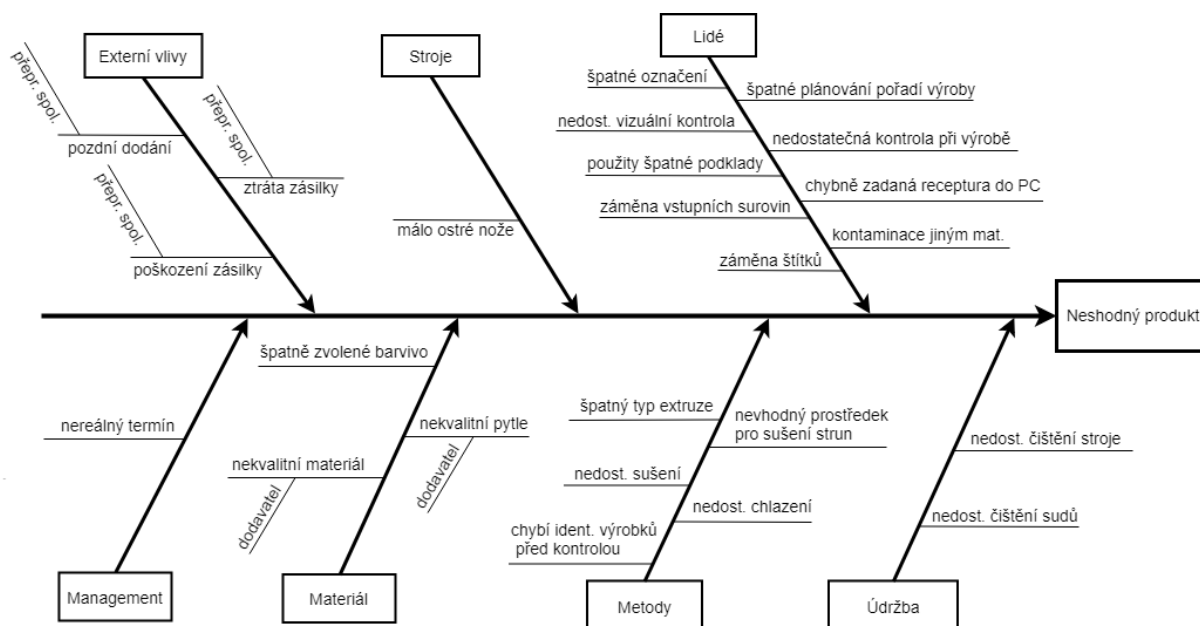
Společnost Lifocolor, s.r.o. je poměrně malá firma (aktuálně 32 pracovníků), nicméně i zde dochází k výrobě neshodných produktů. Prvním a velice důležitým krokem k zahájení analýzy je stanovit relevantní ukazatele, které budeme sledovat a analyzovat. Ty by měly být jednoduché, snadno pochopitelné a měly by disponovat s výpovědní funkcí. Z tohoto důvodu byl jako relevantní ukazatel stanoven počet výskytu neshodných produktů. Jako monitorovací období bylo vzhledem k velikosti firmy zvoleno období posledních 10 let. Ve firmě existuje elektronická evidence každé vzniklé neshody ve formě Word dokumentu, vytvořeného v příslušné šabloně. Výsledný přehled výskytu neshodných produktů je zobrazen v následující tab. 13. Neshodným produktem je zde myšlena reklamace výrobku zákazníkem nebo interní neshoda.

Tab 13) Přehled výskytu neshodných produktů ve zvoleném období

	Roky									
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Počet neshodných produktů	9	8	16	9	9	12	9	10	15	22

Dalším krokem bylo provedení kategorizace jednotlivých příčin neshod, která bude sloužit k dalšímu vyhodnocení. Zde byl jako nástroj použit diagram příčin a důsledků (Ishikawa), který je zobrazen na obr. 20. Jako řešený problém byla stanovena reklamace neshodného produktu. Jako hlavní kategorie příčin byly zvoleny:

- lidé,
- údržba,
- materiál,
- metody,
- stroje,
- management,
- externí vlivy.



Obr. 20) Ishikawa diagram

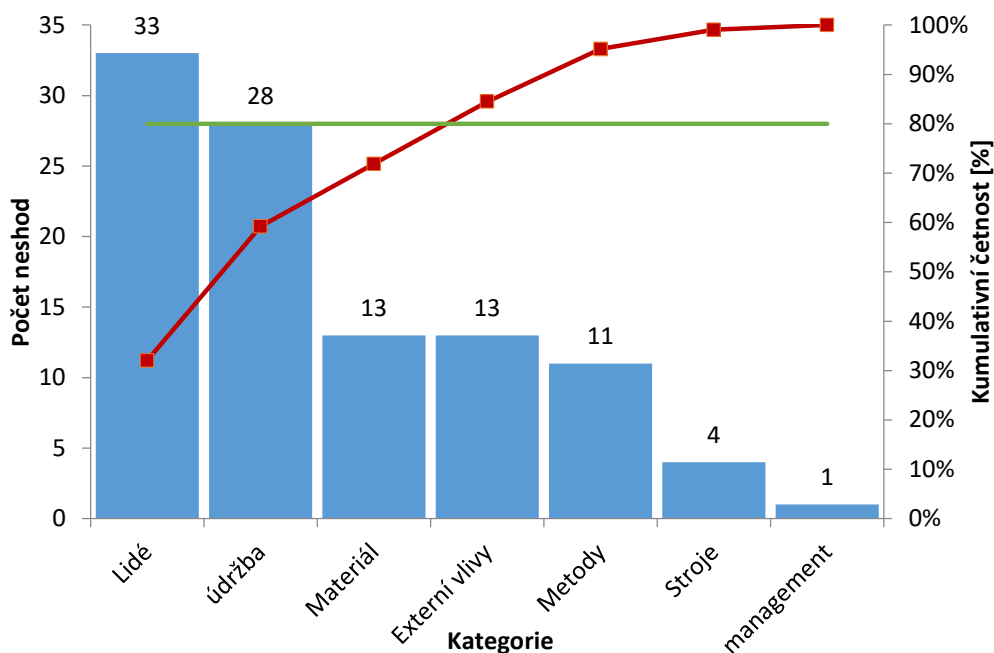
Po stanovení jednotlivých kategorií byla provedena sumarizace výskytů jednotlivých příčin. Výsledné hodnoty uvádí tabulka 14. Bohužel ne u všech neshodných produktů se podařilo nalézt příčinu a stejně tak zde byly i neshody, na kterých firma nenesla žádnou vinu. Tyto reklamace tudíž nemohly být uznány.

Tab 14) Přehled výskytu příčin pro dané kategorie

Kategorie	Počet neshod
Lidé	33
Údržba	28
Materiál	13
Externí vlivy	13
Metody	11
Stroje	4
Management	1
Neoprávněná reklamace	6
Příčina nenalezena	10
Celkem	119

6.2 Analýza získaných dat

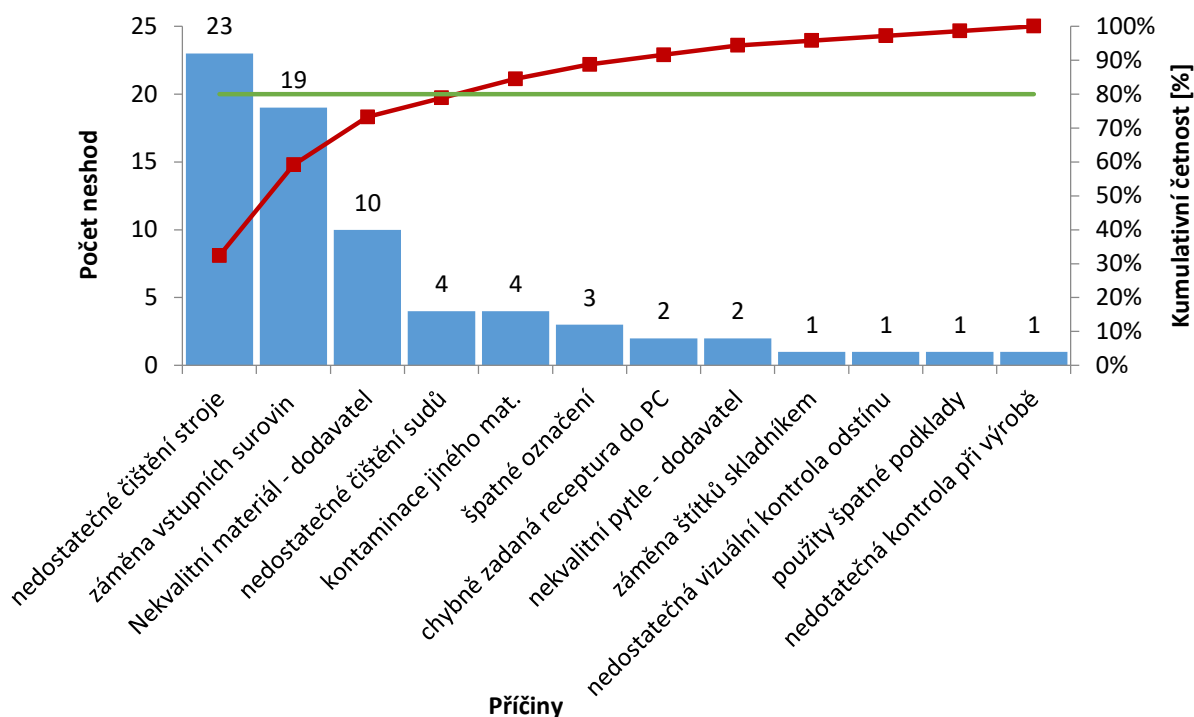
Po získání výše uvedených hodnot bylo dalším krokem vyhodnocení získaných dat. Jako vhodný nástroj pro vyhodnocení byla použita tzv. Paretova analýza (obr. 21). Ta nám ukázala, že bychom se měli zabývat především příčinami způsobenými selháním lidského činitele, údržbou, materiálem a externími vlivy.



Obr. 21) Paretova analýza pro kategorie příčin

Po zjištění, kterými kategoriemi se máme dále zabývat, jsme provedli opět Paretovu analýzu, pro tentokrát už jednotlivé příčiny (obr. 22). Brali se v potaz pouze příčiny, které spadaly do kategorií určených předešlou analýzou. Zde se ukázalo, které příčiny jsou pro nás klíčové:

- nedostatečné čištění stroje,
- záměna vstupních surovin,
- nekvalitně dodaný materiál od dodavatele,
- nedostatečné čištění sudů,
- kontaminace jiným materiálem.



Obr. 22) Paretova analýza pro jednotlivé příčiny

Nedostatečné čištění stroje

Nejčastější příčinou je nedostatečné čištění stroje. To zahrnuje extrudéry i homogenizační zařízení. Příčinou může být jednak selhání lidského činitele ve smyslu, že pracovník ji neudělá vůbec (zapomene, schválně ji opomene pro úsporu času) nebo ji neudělá dostatečně. Například nepoužije správné prostředky k tomu určené, nebo tyto prostředky nejsou dostatečně účinné.

Záměna vstupních surovin

Tato neshoda může být zapříčiněna opět selháním lidského činitele (například personální změny na tomto pracovním místě) nebo nevhodným systémem skladování položek.

Nekvalitní materiál (dodavatel)

Existují i reklamace, kdy jako příčina byla zjištěna nekvalita materiálu dodávaného externí firmou (dodavatelem) do společnosti Lifocolor, s.r.o., kde byl zapracován do vlastních výrobků.

Nedostatečné čištění sudů

Při míchání (homogenizování) výrobků v sudu dochází ke kontaminaci následné šarže nedůsledným čištěním. Na vině může být i celkový stav daného sudu.

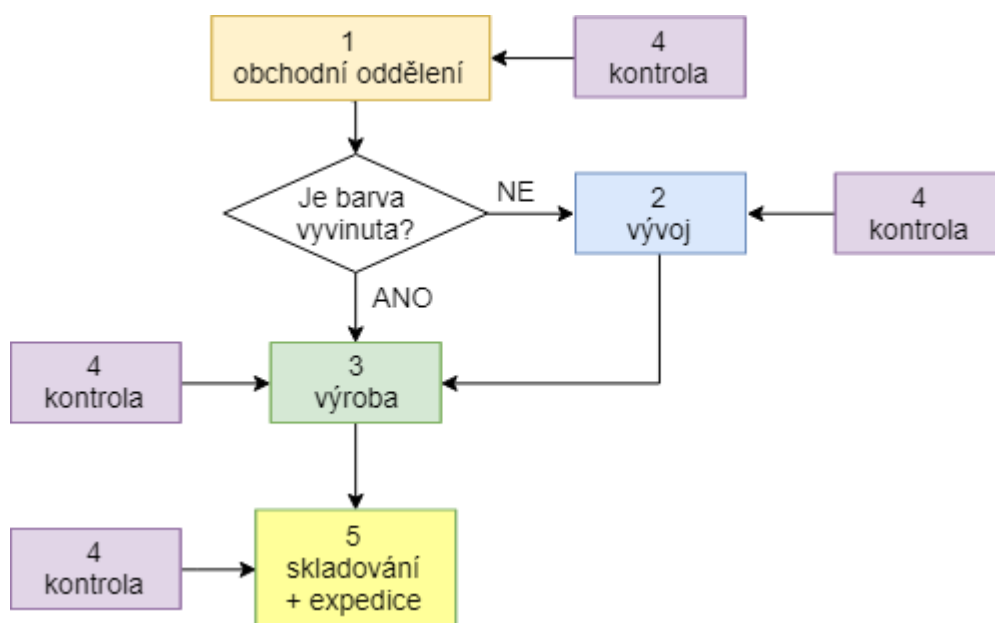
Kontaminace jiným materiálem

Tato neshoda je opět způsobena lidskou chybou, nejčastěji nepozorností při manipulaci.

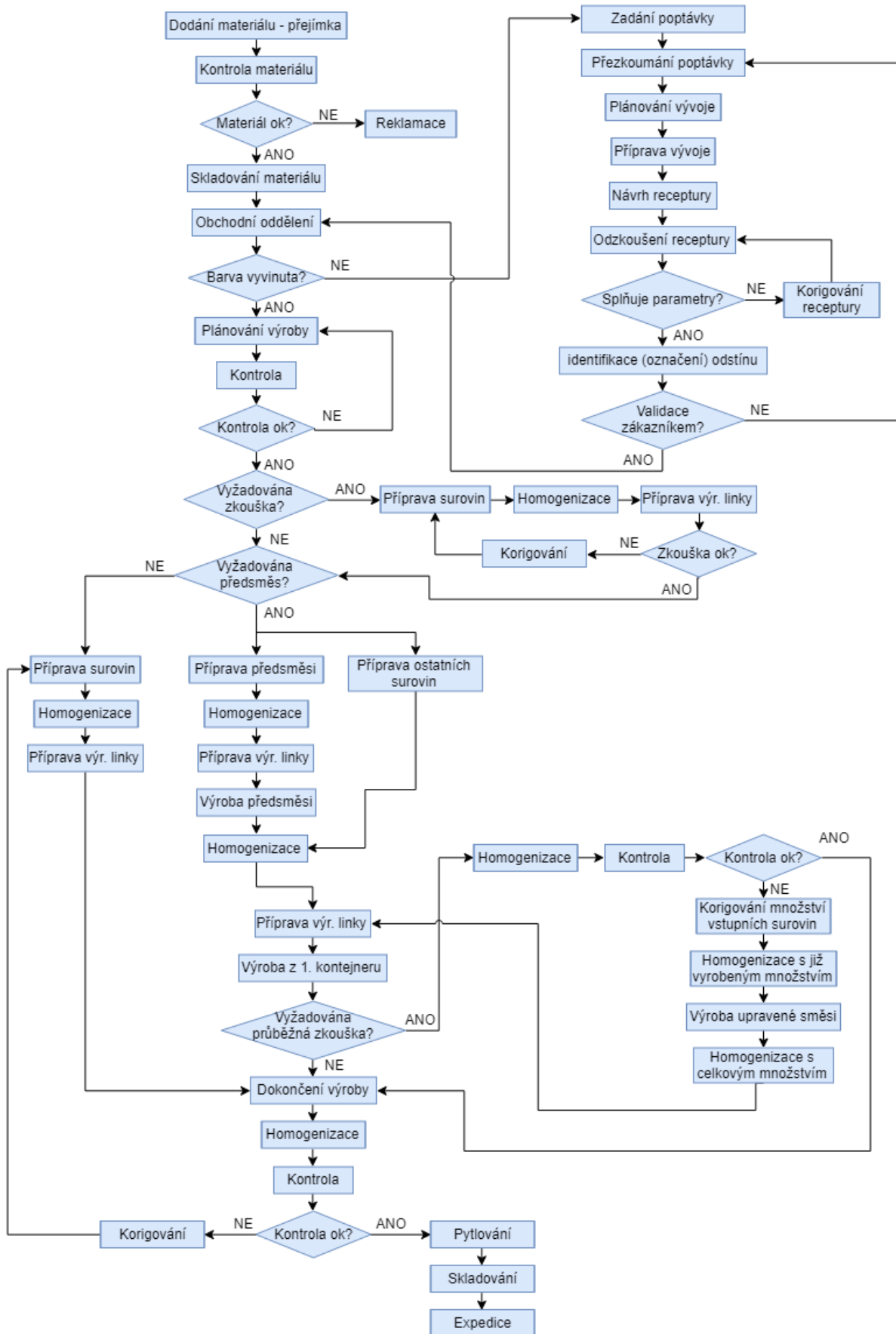
6.3 Aplikace metody PFMEA

Pro analýzu rizik ve výrobě barevných koncentrátů ve společnosti Lifocolor, s.r.o. byla zvolena procesní analýza způsobů a důsledků poruch (PFMEA).

Než se mohla vůbec zahájit samotná analýza FMEA, bylo nutné sestavit tým, který bude mít za úkol její vypracování. V rámci firmy bylo spolupracováno s vedoucím výroby, vedoucím kontroly a ředitelem, kteří mají již dlouholeté zkušenosti jak s vývojem, tak i s výrobou MB. Následujícím krokem bylo vytvoření obecného procesního diagramu (obr. 23), kdy pro jednotlivé kroky těchto procesů budou hledány možné způsoby poruch, jejich příčiny a následky. Pro lepší pochopení celého procesu byla vytvořena i podrobnější verze (obr. 24).



Obr. 23) Procesní diagram společnosti Lifocolor, s.r.o.



Obr. 24) Podrobný procesní diagram

6.3.1 Sestavení stupnic pro hodnocení

Pro hodnocení identifikovaných způsobů poruch, jejich příčin a významu bylo nutné stanovit číselná kritéria, která by odpovídala konkrétním podmínkám firmy. Tyto hodnoty jsou zobrazeny v tab. 15, 16 a 17.

Po nastavení hodnotících kritérií bylo dále nutné stanovit také hraniční hodnotu čísla RPN. Tato hranice byla stanovena na hodnotu 100. To znamená, že u těch chyb, jejichž hodnota RPN tuto hranici přesáhne, bude potřeba navrhnout preventivní opatření.

Tab 15) Klasifikace významu chyb – S (Severity)

význam	klasifikace	popis
kritický	9 – 10	Vzniklá chyba v procesu ohrožuje nebo porušuje bezpečnostní a zákonné předpisy.
vážný	7 – 8	Vzniklá chyba v procesu způsobí velkou nespokojenost zákazníka (následná reklamace) vzhledem k nesplnění požadavků.
střední	4 – 6	Vzniklá chyba v procesu způsobí nespokojenost některých zákazníků. V následujících procesech nebo krocích v procesu budou vyžadovány zásahy.
nízký	2 – 3	Vzniklá chyba v procesu způsobí pouze nepatrné ovlivnění zákazníka.
nevýznamný	1	Vzniklá chyba v procesu by neměla mít vliv na proces nebo zákazníka.

Tab 16) Klasifikace pravděpodobnosti výskytu chyb – O (Occurrence)

pravděpodobnost	klasifikace	popis	četnost/rok
velmi vysoká	9 – 10	Chyba je téměř nevyhnutelná, je potřeba provést změnu v procesu.	100 a více
vysoká	7 – 8	Často se opakující chyba.	50 – 99
střední	4 – 6	Občasná chyba.	10 – 49
malá	2 – 3	Poměrně málo se opakující chyba.	2 – 9
velmi malá	1	Chyba je nepravděpodobná.	0 – 1

Tab 17) Klasifikace odhalitelnosti (detekce) chyb – D (Detection)

odhalení	klasifikace	popis
téměř nemožné	9 – 10	Chybu nelze odhalit žádným z existujících opatření.
malé	7 – 8	Chyba bude pravděpodobně odhalena vizuální kontrolou.
střední	4 – 6	Chyba bude pravděpodobně odhalena měřicím zařízením či měřidlem.
vysoké	2 – 3	Chyba bude pravděpodobně odhalena automatickou (systémovou) kontrolou.
téměř jisté	1	Chyba bude zaručeně odhalena.

6.3.2 Vyhodnocení metody PFMEA a popis preventivních opatření

V následující tab. 18 jsou zobrazeny možné chyby procesních kroků včetně jejich příčin, u kterých hodnota RPN přesáhla stanovenou hodnotu 100. U každé ze zobrazených chyb je tedy nutno provést příslušné nápravné opatření, které sníží RPN na přijatelnou hodnotu. Celý formulář PFMEA je pak zobrazen v příloze 2.

Tab 18) Nejrizikovější oblasti s nejvyšší hodnotou RPN

Označení procesního kroku	Možné chyby	Možné příčiny	RPN	Doporučená nápravná opatření	RPN
3.1	špatně plánované pořadí výroby	chyba pracovníka	112	zavedení funkce plánovače výroby	56
3.2	záměna surovin	nevhodný systém skladování	288	změna systému skladování, zavedení boxů, čárových k	72
3.3	nedostatečná homogenizace	chyba pracovníka	112	zavedení odpovědnost vedoucího směny	84
		statický náboj	112	nový typ antistatika	56
		technický stav stroje	112	změna v plánu údržby - pravidelná údržba	72
		lepivý materiál	112	aplikace nanopřípravku	56
neprovedená homogenizace	přílišná homogenizace	chyba pracovníka	112	zavedení odpovědnosti vedoucího směny	84
		chyba pracovníka	112	zavedení odpovědnosti vedoucího směny	84
		chyba pracovníka	112	odměrky na dané množství	60
3.4	nedostatečně vyčištěná linka	nevhodný čisticí materiál	168	nový čisticí materiál	84
		nevhodně zvolený postup čištění	112	vytažení šneků před citlivou výrobou	84
		chybné parametry stroje	112	zvýšená pozornost při nastavování, důslednější vizuální kontrola, důslednější spolupráce s vedoucím směny a kontroly, tabulka doporučených teplot pro jednotlivé materiály a linky	84
		špatná funkčnost čidel teploty	112	online monitoring (sběr dat do počítače)	60
3.5	nedostatečná extruze	opotřeбенý šnek	112	funkční (neopotřeбенý šnek v zásobě), zpřísněná kontrola	84
5.1	dodání nekvalitního materiálu	dodavatel materiálu	140	zvolen jiný dodavatel	84

5.2	dodání po termínu	zdržení přepravní společností	140	zavedení časové rezervy	70
		špatné plánování výroby	140	zavedení časové rezervy, zavedení funkce plánovače výroby	70
	dodání poškozené zásilky	poškození zásilky přepravní společností	168	větší objemy ukládat na palety, optimalizace balení - další kartony po stranách palety, cedulky "NESTOHOVAT"	84
5.3	nevhodně zvolený postup balení (včetně materiálu)	chyba pracovníka	168	optimalizace balení - další kartony po stranách palety, cedulky "NESTOHOVAT"	84

zavedení funkce plánovače výroby

Špatný sled barev (po tmavém odstínu hned světlý) je příkladem špatného plánování výroby. Pokud po černé barvě bude hned barva bílá, je nutné mezi jednotlivými šaržemi stroj opravdu důsledně vyčistit. Následkem toho pak může být nedodržení termínu, kontaminace materiálu či nadměrná spotřeba čistícího materiálu. Z tohoto důvodu byla zavedena funkce plánovače výroby, jehož náplní práce bude výhradně plánování výroby a komunikace s obchodním oddělením a jednotlivými vedoucími směn.

změna systému skladování, zavedení boxů

Nejrizikovějším krokem procesů dle analýzy PFMEA bylo vyhodnoceno navažování surovin ve skladu (tzv. vážírně) z důvodu nevhodného způsobu skladování a identifikace. Nutno podotknout, že na toto riziko bylo ve společnosti upozorňováno i při proběhlém zákaznickém auditu. Jako nápravné opatření bylo rozhodnuto o celkové změně způsobu skladování, které je postupně realizováno v několika krocích:

- 1) Prvním krokem byla inventarizace všech položek, které se v daném skladu nacházejí.
- 2) Po provedené inventarizaci byla ke každé položce zjištěna její obrátkovost, aby se mohlo určit dostatečné množství, které je potřeba mít ve skladu. Ostatní množství se následně přesune do skladu surovin. Tímto dojde i k úspoře místa a ve skladu tak nebudou přebytečné položky, u kterých by hrozilo riziko záměny nebo kontaminace.
- 3) Následujícím krokem je postupné zavádění uzavřených boxů a lahví do tohoto skladu. To zajistí nejen přehledné značení všech položek, ale díky snadné uzavíratelnosti těchto boxů a nádob i kontaminaci jiným materiálem při odeírání potřebného množství.
- 4) Čtvrtým plánovaným krokem je zakoupení nových a více vyhovujících regálů. To zahrnuje i jejich nové rozmístění.

Do budoucna je plánováno také zavedení systému řízeného skladu. To by mělo pomoci čárových kódů zajistit zrychlení a zefektivnění práce pracovníků skladu a omezit i jejich chybovost. S tím se také pojí vytvoření skladových pozic (mapa skladu). To zajistí, že

například při vyčerpání zásob na určité pozici při vychystávání materiálu systém automaticky vygeneruje požadavek na doplnění této pozice. Srovnání původního a nově zaváděného způsobu skladování je zobrazeno na obr. 25 a 26.



Obr. 25) Původní způsob skladování



Obr. 26) Nově zaváděný způsob skladování

zavedení odpovědnosti vedoucího směny

Toto opatření bylo zavedeno na základě svěřeni odpovědnosti za neprovedení či nedostatečnou homogenizaci vedoucímu směny. Očekává se tedy, že tento pracovník bude pečlivěji kontrolovat a vyžadovat po svých podřízených dodržování pracovních postupů. Za tuto odpovědnost mu přísluší vyšší mzdové ohodnocení.

nový typ antistatika

Původní antistatický přípravek, který byl ve společnosti používán, byl jednak méně účinný a nebyl zdravotně nezávadný. Z tohoto důvodu bylo schváleno zakoupení nového, účinnějšího a také schváleného zdravotně nezávadného přípravku.

změna v plánu údržby – pravidelná údržba

Dříve probíhala údržba homogenizačních zařízení až v případě potřeby. To se ovšem začalo jevit jako nedostatečné. Z toho důvodu byla vypracována změna v plánu údržby a nyní probíhá již v pravidelných intervalech.

aplikace nanopřípravku

Přípravek byl zaveden z důvodu nanosení tenké nesmáčivé hydrofobní vrstvy na stěny a šnek homogenizačních zařízení. Výsledkem je nižší ulpívání prachových částic a granulí MB, což snižuje riziko kontaminace jiným materiálem a umožňuje účinnější čištění.

odměrky na dané množství

Se zavedením nového typu antistatického přípravku se začaly nově používat odměrky pro jeho dávkování. Je to z důvodu toho, aby nedocházelo k přidávání nedostatečného množství a zároveň k předávkování povoleného maximálního množství – 0,1%.

nový čistící materiál

V laboratoři byl zaveden nový čistící materiál – PP se sklem pro čištění výrobních linek. Důvodem je vysoká účinnost čištění, což má za následek i šetření času. Oproti původnímu zde stačí pouze malé množství tohoto materiálu se stejným účinkem. Ve výrobě se tento prostředek zatím nepoužívá z důvodu prozatímního neakceptování rizika opotřebení šneku (abrazivní vlastnosti čistícího materiálu).

vytažení šneků před citlivou výrobou

U transparentních materiálů se zjistilo, že je časově méně náročné vytáhnout šneky ze stroje a mechanicky je očistit. Pro šetření času byla také zakoupena náhradní sada šneků, která je nachystána na výměnu v případě potřeby čištění nebo poruchy. Pracovník tedy znečištěný nebo poškozený šnek vytáhne, vyčistí komoru stroje, vloží připravený čistý šnek a může pokračovat ve výrobě. Jakmile má čas, provede čištění použitého (znečištěného) šneku.

zvýšená pozornost při nastavování, důslednější vizuální kontrola, důslednější spolupráce s vedoucím směny a kontroly, tabulka doporučených teplot pro jednotlivé materiály a linky

Pro lepší orientaci při nastavování parametrů byla vytvořena tabulka doporučených teplot pro jednotlivé typy materiálů a pro jednotlivé linky. Nastavování parametrů je také o zkušenostech daných pracovníků. Když pracovník nastaví parametry stroje a hned zpočátku vidí, že výroba neprobíhá tak, jak by měla (kontroluje vizuálně granule atd.), linku zastaví a parametry upravuje. Zároveň dělá poznámky do VP, aby se při budoucí výrobě vědělo, jaké parametry u dané šarže nastavit. Pokud si není jistý, měl by se poradit s vedoucím směny nebo pak dále s vedoucím kontroly.

online monitoring (sběr dat do počítače)

Do budoucna se ve společnosti plánuje napojení řídicí jednotky extruderu na PC, která bude mít za úkol sledovat všechny důležité parametry. V případě špatné funkce některé ze součástí stroje se hned objeví upozornění a obsluha bude moci ihned zasáhnout. Aktuálně je toto opatření v jednání.

funkční (neopotřebený šnek v zásobě), zpřísněná kontrola

V rámci plánu údržby bylo rozhodnuto o pravidelnějším měření opotřebení. Toto měření vždy prováděl externí pracovník z německé mateřské firmy, což mělo za následek i vyšší náklady. Z toho důvodu došlo také k zaškolení interního pracovníka, který běžné měření opotřebení (dle plánu údržby) bude provádět (odpadá tak potřeba externího pracovníka na běžné měření opotřebení a tím šetření nákladů). Byly nakoupeny také neopotřebené šneky do zásoby v případě potřeby výměny.

zvolen jiný dodavatel

Další z problémů vzniká dodáním nekvalitního materiálu od dodavatele. Převážná část se vztahuje na dodávky surovin v nekvalitním balení (pytli). Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto o změně dodavatele a pytle budou nakupovány od mateřské firmy.

zavedení časové rezervy

Pro prevenci dodání zásilek k zákazníkovi po termínu se zavedla potřebná časová rezerva (liší se dle zakázky, termínu apod.). Pracovník ve funkci plánovače výroby tedy do plánu započítá potřebnou rezervu. Je zde také vyžadována velmi úzká komunikace mezi obchodním oddělením a plánovačem výroby. Díky této rezervě je dokonce možnost vložení neplánované výroby nebo korigování nevycházejícího odstínu.

větší objemy ukládat na palety, optimalizace balení – další kartony po stranách palety, cedulky "NESTOHOVAT"

Standardní balení zásilek je paleta + stretch folie. Toto balení se někdy jeví jako nedostatečné a občas při přepravě zásilek mimo ČR dochází k jejich poškození. Pro takové zásilky tedy dojde k optimalizaci balení a budou se balit na palety s větším množstvím kartonu (po stranách palety) a tabulkovým upozorněním „NESTOHOVAT“.

6.4 Aplikace metody BOMECH

Než jsme mohli přistoupit k provedení analýzy Human HAZOP, bylo potřeba vybrat (priorizovat) ty činnosti, které jsou pro společnost nejrizikovější. Pro tento přístup byla vybrána metoda BOMECH, která je používána právě pro hodnocení rizik při vykonávání pracovní činnosti.

Po opětovné konzultaci s vedoucím výroby, vedoucím kontroly a ředitelem byl sepsán seznam činností prováděných ve společnosti. Následně každý z nich provedl hodnocení (dle svého uvážení) každé této činnosti dle zvolených kritérií.

6.4.1 Sestavení stupnic pro hodnocení

K hodnocení jednotlivých činností bylo tedy za potřeby zvolit příslušná kritéria a jejich bodové hodnocení (tab. 18, 19, 20 a 21). Pro hodnocení byla vybrána tato kritéria:

- pravděpodobnost špatného provedení úlohy (P),
- zátěž resp. nároky na fyzické a psychické vlastnosti (Z),
- identifikovatelnost rizika, tzn. poznatelnost, zřejmost, očekávání vzniku (I),
- vliv pracovních podmínek (V). Bodové hodnocení kritéria.

Součtem bodů jednotlivých kritérií u každé činnosti jsme dostali hodnotu koeficientu nebezpečnosti k_N . Následně se dle tab.22 určily kategorie, do které dané činnosti spadají a podle které se také rozhodne o další analýze této činnosti metodou Human HAZOP. Oproti původnímu hodnocení metody BOMECH byla jednotlivá kritéria upravena dle potřeby diplomové práce.

Tab 19) Bodové hodnocení kritéria P [21]

Pravděpodobnost špatného provedení úlohy (P)	
prakticky jisté	60
velmi pravděpodobně	40
pravděpodobně	25
málo pravděpodobně	12
nestalo se, ale může se stát	6
prakticky vyloučené	0

Tab 20) Bodové hodnocení kritéria Z [21]

Zátěž resp. nároky na fyzické a psychické vlastnosti (Z)	
velmi vysoké (nepřijatelné)	30
vysoké (nadprůměrné)	15
průměrné	5
malé	2
nepatrné	0

Tab 21) Bodové hodnocení kritéria I [21]

Identifikovatelnost rizika, tzn. poznatelnost, zřejmost, očekávání vzniku (I)	
nemožné (nahodilý nepoznatelný jev)	30
možné (pravděpodobně poznatelný jev)	10
jasné (zákonitý jev)	0

Tab 22) Bodové hodnocení kritéria V [21]

Vliv pracovních podmínek (V)	
velký	10
průměrný	3
žádný	0

Tab 23) Kategorie rizik dle hodnoty k_N [21]

Počet bodů	kategorie	Doporučení
více než 100	A – kritická	velké nebezpečí, řešit co nejdříve
51 – 100	B – střední	významné riziko, nutno řešit brzy
méně než 50	C – rušivá	malé riziko, nutno řešit dle podmínek

6.4.2 Vyhodnocení metody BOMECH

Po provedení hodnocení každým ze třech pracovníků, byla provedena sumarizace a výpočet průměrů z konečných koeficientů nebezpečnosti. Podle toho byly určeny kategorie, do kterých jednotlivé úlohy spadají. Ty nejrizikovější jsou uvedeny v tab. 24. Tyto úlohy budou následně podrobeny analýze Human HAZOP pro jejich podrobnější přezkoumání. Celý vyplněný formulář je poté zobrazen v příloze 3.

Tab 24) Nejrizikovější pracovní úlohy

Číslo úlohy	Úloha	Pravděpodobný následek špatného provedení úlohy (nebo její neprovedení)	Koeficient nebezpečnosti k_N	Výsledná kategorie rizika
6	plánování výroby	nevhodně naplánovaná výroba	51	B
9	navážení surovin	neshodný MB	62	B
10	čištění nádoby před nabráním suroviny	neshodný MB	56	B
15	čištění výr. linky	neshodný MB	54	B
18	provedení homogenizace	nehomogenní směs	50	B
20	čištění homogenizačního zařízení (HZ)	kontaminace surovin, MB	52	B
27	vizuální kontrola MB (odstín, granule)	chybně vyhodnocená kontrola	50	B
29	odebrání kontrolního vzorku	chybně vyhodnocená kontrola	52	B

6.5 Aplikace metody Human HAZOP

Vzhledem k prováděné analýze neshod na začátku praktické části této práce, kdy nejvíce problémů bylo způsobeno lidskou chybou, bylo rozhodnuto o provedení analýzy Human HAZOP, zabývající se právě analýzou lidského činitele. V předchozím kroku byly metodou BOMECH vybrány nejrizikovější pracovní úlohy v rámci vývoje a výroby, které byly následně analyzovány.

6.5.1 Vyhodnocení metody Human HAZOP a návrh preventivních opatření

Předmětem této metody bylo hodnocení lidského činitele, který má za následek nejvíce neshodných produktů ve společnosti. Za pomoci vodících slov byly hledány odchylky od prováděných úloh, pro které se pak hledala příslušná opatření. Některá opatření se shodují s těmi, které byly navrženy v analýze PFMEA. Níže jsou uvedena a blíže popsána provedená nápravná opatření.

zavedení čárových kódů

Jak již bylo zmíněno v kapitole 6.3.2, ve společnosti se plánuje zavedení čárových kódů. Díky tomu, že budou i na výrobních příkazech (příp. recepturách), nebude moci dojít k opomenutí navážení některé ze surovin.

systém 4 očí = vážič + kontrolor

Navažování potřebného množství daným pracovníkem bude muset být kontrolováno ještě druhou osobou, která tuto kontrolu stvrdí svým podpisem. Toto opatření navíc bylo vyžadováno jedním ze zákazníků.

informovat pracovníky o případných následcích

Někteří pracovníci si ne zcela dobře uvědomují, jaké následky může mít opomenutí (neprovedení) činnosti, kterou mají provádět (například úmyslné neprovedení činnosti z důvodu úspory času). Ať už je to homogenizace, čištění linky nebo nádoby, navažování surovin, vizuální kontrola nebo odebrání vzorku. V rámci navrženého školení (blíže popsáno na konci této kapitoly) bude i tato oblast pracovníkům důsledně připomínána. Očekává se zde zejména psychologický účinek, který bude mít za následek snížení výskytu těchto neprovedených nebo nedostatečně provedených činností.

čištění tlakovým vzduchem

Před nabráním nové suroviny na vážení je potřeba nádobu důsledně vyčistit, aby nedošlo ke kontaminaci jinou surovinou. Z tohoto důvodu se toto čištění bude provádět tlakovým vzduchem společně s důslednou vizuální kontrolou.

použití krytu kontejneru s magnetickým páskem

Při čištění výrobní linky a prostoru kolem něj vzniká riziko kontaminace hotového MB v kontejneru, který doposud nebýval zakrytý. Z tohoto důvodu bylo navrženo opatření ve smyslu krytu kontejneru opatřeného magnetickým páskem, díky kterému nebude možné při zakrytí hotový MB z venku kontaminovat.

důsledné čištění HZ, opotřebované a staré sudy vyřadit, HZ po prášku čistit mokrou cestou

Při čištění HZ je potřeba to provádět opravdu důsledně. Stává se, že například v lemu sudu zůstane po nedůsledném čištění zbytek granulí, které následně kontaminují jiný materiál. Z toho důvodu je potřeba HZ čistit opravdu velmi důsledně, včetně všech lemů a koutů. Vliv

na riziko kontaminace může mít i technický stav samotného HZ. Staré sudy, jejichž stav byl již nevyhovující, tedy byly vyřazeny. Po homogenizaci práškových MB se jeví čištění tlakovým vzduchem jako nedostatečné, proto je potřeba čistit mokrou cestou.

poznámka ve VP (+ podpis)

Vizuální kontrola je velmi důležitá součást procesu. Její důsledné provádění může například včas zabránit vyrobení neshodného produktu. Pro zajištění její provádění se zavedlo opatření ve formě poznámky ve VP společně s podpisem pracovníka. Ten svým podpisem stvrzuje, že provedl důslednou vizuální kontrolu (odstín, velikost granulí, nečistoty). Tím na sebe taky váže jistou odpovědnost. Díky této odpovědnosti se od pracovníka očekává větší důslednost při provádění těchto kontrol.

zlepšení systému předávání vzorků

Předávání vzorků spočívá v tom, že pracovníci kontroly si pro ně musejí chodit do výroby, kde se nechávají na místě k tomu určeném. Tento postup se jeví jako nedostatečný a je potřeba na něm zapracovat. Aktuálně se hledá nové a efektivnější řešení.

nabírání max. množství do sáčku

Při nabírání vzorku pro kontrolu je potřeba nabírat takové množství, aby z něj kontrola mohla vyrobit zkušební destičky a případně část vzorku archivovat. Vzhledem k tomu, že pracovníci výroby by zbytečně ztráceli čas vážením potřebného množství, rozhodlo se o nabírání maximálního množství do plastových sáčků k tomu určených. Toto množství je již dostatečně velké pro kontrolu a nemůže se tedy stát, že by část vzorku chyběla.

Následující zavedená opatření se shodují s těmi, které byly popsány již v kapitole 6.3.2 při vyhodnocení analýzy PFMEA:

- zavedení funkce plánovače výroby,
- důslednější kontrola,
- zvýšená pozornost pracovníků,
- vytažení šneků před citlivou výrobou,
- nový čistící materiál (PP se sklem),
- zavedení odpovědnosti vedoucího směny.

Jako hromadné opatření pro všechny možné odchylky bylo navrženo zavedení dvou nových školení. První školení bude probíhat především u pracovníků ve výrobě a bude se týkat připomenutí veškerých činností, které pracovníci provádějí. A to ve smyslu, aby si připomenuli, co dělají nejen oni sami, ale i jejich kolegové. Druhým školením poté bude motivační školení. To by mělo pracovníkům poskytnout zpětnou vazbu ve smyslu, aby viděli přesně ty konečné produkty, pro které vyrábějí dané MB. Společnost si od tohoto školení slibuje hlavně psychologický účinek, který bude mít za následek omezení selhání lidského činitele. Vyplněný formulář metody Human HAZOP je zobrazen v příloze 4.

7 ZÁVĚR

Cílem předložené diplomové práce je prevence rizik ve výrobě barevných koncentrátů ve společnosti Lifocolor, s.r.o. V teoretické části jsou dle zadání uvedeny a popsány metody uplatitelné v oblasti identifikace rizik (FMEA, BOMECH, Human HAZOP), které byly následně prakticky použity. Dále je v této části také popsán samotný proces výroby barevných koncentrátů.

Prvním krokem praktické části byla analýza neshod vzniklých ve společnosti za posledních 10 let. Jako nejrizikovější příčina vzniku neshodného produktu bylo vyhodnoceno selhání lidského činitele, konkrétněji pak nedostatečné čištění stroje a záměna vstupních surovin.

Výsledky procesní analýzy způsobů a důsledků poruch (PFMEA) ukázaly jako nejrizikovější oblast (s nejvyšší hodnotou RPN 288) sklad vážirny. Zde je velké riziko záměny surovin z důvodu nevhodného systému skladování. Tato chyba se také prokázala jako druhá nejčastější při analýze neshod. Na základě toho byl implementován nový systém skladování. Celkově bylo vyhodnoceno 19 příčin s hodnotou RPN vyšší než stanovená hranice 100.

V další části byl vypracován seznam úloh prováděných ve společnosti. Následně byla za pomoci metody BOMECH provedena jejich prioritizace. Výsledkem je 8 úloh spadajících do závažnější kategorie B (významné riziko, nutno řešit co nejdříve), které byly poté podrobeny analýze lidského činitele metodou Human HAZOP. Výsledkem této analýzy je seznam nápravných opatření, vedoucí ke snížení jednotlivých rizik. Jako společné opatření pro všechny činnosti pak byly navrženy dva nové typy školení pracovníků.

Celkem bylo navrženo 23 nápravných opatření, ze kterých byla většina již implementována. Tato opatření mají bezesporu za následek nejen minimalizaci rizik ve společnosti, ale také předejití ekonomickým ztrátám, které by mohly vzniknout výrobou neshodného produktu. Díky navrženým opatřením se podařilo snížit všechny hodnoty čísel RPN pod stanovenou hranici. Tato opatření také pokrývají všechna slabá místa vyplývající z analýzy neshod.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *A structured approach to Enterprise Risk Management (ERM) and the requirements of ISO 31000* [online], AIRMIC, Alarm, IRM, 2010 [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/post/What_seem_to_be_the_most_used_Enterprise_Risk_Management_measurement_models
- [2] MÜLLER, Albrecht, 2003. *Coloring of Plastics Fundamentals, Colorants, Preparations* [online]. Munich: Carl Hanser [cit. 2018-05-14]. ISBN 978-344-6434-158. Dostupné z: https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpCPFCP001/viewerType:toc/root_slug:coloring-of-plastics-fundamentals-colorants-preparations/url_slug:introduction?q=coloring%20of%20plastics&b-subscription=true&b-group-by=true&b-sort-on=default&b-content-type=references&issue_id=
- [3] *Management rizika: praktický návod k použití vybraných postupů a metod analýzy a hodnocení rizik*. Rožnov pod Radhoštěm: ROVS - Rožnovský vzdělávací servis, 2001.
- [4] PALEČEK, Miloš. *Prevence rizik*. Praha: Oeconomica, 2006. ISBN 80-245-1117-7.
- [5] ČSN ISO 31000:2010. *Management rizik: Principy a směrnice*. Český normalizační institut. 2010.
- [6] SMEJKAL, Vladimír a Karel RAIS. *Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích*. 4., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2013. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4644-9.
- [7] TICHÝ, M. *Ovládání rizika: analýza a management*. 1. Vydání. Praha: C.H. Beck, 2006. 396 s. ISBN 80-717-9415-5.
- [8] ŠENK, Zdeněk, 2012. *Bezpečnost a ochrana zdraví při práci: prakticky a přehledně podle normy OHSAS*. 2. aktualiz. vyd. Olomouc: ANAG. Práce, mzdy, pojištění. ISBN 80-726-3737-1.
- [9] KORECKÝ, Michal a Václav TRKOVSKÝ, 2011. *Management rizik projektů: se zaměřením na projekty v průmyslových podnicích*. Praha: Grada. Expert (Grada). ISBN 978-802-4732-213.
- [10] MERNA, T., AL-THANI, FAISAL F. *Risk management: Řízení rizik ve firmě*. 1. vydání. Brno: Computer Press, 2007. 194 s. ISBN 978-80-251-1547-3.
- [11] YASSERI, Sirous, *The ALARP Argument* [online]. 2013 [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/274677545>
- [12] BERNATÍK, Aleš, *Analýza nebezpečí a rizik* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: https://www.fbi.vsb.cz/export/sites/fbi/U3V/cs/materialy/U3V_AnalyzaRizik.pdf
- [13] ČSN EN 60812:2007. *Techniky analýzy bezporuchovosti systému: Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA)*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [14] *Analýza možných způsobů a důsledků poruch (FMEA): referenční příručka*, 2008. 4. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost. ISBN 978-800-2021-018.
- [15] STAMATIS, D. H., 2003. *Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution* [online]. 2nd ed., rev. and expanded. Milwaukee, Wisc.: ASQ Quality Press [cit. 2018-05-14]. ISBN 978-0-87389-598-9. Dostupné z: https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpFMEAFME5/viewerType:toc/root_slug:failure-mode-effect-analysis/url_slug:failure-mode-effect-analysis

- [16] CRAWLEY, Frank a Brian TYLER, 2015. *HAZOP: guide to best practice : guidelines to best practice for the process and chemical industries* [online]. Third edition. Amsterdam: Elsevier [cit. 2018-05-14]. ISBN 978-0-323-39460-4. Dostupné z: https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpHAZOPGB2/viewerType:toc/root_slug:hazop-guide-best-practice/url_slug:hazop-guide-best-practice
- [17] ČSN EN 61882. *Studie nebezpečí a provozuschopnosti (studie HAZOP) - Pokyn k použití*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.
- [18] KOTEK, Luboš a František BABINEC, Použití metody Human HAZOP při redukci chyb operátorů. *Automa: časopis pro automatizační techniku* [online]. 2009(11) [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/39901.pdf>
- [19] *INSPECTORS TOOLKIT: Human factors in the management of major accident hazards* [online], 2005 [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <http://www.hse.gov.uk/humanfactors/topics/toolkit.pdf>
- [20] ROBIN E. MCDERMOTT, RAYMOND J. MIKULAK a MICHAEL R. BEAUREGARD, 2009. *The basics of FMEA* [online]. 2nd ed. New York: CRC Press [cit. 2018-05-14]. ISBN 978-143-9809-617. Dostupné z: https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpBFMEAE0B/viewerType:toc/root_slug:basics-fmea-2nd-edition/url_slug:basics-fmea-2nd-edition?b-q=fmea&sort_on=default&b-group-by=true&b-sort-on=default&b-content-type=all_references
- [21] NEUGEBAUER, Tomáš, 2014. *Vyhledání a vyhodnocení rizik v praxi*. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Wolters Kluwer. ISBN 978-807-4784-583.
- [22] *Colour and Additive Masterbatches in Practise*, 2003. Frankfurt nad Mohanem: Verband der Mineralfarbenindustrie e.V.
- [23] *Masterbatch* [online], [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: https://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-462920752-masterbatch-concentrado-de-color-para-plastico-_JM
- [24] CHARVAT, Robert A. *Coloring of plastics*. 2nd ed. New York: Wiley-Interscience, 2003.
- [25] WEINMANN, Matthias, 2007. *Masterbatch production on co-rotating twin screw extruders. Plastics, Additives and Compounding* [online]. 9(2), 36-39 [cit. 2018-05-14]. DOI: 10.1016/S1464-391X(07)70028-4. ISSN 1464391X. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1464391X07700284>

9 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

9.1 Seznam zkratek a symbolů

Zkratka	Význam
ABS	akrylonitril-butadien-styren
ALARA	Přístup pro snižování rizika na tak nízkou úroveň, jak je to rozumně dosažitelné
ALARP	Přístup pro snižování rizika na tak nízkou úroveň, jak je to rozumně proveditelné
CCA	Analýza příčin a následků
CL	Kontrolní seznam
DFMEA	Návrhová a konstrukční analýza způsobů a důsledků poruch
DBS	Dibenzyliden sorbitol
ETA	Analýza stromu událostí
FMEA	Analýza způsobů a důsledků poruch
FMECA	Analýza způsobů, důsledků a kritičnosti poruch
FTA	Analýza stromu poruchových stavů
HALS	Stabilizátory zpomalující degradaci materiálu
HAZOP	Studie nebezpečí a provozuschopnosti
HDPE	Polyethylen s vysokou hustotou
HRA	Analýza lidského faktoru
Human HAZOP	Modifikace studie HAZOP
HZ	Homogenizační zařízení
k_N	Koeficient nebezpečnosti
MB	Barevný koncentrát
PA	Polyamid
PANTONE	Vzorník barev
PBI	Polybenzimidazol
PC	Polykarbonát
PE	Polyethylen
PET	Polyethylentereftalát
PFMEA	Procesní analýza způsobů a důsledků poruch
PMMA	Polymethylmethakrylát
PP	Polypropylen
PPE	Polyfenylenether
PS	Polystyren

Zkratka	Význam
PSU	Polysulfon
PVC	Polyvinylchlorid
PU	Polyuretan
RAL	Vzorník barev
RPN	Rizikové číslo
SR	Revize bezpečnosti
TiO ₂	Oxid titaničitý
UV	Ultrafialové záření
VP	Výrobní příkaz
WI	Analýza „Co se stane, když ...“

9.2 Seznam tabulek


TAB 1) PŘÍKLAD POPISNÝCH STUPNICÍ PRO NÁSLEDKY [4]	22
TAB 2) PŘÍKLAD POPISNÝCH STUPNICÍ PRO PRAVDĚPODOBNOST [4].....	22
TAB 3) PŘEHLED NĚKTERÝCH NEJPOUŽÍVANĚJŠÍCH METOD [12]	25
TAB 4) VYUŽITÍ NEJPOUŽÍVANĚJŠÍCH METOD DLE FÁZE ŽIVOTA CYKLU [12] 26	
TAB 5) KRITÉRIA HODNOCENÍ ZÁVAŽNOSTI ZPŮSOBU PORUCHY [13]	32
TAB 6) KRITÉRIA HODNOCENÍ VÝSKYTU ZPŮSOBU PORUCHY [13]	33
TAB 7) KRITÉRIA HODNOCENÍ DETEKCE ZPŮSOBU PORUCHY [13]	34
TAB 8) PŘÍKLAD HODNOCENÍ DVOU OBJEKTŮ [14].....	35
TAB 9) PŘÍKLADY ZÁKLADNÍCH VODÍCÍCH SLOV [17].....	36
TAB 10) PŘÍKLADY DODATEČNÝCH VODÍCÍCH SLOV [17].....	36
TAB 11) PŘÍKLADY VODÍCÍCH SLOV PRO HUMAN HAZOP [18].....	38
TAB 12) KATEGORIE RIZIK PODLE DOSAŽENÝCH BODŮ [21]	41
TAB 13) PŘEHLED VÝSKYTU NESHODNÝCH PRODUKTŮ VE ZVOLENÉM OBDOBÍ.....	55
TAB 14) PŘEHLED VÝSKYTU PŘÍČIN PRO DANÉ KATEGORIE.....	56
TAB 15) KLASIFIKACE VÝZNAMU CHYB – S (SEVERITY).....	61
TAB 16) KLASIFIKACE PRAVDĚPODOBNOСТИ VÝSKYTU CHYB – O (OCCURRENCE)	61
TAB 17) KLASIFIKACE ODHALITELNOSTI (DETEKCE) CHYB – D (DETECTION).....	61
TAB 18) NEJRIZIKOVĚJŠÍ OBLASTI S NEJVYŠŠÍ HODNOTOU RPN	62
TAB 19) BODOVÉ HODNOCENÍ KRITÉRIA P [21].....	67
TAB 20) BODOVÉ HODNOCENÍ KRITÉRIA Z [21].....	67
TAB 21) BODOVÉ HODNOCENÍ KRITÉRIA I [21].....	67
TAB 22) BODOVÉ HODNOCENÍ KRITÉRIA V [21]	68
TAB 23) KATEGORIE RIZIK DLE HODNOTY K_N [21].....	68
TAB 24) NEJRIZIKOVĚJŠÍ PRACOVNÍ ÚLOHY.....	68

9.3 Seznam obrázků

OBR. 1) VZTAHY PŘI ŘÍZENÍ RIZIK [6]	17
OBR. 2) ALGORITMUS ŘÍZENÍ RIZIKA [3].....	18
OBR. 3) TOLEROVATELNOST RIZIKA (ALARP) [11].....	23
OBR. 4) PŘIJATELNOST RIZIKA [4].....	24
OBR. 5) VZTAH MEZI ZPŮSOBY A DŮSLEDKY PORUCHY V HIERARCHII SYSTÉMU [13]	27
OBR. 6) VÝVOJOVÝ DIAGRAM ANALÝZY FMEA [13]	29
OBR. 7) TŘI ZÁKLADNÍ TYPY ANALÝZY FMEA [15].....	30
OBR. 8) VÝVOJOVÝ DIAGRAM POSTUPU ZKOUMÁNÍ HAZOP – POSLOUPNOST „NEJDŘÍV VODÍCÍ SLOVO“ [17]	37
OBR. 9) PŘÍKLAD DIAGRAMU ISHIKAWA [20]	40
OBR. 10) MASTERBATCHE (MB) [24].....	42
OBR. 11) ROZDĚLENÍ POLYMERŮ PODLE PRODUKČNÍCH METOD [2]	43
OBR. 12) ROZDĚLENÍ PROSTŘEDKŮ K BARVENÍ [22]	44
OBR. 13) ATMOSFÉRICKÝ DOPAD NA PLASTY [22].....	45
OBR. 14) SCHÉMA PRODUKCE GRANULOVANÉHO MB [25].....	47
OBR. 15) ORGANIZAČNÍ SCHÉMA SPOLEČNOSTI LIFOCOLOR, S.R.O.	49
OBR. 16) UKÁZKA DESTIČEK Z ARCHIVU DOLADĚNÝCH VZORKŮ	51
OBR. 17) LABORATORNÍ EXTRUDÉR	52
OBR. 18) KOMPONENTY PRO ARCHIVACI	52
OBR. 19) VÝROBNÍ LINKY	53
OBR. 20) ISHIKAWA DIAGRAM	56
OBR. 21) PARETOVA ANALÝZA PRO KATEGORIE PŘÍČIN	57
OBR. 22) PARETOVA ANALÝZA PRO JEDNOTLIVÉ PŘÍČINY.....	58
OBR. 23) PROCESNÍ DIAGRAM SPOLEČNOSTI LIFOCOLOR, S.R.O.	59
OBR. 24) PODROBNÝ PROCESNÍ DIAGRAM.....	60
OBR. 25) PŮVODNÍ ZPŮSOB SKLADOVÁNÍ.....	64
OBR. 26) NOVĚ ZAVÁDĚNÝ ZPŮSOB SKLADOVÁNÍ	64

10 SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Vzorový formulář pro metodu BOMECH
- Příloha 2 Vyplněný formulář metody PFMEA
- Příloha 3 Vyplněný formulář metody BOMECH
- Příloha 4 Vyplněný formulář metody Human HAZOP

PROCESNÍ FMEA															
		Proces: Vývoj a výroba barevných koncentrátů						Označení dokumentu: OS 1.4 pril01 FMEA							
		Odpovědná osoba: Veselý						Datum vytvoření: 30.3.2018							
		Řešitelský tým: Veselý, Cink, Sova, Slovák						Datum revize:							
								Počet stran: 12							
Ozn.	Krok procesu/ funkce	Možné chyby	Možné následky	S	Možné příčiny	O	Nynější opatření proti selhání	D	RPN	Doporučená nápravná opatření	Odpovědnost	Přepočet RPN po zavedení nápravných opatření			
												S	O	D	RPN
1	Obchodní oddělení														
1.1	zadání nákupní objednávky	chybně zadaná objednávka (suroviny)	zpoždění výroby	4	chyba pracovníka	2	ERP systém - týdenní kontrola	3	24						
		chybně zadaná objednávka (výrobku)	nedodržení termínu	6	chyba pracovníka	2	ERP systém - týdenní kontrola	3	36						
		nezadaná objednávka	nedodání zásilky	2	chyba pracovníka	2	ERP systém - týdenní kontrola	3	12						
1.2	zadání poptávky na vývoj	chybně zadaná poptávka	špatný odstín, parametry	4	chyba pracovníka	2	vizuální kontrola	7	56						
		nezadaná poptávka	nelze začít vývoj, nedodržení termínu	4	chyba pracovníka	2	vizuální kontrola	7	56						
1.3	tvorba cenové nabídky	chybně vytvořená nabídka	vyšší cena než dle kalk. vzorce, příliš nízká cena,	4	chyba pracovníka	2	vizuální kontrola	7	56						

Ozn.	Krok procesu/ funkce	Možné chyby	Možné následky	S	Možné příčiny	O	Nynější opatření proti selhání	D	RPN	Doporučená nápravná opatření	Odpovědnost	Přepočít RPN po zavedení nápravných opatření			
												S	O	D	RPN
1.4	zadání prodejní objednávky	chybně zadaná objednávka	špatný odstín, reklamacce	4	chyba pracovníka	3	vizuální kontrola	7	84	důslednější vizuální kontrola, zvýšená pozornost při zadávání	Asistentka ředitele	4	2	7	56
		nezadaná objednávka	nelze začít výrobu, nedodržení termínu	4	chyba pracovníka	2	ERP systém- objednávky jsou potvrzovány	3	24						
1.5	zadání receptury	chybně zadaná receptura	špatný odstín, špatné vlastnosti	4	chyba pracovníka	2	vizuální kontrola	7	56						
2 Vývoj															
2.1	přezkoumání poptávky	nedostatek informací	pozdržení vývoje, nedodržení termínu	3	nedostatečná komunikace	2	přímá komunikace VL se zákazníkem	7	42						
2.2	plánování vývoje	chybné plánování	nedodržení termínu	3	nevčasné informace	2	flexibilní plán	7	42						
		chybné informace	chybné dolaďování	3	nedostatečná komunikace	2	přímá komunikace VL se zákazníkem	7	42						
2.3	výběr nejbližšího odstínu	chybný výběr	pozdržení vývoje, opakovaný výběr	1	chyba pracovníka	2	konzultace s VL, školení pracovníků	7	14						
2.4	Korekce (návrh) receptury	chybná korekce	špatný odstín, pozdržení vývoje, špatné vlastnosti	1	chyba pracovníka	2	školení pracovníků	7	14						
2.5	identifikace (označení) odstínu	špatná identifikace	špatná dohledatelnost	3	chyba pracovníka	1	pracovní instrukce	7	21						

Ozn.	Krok procesu/ funkce	Možné chyby	Možné následky	S	Možné příčiny	O	Nynější opatření proti selhání	D	RPN	Doporučená nápravná opatření	Odpovědnost	Přepočít RPN po zavedení nápravných opatření				
												S	O	D	RPN	
3													Výroba			
3.1	plánování výroby	špatně plánované pořadí výroby	nedodržení termínu, riziko kontaminace materiálu, nadměrná spotřeba čistícího materiálu	4	chyba pracovníka	4	kontrola výrobního plánu	7	112	zavedení funkce plánovače výroby	Vedoucí výroby	4	2	7	56	
			špatný odhad výkonu stroje	nedodržení termínu	3	chybné informace ve VP	2	kontrola výrobního plánu	7	42						
		zvolení nevhodné linky	degradace materiál, nemožnost zpracování materiálu	6	chybné informace ve VP	2	kontrola výrobního plánu	7	84							
		špatně navržený technologický postup	špatný odstín, špatné vlastnosti	3	prvovýroba	2	školení pracovníků	7	42							
			špatný odstín, špatné vlastnosti	3	chyba pracovníka	2	školení pracovníků	7	42							
		3.2	příprava surovin	záměna surovin	špatný odstín, špatné vlastnosti	3	chyba pracovníka	4	školení pracovníků, kontrola receptury	7	84	zavedení čárových kódů	Ředitel	3	1	4
špatný odstín, špatné vlastnosti	6				nevhodný systém skladování (vážírna)	6	rozdělení skladu dle barvy	8	288	změna systému skladování, zavedení boxů, čárových kódů	Vedoucí výroby	6	3	4	72	

Ozn.	Krok procesu/ funkce	Možné chyby	Možné následky	S	Možné příčiny	O	Nynější opatření proti selhání	D	RPN	Doporučená nápravná opatření	Odpovědnost	Přepočítání RPN po zavedení nápravných opatření			
												S	O	D	RPN
		chybně navážené množství surovin	špatný odstín	3	chyba pracovníka	4	system dvojí kontroly (výpočet + vážení), školení pracovníků, kontrola receptury	7	84						
		chybí surovina	špatný odstín, špatné vlastnosti	3	chyba pracovníka	4	školení pracovníků, kontrola receptury	7	84	zavedení čárových kódů	Ředitel	3	1	4	12
		kontaminace jinou surovinou	špatný odstín	3	nedostatečně vyčištěná nádob	4	vizuální kontrola, čištění tlakovým vzduchem	7	84						
		vlhká surovina	špatná velikost granulí, ztráta materiálu	3	nedodržení pracovního postupu	2	poznámka ve VP, použití vakua	7	42						
3.3	homogenizace	nedostatečná homogenizace	nehomogenní směs	4	chyba pracovníka	4	pracovní instrukce, školení pracovníků, vizuální kontrola	7	112	zavedení odpovědnosti vedoucího směny	Vedoucí výroby	4	3	7	84
				4	statický náboj	4	antistatická činidla	7	112	nový typ antistatika	Vedoucí kontroly	4	2	7	56
				4	technický stav stroje	4	plán údržby	7	112	změna v plánu údržby - pravidelná údržba	Vedoucí údržby	4	3	6	72
				4	lepivý materiál	4	čištění mokrou cestou	7	112	aplikace nanopřípravku	Vedoucí údržby	4	2	7	56
		neprovedená homogenizace	nehomogenní směs, špatné probarvení	4	chyba pracovníka	4	pracovní instrukce, školení pracovníků	7	112	zavedení odpovědnosti vedoucího směny	Vedoucí výroby	4	3	7	84
		přílišná homogenizace	nehomogenní směs	4	chyba pracovníka	4	vizuální kontrola, antistatické činidlo, školení pracovníků	7	112	zavedení odpovědnosti vedoucího směny	Vedoucí výroby	4	3	7	84

Ozn.	Krok procesu/ funkce	Možné chyby	Možné následky	S	Možné příčiny	O	Nynější opatření proti selhání	D	RPN	Doporučená nápravná opatření	Odpovědnost	Přepočet RPN po zavedení nápravných opatření			
												S	O	D	RPN
		nedostatek antistat. činidla	lepení surovin, obtížné zpracování	4	chyba pracovníka	4	vizuální kontrola, pracovní instrukce, školení pracovníků	7	112	odměrky na dané množství	Vedoucí kontroly	4	3	5	60
		příliš mnoho antist. činidla	snížený výkon, ztráta suroviny, ztráta zdravotní nezávadnosti	4	chyba pracovníka	2	vizuální kontrola, pracovní instrukce, školení pracovníků	7	56	odměrky na dané množství	Vedoucí kontroly	4	2	5	40
3.4	příprava výr. linek (extrudér, vstř. lis)	nedostatečně vyčištěná linka	kontaminace MB, flekaté granule, tečky, nečistoty	4	nevhodně zvolený čist. materiál	6	vizuální kontrola, pracovní instrukce, školení pracovníků	7	168	nový čisticí materiál	Vedoucí kontroly	4	3	7	84
				4	nevhodně zvolený postup čištění	4	pracovní instrukce, vhodné pořadí výroby	7	112	vytažení šneků před citlivou výrobou	Vedoucí výroby	4	3	7	84
		4	chybné parametry stroje	degradace materiálu, nehomogenní směs,	4	chyba pracovníka	4	školení pracovníků, pracovní instrukce	7	112	zvýšená pozornost při nastavování, důslednější vizuální kontrola, důslednější spolupráce s vedoucím kontroly, tabulka doporučených teplot pro jednotlivé materiály a linky	Vedoucí výroby	4	3	7

Ozn.	Krok procesu/ funkce	Možné chyby	Možné následky	S	Možné příčiny	O	Nynější opatření proti selhání	D	RPN	Doporučená nápravná opatření	Odpovědnost	Přepoččet RPN po zavedení nápravných opatření			
												S	O	D	RPN
3.5	extruze			4	nedostatečná specifikace teplot	2	pracovní instrukce, tabulka teplot	7	56						
				4	špatná funkčnost čidel teploty	4	pravidelné měření kalibrovaným teploměrem	7	112	online monitoring (sběr dat do PC)	Vedoucí výroby	4	3	5	60
				4	nedodržení pracovního postupu	2	krytování hotové výroby	7	56						
		nekrytý kontejner	kontaminace materiálu	4	nedodržení pracovního postupu	2	krytování hotové výroby	7	56						
				4	opotřeбенý šnek	4	pravidelné měření opotřeбенí	7	112	funkční (neopotřeбенý šnek v zásobě), zprísněná kontrola	Vedoucí údržby	4	3	7	84
		4	opotřeбенá komora extr.	4	pravidelné měření opotřeбенí	4	64								
		4	špatně zvolený postup extruze (jelo jen 1x místo 2x)	3	plánování výroby, kontrola plánu	7	84	důslednější spolupráce s vedoucím kontroly	Vedoucí kontroly	4	2	7	56		
		4	špatně zvolený postup extruze (jelo 2x místo 1x)	3	plánování výroby, kontrola plánu	7	84	důslednější spolupráce s vedoucím kontroly	Vedoucí kontroly	4	2	7	56		
		3	špatně zvolený typ stroje (1 nebo 2 šnek)	2	plánování výroby, kontrola plánu	7	42								

Ozn.	Krok procesu/ funkce	Možné chyby	Možné následky	S	Možné příčiny	O	Nynější opatření proti selhání	D	RPN	Doporučená nápravná opatření	Odpovědnost	Přepočet RPN po zavedení nápravných opatření					
												S	O	D	RPN		
				3	odsazování při dávkování	4	homogenizace	7	84	gravimetrické dávkování (u nové linky)	Vedoucí výroby	3	2	7	42		
				3	nepoužití vakua	2	pracovní postup, poznámka ve VP	7	42								
		přerušení extruze	změna odstínu, nečistoty	3	zaseklý granulátor	3	nastavení správných parametrů granulátoru	7	63	změna dodavatele odtahových válečků, náhradní granulátor k dispozici	Vedoucí údržby	3	2	7	42		
			zastavení extruderu	3	technický stav zařízení	2	plán údržby	7	42								
		změna parametrů stroje	degradace materiálu, špatný odstín	4	porucha chladicího okruhu	2	plán údržby	7	56	online monitoring s upozorněním na mobil	Vedoucí výroby	4	2	5	40		
				4	porucha teplotních čidel	2	pravidelné měření kalibrovaným teploměrem	4	32								
			přetížení stroje, snížení výkonu	4	porucha cirkulace oleje	2	plán údržby	7	56								
		3.6	chlazení strun	teplota vody nad předepsanou hodnotou	špatná granulace, neposekané struny	4	chyba pracovníka	3	vizuální kontrola, pracovní instrukce, školení pracovníků	7	84						
						4	porucha chladicího okruhu	1	plán údržby	7	28						

Ozn.	Krok procesu/ funkce	Možné chyby	Možné následky	S	Možné příčiny	O	Nynější opatření proti selhání	D	RPN	Doporučená nápravná opatření	Odpovědnost	Přepočet RPN po zavedení nápravných opatření			
												S	O	D	RPN
3.7	odsávání vody ze strun	nedostatečné odsávání	vysoké % vlhkosti v MB	3	technický stav zařízení	1	plán údržby	7	21						
				3	chyba pracovníka	1	vizuální kontrola, pracovní instrukce, školení pracovníků	7	21						
3.8	granulace	špatná granulace	špatná velikost granulí, reklamace	6	špatné nastavení parametrů granulátoru	2	vizuální kontrola, parametry na VP	7	84						
				6	nejednotný granulát, granulát s otřepy, reklamace	2	vizuální kontrola, plán údržby	7	84						
				6	nevhodný tvar granulátu, reklamace	2	vizuální kontrola	7	84						
		prokluzování strun	neposekané struny, reklamace	6	nadměrná přítlačná síla	2	vizuální kontrola	7	84						
				6	nedostatečná přítlačná síla	2	vizuální kontrola	7	84						
				6	křehký materiál	2	změna receptury	7	84						
				4	shlukování extrudovaného materiálu v chladicí vaně, ztráta materiálu	2	plán údržby	7	56						

Ozn.	Krok procesu/ funkce	Možné chyby	Možné následky	S	Možné příčiny	O	Nynější opatření proti selhání	D	RPN	Doporučená nápravná opatření	Odpovědnost	Přepočet RPN po zavedení nápravných opatření			
												S	O	D	RPN
3.9	vstřikování	problematické vstřikování	špatný odstín	3	ucpání chladících kanálek- forma	2	plán údržby	7	42						
			přepálený povrch výlisku	3	ucpání odvzdušňová ní formy	2	vizuální kontrola, pravidelné čištění	7	42						
			špatný povrch výlisku	3	mechanické poškození formy	2	vizuální kontrola	7	42						
3.10	pytlování	nesouhlasné množství se štítkem	reklamace	6	chyba pracovníka	2	kontrola vážením	4	48						
				6	technický stav zařízení	2	plán údržby, kalibrace	4	48						
		poškození pytle	přepytlování	3	chyba pracovníka	2	vizuální kontrola	7	42						
		kontaminace jiným materiálem	reklamace	6	nedostatečné vyčištění zařízení	2	čištění tlakovým vzduchem	7	84						
		záměna identifikace	reklamace	6	chyba pracovníka	2	systém dvojí kontroly (štítek + značení na lemu pytle)	7	84						

Ozn.	Krok procesu/ funkce	Možné chyby	Možné následky	S	Možné příčiny	O	Nynější opatření proti selhání	D	RPN	Doporučená nápravná opatření	Odpovědnost	Přepoččet RPN po zavedení nápravných opatření				
												S	O	D	RPN	
4													Kontrola			
4.1	kontrola materiálu zkouškou	uvolnění nevyhovujícího materiálu	špatný odstín, špatné vlastnosti, reklamace	6	chyba pracovníka	2	školení pracovníků, plán kontrol a zkoušek	7	84							
				6	přístroj není kalibrován	1	pravidelná kalibrace	4	24							
		6	parametry zkoušky mimo toleranci	reklamace, nedodržení termínu, parametry mimo toleranci	6	nekvalitní materiál od dodavatele	2	komunikace s dodavatelem, plán kontrol a zkoušek	4	48						
4.2	kontrola materiálu dle atestu	uvolnění nevyhovujícího materiálu	špatný odstín, špatné vlastnosti, reklamace	6	chyba pracovníka	1	vizuální kontrola dle atestu	7	42							
		kontrola neprovedena	reklamace, nedodržení termínu	4	nedodán atest	3	komunikace s dodavatelem, plán kontrol a zkoušek	7	84							
		materiál neuvolněn	reklamace dodavatelí, nedodržení termínu	6	neshoda parametrů	1	komunikace s dodavatelem	3	18							
4.3	kontrola odstínu	nevyhovující kontrola	opětovná výroba destičky, zpoždění výroby	4	špatně vyrobená destička	2	školení pracovníků, pracovní instrukce	4	32							
				5	nesprávně odebraný vzorek	2	školení pracovníků, pracovní instrukce	7	70							
				4	přístroj není kalibrován	1	pravidelná kalibrace	4	16							

Ozn.	Krok procesu/ funkce	Možné chyby	Možné následky	S	Možné příčiny	O	Nynější opatření proti selhání	D	RPN	Doporučená nápravná opatření	Odpovědnost	Přepoččet RPN po zavedení nápravných opatření			
												S	O	D	RPN
5 Skladování + Expedice															
5.1	dodání materiálu - přejímka	pozdní dodání	Omezení výroby, nedodržení termínu	4	přepravní společnost	2	komunikace s přepravní společností	3	24						
				4	špatné plánování	2	minima a maxima materiálu	3	24						
		dobání nekvalitního materiálu	Reklamace, omezení výroby, nedodržení termínu	4	dodavatel materiálu	5	komunikace s dodavatelem, plán kontrol a zkoušek	7	140	zvolení nového dodavatele	Ředitel	4	3	7	84
		dobání poškozeného materiálu	Reklamace, omezení výroby, nedodržení termínu	4	přepravní společnost	2	plán kontrol a zkoušek	7	56						
		dobání neúplného materiálu	Reklamace, omezení výroby, nedodržení termínu	4	přepravní společnost	2	plán kontrol a zkoušek	7	56						
		dobání špatného materiálu	Reklamace, omezení výroby, nedodržení termínu	4	přepravní společnost	1	plán kontrol a zkoušek	7	28						
		špatná identifikace	uvolnění nezkontrolova ného materiálu	4	chyba pracovníka	1	karanténní sklad, plán kontrol a zkoušek	7	28						

Ozn.	Krok procesu/ funkce	Možné chyby	Možné následky	S	Možné příčiny	O	Nynější opatření proti selhání	D	RPN	Doporučená nápravná opatření	Odpovědnost	Přepoččet RPN po zavedení nápravných opatření				
												S	O	D	RPN	
5.2	expedice materiálu	dodání po termínu	pokuta (sankce), ztráta důvěry	5	zdržení přepravní společností	4	stanovení sankcí se stávající přepravní společností	7	140	zavedení časové rezervy	Plánovač výroby	5	2	7	70	
				5	špatné plánování výroby	4	kontrola výrobního plánu	7	140	zavedení časové rezervy, zavedení funkce plánovače výroby	Plánovač výroby	5	2	7	70	
		nedodání zásilky	pokuta (sankce), ztráta důvěry, nová výroba	4	ztráta zásilky přepravní společností	2	stanovení sankcí se stávající přepravní společností	7	56							
		dodání špatné zásilky	reklamace	6	záměna přepravní společností	2	stanovení sankcí se stávající přepravní společností	7	84							
				6	chyba pracovníka	2	kontrola podle dokumentace	7	84	zavedení čárových kódů	Ředitel	6	1	4	24	
		dodání poškozené zásilky	reklamace, opětovná výroba	6	poškození zásilky přepravní společností	4	stanovení sankcí se stávající přepravní společností	7	168	větší objemy ukládat na palety	Vedoucí skladník	6	2	7	84	
5.3	balení zásilky	nevhodně zvolený postup balení (včetně materiálu)	reklamace	6	chyba pracovníka	4	komunikace se zákazníkem, školení pracovníků, pracovní instrukce	7	168	optimalizace balení - další kartony po stranách, cedulky "NESTOHO- VAT"	Vedoucí skladník	6	2	7	84	
		záměna dodacího listu	zpoždění výroby u zákazníka - nemůže napříjmovat	4	chyba pracovníka	2	komunikace se zákazníkem, vizuální kontrola	7	56							
		nesprávné množství	reklamace	6	chyba pracovníka	2	vizuální kontrola	7	84	zavedení čárových kódů	Ředitel	4	1	4	16	

PŘÍLOHA 3 Vyplněný formulář metody BOMECH

Číslo úlohy	Úloha	Pravděpodobný následek špatného provedení úlohy (nebo její neprovedení)	Koef. k_N	Výsledná kategorie
1	vyložení materiálu	poškození materiálu	28	C
2	manipulace s materiálem (převoz)	poškození materiálu	29	C
3	identifikace materiálu (označení)	chybná nebo chybějící identifikace	43	C
4	uložení materiálu na vyhrazené místo	uložení materiálu na chybné místo	30	C
5	kontrola průvodní dokumentace (atesty, dodací listy)	chybně vyhodnocená kontrola	35	C
6	plánování výroby	nevhodně naplánovaná výroba	51	B
7	plánování vývoje	nevhodně naplánovaný vývoj	37	C
8	sušení surovin	neshodný MB	27	C
9	navážení surovin	neshodný MB	62	B
10	čištění nádoby před nabráním suroviny	neshodný MB	56	B
11	doplňování skladových zásob	chybějící suroviny	46	C
12	výpočet navážky	neshodný MB	40	C
13	identifikace navážené směsi	chybná nebo chybějící identifikace	27	C
14	úklid pracoviště	nepořádek, riziko kontaminace surovin	26	C
15	čištění výr. linky	neshodný MB	54	B
16	nastavení parametrů výr. linky	neshodný MB	44	C
17	úklid kolem výr. linky	nepořádek, riziko kontaminace MB	30	C
18	provedení homogenizace	nehomogenní směs	50	B
19	přidání antistatického přípravku	nehomogenní směs	31	C
20	čištění homogenizačního zařízení (HZ)	kontaminace surovin, MB	52	B
21	nastavení parametrů homogenizačního zařízení	nehomogenní směs	34	C
22	výběr nejbližšího odstínu	opakovaný výběr	20	C
23	Korekce (návrh) receptury	opakovaná korekce	33	C

24	přezkoumání poptávky	zadána chybná poptávka	44	C
25	identifikace (označení odstínu)	chybná nebo chybějící identifikace	38	C
26	extruze	neshodný MB	40	C
27	vizuální kontrola MB (odstín, granule)	chybně vyhodnocená kontrola	50	B
28	zapsání parametrů do VP	chybné parametry ve VP	33	C
29	odebrání kontrolního vzorku	chybně vyhodnocená kontrola	52	B
30	vyhledání standardu	použití chybného standardu	35	C
31	výroba destičky	chybné destičky	32	C
32	vizuální kontrola výlisků	chybně vyhodnocená kontrola	29	C
33	porovnání se standardem	chybně vyhodnocená kontrola	39	C
34	měření na spektrofotometru	chybně vyhodnocená kontrola	43	C
35	zápis o kontrole	opakovaná kontrola	28	C
36	pytlování hotových výrobků na automatické pytlovače (PE ventilové pytle)	nevhodně nebo chybně napytlováno	37	C
37	zaznamenání přesné hmotnosti	chybná hmotnost	33	C
38	identifikace (pomocí etiket)	chybná nebo chybějící identifikace	35	C
39	balení menších balíkových zásilek (kartonové krabice, bublinkové obálky)	chybně zabaleno	41	C
40	balení paletových zásilek	chybně zabaleno	37	C
41	vážení výrobků pro prodej (obchodní váha)	chybná hmotnost	40	C
42	vychystávání zboží + dokumenty k expedici	nevychystáno, nedodržení termínu	33	C
43	osobní předání	nepředáno, nedodržení termínu	26	C
44	tvorba průvodní dokumentace (dodací listy, atesty)	chybná průvodní dokumentace	28	C
45	zaslání smluvní dopravou nebo PPL	nezasláno, nedodržení termínu	28	C
46	komunikace s dopravcem, zákazníkem	nedostatečná komunikace, nedorozumění	32	C

Human HAZOP					
Lifocolor, s.r.o.	Proces: Vývoj a výroba barevných koncentrátů Popis činnosti: Příprava výroby Popis úlohy: 6 - Plánování výroby			Datum vytvoření: 4.5.2018 Datum revize: Strana:	
Klíčové slovo	Odchylka	Příčina	Následek	Bezpečnostní funkce	Akce/Opatření
ČÁST	Pracovník nevhodně naplánoval výrobu	chyba pracovníka - nedodržení pracovního postupu	nedodržení termínu, kontaminace MB, nadměrná spotřeba čisticího materiálu	školení pracovníků	Zavedení funkce plánovače výroby

Human HAZOP					
Lifocolor, s.r.o.	Proces: Vývoj a výroba barevných koncentrátů Popis činnosti: Příprava surovin Popis úlohy: 9 - Navážení surovin			Datum vytvoření: 4.5.2018 Datum revize: Strana:	
Klíčové slovo	Odchylka	Příčina	Následek	Bezpečnostní funkce	Akce/Opatření
NEPROVEDENO	Pracovník opomene navážít suroviny	chyba pracovníka - nepozornost	Zpoždění výroby, nedodržení termínu	školení pracovníků, výrobní plán	důslednější kontrola výrobního plánu
	Pracovník opomene nenavážít některou ze surovin	chyba pracovníka - nepozornost, pracovní vytížení, únava	špatný odstín, špatné vlastnosti	školení pracovníků, receptura	zvýšená pozornost pracovníků, důslednější kontrola, zavedení čárových kódů
OPAKOVÁNO	Pracovník naváže některou surovinu vícekrát	chyba pracovníka - nepozornost, pracovní vytížení, únava	špatný odstín, špatné vlastnosti	školení pracovníků, receptura	zvýšená pozornost pracovníků, důslednější kontrola, zavedení čárových kódů

Klíčové slovo	Odchyłka	Příčina	Následek	Bezpečnostní funkce	Akce/Opatření
MÉNĚ	Pracovník naváží menší množství suroviny	chyba pracovníka - nepozornost	špatný odstín, špatné vlastnosti	system dvojí kontroly (výpočet + vážení), školení pracovníků, receptura	system 4 očí - vážič + kontrolor, zavedení čárových kódů
VÍCE	Pracovník naváží větší množství suroviny	chyba pracovníka - nepozornost	špatný odstín, špatné vlastnosti	system dvojí kontroly (výpočet + vážení), školení pracovníků, receptura	system 4 očí - vážič + kontrolor, zavedení čárových kódů
POZDĚJI	Pracovník provede přípravu surovin později, než stanovuje výrobní plán	chyba pracovníka – nepozornost	Zpoždění výroby, nedodržení termínu	školení pracovníků, výrobní plán	důslednější kontrola výrobního plánu, komunikace mezi vážičem a vedoucím směny
JINÝ NEŽ	Pracovník kontaminuje připravenou směs jiným materiálem	chyba pracovníka - nepozornost	kontaminace směsi, špatný odstín, špatné vlastnosti	školení pracovníků	zvýšená pozornost pracovníků
	Pracovník naváží jinou surovinu (záměna)	chyba pracovníka - nepozornost	špatný odstín, špatné vlastnosti	školení pracovníků, receptura	informovat pracovníky o případných následcích, zvýšená pozornost pracovníků, důslednější kontrola, zavedení čárových kódů

Human HAZOP

Lifocolor, s.r.o.	Proces: Vývoj a výroba barevných koncentrátů			Datum vytvoření: 4.5.2018	
	Popis činnosti: Příprava surovin			Datum revize:	
	Popis úlohy: 10 - Čištění nádoby před nabráním suroviny			Strana:	
Klíčové slovo	Odchyłka	Příčina	Následek	Bezpečnostní funkce	Akce/Opatření
NEPROVEDENO	Pracovník nevyčistí nádobu	chyba pracovníka - nedodržení pracovního postupu, nepozornost, lenost, časová tíseň	kontaminace jinou surovinou	vizuální kontrola, pracovní instrukce, školení pracovníků	informovat pracovníky o případných následcích
MÉNĚ	Pracovník nedostatečně vyčistí nádobu	chyba pracovníka - nedodržení pracovního postupu, nepozornost, lenost, časová tíseň	kontaminace jinou surovinou	školení pracovníků, vizuální kontrola	zvýšená pozornost pracovníků, důslednější vizuální kontrola
JINÝ NEŽ	Pracovník použije jiný postup (prostředek) pro čištění nádoby	chyba pracovníka - nedodržení pracovního postupu	kontaminace jinou surovinou	školení pracovníků	čištění tlakovým vzduchem

Human HAZOP

Lifocolor, s.r.o.	Proces: Vývoj a výroba barevných koncentrátů Popis činnosti: Příprava výr. linky Popis úlohy: 15 - Čištění výr. linky			Datum vytvoření: 4.5.2018 Datum revize: Strana:	
Klíčové slovo	Odchyłka	Příčina	Následek	Bezpečnostní funkce	Akce/Opatření
NEPROVEDENO	Pracovník opomene vyčistit výr. linku	chyba pracovníka - nedodržení pracovního postupu, nepozornost, lenost, časová tíseň	kontaminace MB, flekaté granule, tečky, nečistoty	vizuální kontrola, pracovní instrukce, školení pracovníků, plán údržby	informovat na školení o případných následcích
	Pracovník opomene zakrytovat kontejner (hotovou výrobu) při čištění	chyba pracovníka - nedodržení pracovního postupu, nepozornost, lenost	kontaminace materiálu	pracovní instrukce, školení pracovníků	Použit kryt kontejneru s magnetickým páskem
MÉNĚ	Pracovník nedostatečně vyčistí výr. linku	chyba pracovníka - nedodržení pracovního postupu, nepozornost, lenost, časová tíseň	kontaminace MB, flekaté granule, tečky, nečistoty	vizuální kontrola, pracovní instrukce, školení pracovníků, kontrola	vytažení šneků před citlivou výrobou, zvýšená pozornost pracovníků, důslednější kontrola
JINÝ NEŽ	Pracovník použije nevhodný čistící materiál	chyba pracovníka - nedodržení pracovního postupu, nepozornost	nedostatečně vyčištěná výr. linka	pracovní instrukce, školení pracovníků	nový čistící materiál (PP se sklem)
ČÁST	Pracovník provede čištění pouze části výr. linky	chyba pracovníka - nedodržení pracovního postupu, lenost, časová tíseň	nedostatečně vyčištěná výr. linka	pracovní instrukce, školení pracovníků	zvýšená pozornost pracovníků, důslednější kontrola

Human HAZOP					
Lifocolor, s.r.o.	Proces: Vývoj a výroba barevných koncentrátů Popis činnosti: Homogenizace Popis úlohy: 18 - Provedení homogenizace			Datum vytvoření: 4.5.2018 Datum revize: Strana:	
	Klíčové slovo	Odchyłka	Příčina	Následek	Bezpečnostní funkce
NEPROVEDENO	Pracovník neprovede homogenizaci	chyba pracovníka - nedodržení pracovního postupu, nepozornost, lenost, časová tíseň	nehomogenní směs, špatné probarvení, nevyhovující kontrola	vizuální kontrola, pracovní instrukce, školení pracovníků	zavedení odpovědnosti vedoucího směny, informovat pracovníky o případných následcích
MÉNĚ	Pracovník provede homogenizaci po příliš krátkou dobu (nedostatečně)	chyba pracovníka - nedodržení pracovního postupu, nepozornost, lenost, časová tíseň	nehomogenní směs, špatné probarvení, nevyhovující kontrola	vizuální kontrola, pracovní instrukce, školení pracovníků	zavedení odpovědnosti vedoucího směny, zvýšená pozornost pracovníků,
VÍCE	Pracovník provádí homogenizaci po příliš dlouhou dobu	chyba pracovníka - nedodržení pracovního postupu, nepozornost	nehomogenní směs, špatné probarvení, nevyhovující kontrola	vizuální kontrola, pracovní instrukce, školení pracovníků	zavedení odpovědnosti vedoucího směny, zvýšená pozornost pracovníků,
ČÁST	Pracovník provede homogenizaci pouze části z celkové šarže	chyba pracovníka - nedodržení pracovního postupu	nehomogenní směs, špatné probarvení, nevyhovující kontrola	vizuální kontrola, pracovní instrukce, školení pracovníků, více typů HZ	zavedení odpovědnosti vedoucího směny

Human HAZOP

Klíčové slovo	Odchyłka	Příčina	Následek	Bezpečnostní funkce	Akce/Opatření
Lifocolor, s.r.o.	Proces: Vývoj a výroba barevných koncentrátů Popis činnosti: Příprava homogenizačního zařízení Popis úlohy: 20 - Čištění homogenizačního zařízení (HZ)			Datum vytvoření: 4.5.2018 Datum revize: Strana:	
NEPROVEDENO	Pracovník opomene vyčistit HZ	chyba pracovníka - nedodržení pracovního postupu, nepozornost, lenost, časová tíseň	kontaminace MB, flekaté granule, tečky, nečistoty	vizuální kontrola, pracovní instrukce, školení pracovníků, plán údržby	informovat pracovníky o případných následcích, zavedení odpovědnosti vedoucího směny
MÉNĚ	Pracovník nedostatečně vyčistí HZ	chyba pracovníka - nedodržení pracovního postupu, nepozornost, lenost, časová tíseň	kontaminace MB, flekaté granule, tečky, nečistoty	vizuální kontrola, pracovní instrukce, školení pracovníků	důsledné čištění HZ, opotřebované a staré sudy vyřadit, čistit tlakovým vzduchem, HZ po prášku čistit mokrou cestou
JINÝ NEŽ	Pracovník použije jiný postup čištění	chyba pracovníka - nedodržení pracovního postupu, nepozornost	nedostatečně vyčištěná výr. linka	pracovní instrukce, školení pracovníků	informovat pracovníky o případných následcích, zavedení odpovědnosti vedoucího směny, čistit tlakovým vzduchem, HZ po prášku čistit mokrou cestou

Human HAZOP

Lifocolor, s.r.o.	Proces: Vývoj a výroba barevných koncentrátů Popis činnosti: Kontrola Popis úlohy: 27 - Vizualní kontrola MB (odstín, granule)			Datum vytvoření: 4.5.2018 Datum revize: Strana:	
Klíčové slovo	Odchylka	Příčina	Následek	Bezpečnostní funkce	Akce/Opatření
NEPROVEDENO	Pracovník opomene provést vizuální kontrolu	chyba pracovníka - nedodržení pracovního postupu, nepozornost, lenost	špatný odstín, špatná velikost granulí	školení pracovníků, pracovní instrukce	zvýšená pozornost pracovníků, poznámka ve VP (+podpis), informovat pracovníky o případných následcích
MÉNĚ	Pracovník provede nedostatečnou vizuální kontrolu	chyba pracovníka - nedodržení pracovního postupu, nepozornost, lenost	špatný odstín, špatná velikost granulí	školení pracovníků, pracovní instrukce	zvýšená pozornost pracovníků, důslednější kontrola zejména při najetí nového odstínu

Human HAZOP

Lifocolor, s.r.o.	Proces: Vývoj a výroba barevných koncentrátů Popis činnosti: Výroba Popis úlohy: 29 - Odebrání kontrolního vzorku			Datum vytvoření: 4.5.2018 Datum revize: Strana:	
Klíčové slovo	Odchyłka	Příčina	Následek	Bezpečnostní funkce	Akce/Opatření
NEPROVEDENO	Pracovník opomene odebrat kontrolní vzorek	chyba pracovníka - nedodržení pracovního postupu, nepozornost, lenost	nelze uvolnit materiál, nedodržení termínu	školení pracovníků, pracovní instrukce	zlepšení systému předávání vzorků, informovat pracovníky o případných následcích
MÉNĚ	Pracovník odebere menší množství vzorku	chyba pracovníka - nedodržení pracovního postupu, nepozornost	nedostatek materiálu pro kontrolu, opětovné nabrání vzorku, nedostatečné množství pro archivaci	školení pracovníků, pracovní instrukce	nabírat max. množství do sáčku
JINÝ NEŽ	Pracovník špatně označí vzorek	chyba pracovníka - nedodržení pracovního postupu, nepozornost	špatně vyhodnocená kontrola, opakovaná kontrola	kontrola	zvýšená pozornost pracovníků, důslednější kontrola