

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: N2301      Strojní inženýrství  
Studijní zaměření: 2301T007      Průmyslové inženýrství a management

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Implementace prvků interní čistoty výrobního systému s ohledem na požadavky  
zákazníka

Autor:                      **Bc. Jakub JIRSA**  
Vedoucí práce:        **Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D**

Akademický rok 2012/2013

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta strojní  
Akademický rok: 2012/2013

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jakub JIRSA**  
Osobní číslo: **S11N0093P**  
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Průmyslové inženýrství a management**  
Název tématu: **Implementace prvků interní čistoty výrobního systému  
s ohledem na požadavky zákazníka**  
Zadávající katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

Z á s a d y   p r o   v y p r a c o v á n í :

1. Úvod
2. Představení společnosti
3. Analýza současného stavu
4. Návrh řešení
5. Výsledky
6. Závěr

Rozsah grafických prací: 2 - 5 výkresů

Rozsah pracovní zprávy: 50 - 70 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

1. KOVAČ, M., BUDA, J., ŠIMŠÍK, D. *Projektovanie výrobných systémov* /1. vyd. Bratislava: 1991. ISBN 80-05-00709-4.
2. VIGNER, M., KRÁL, M., ZELENKA, A. *Metodika projektování výrobních procesů* /1. vyd. Praha: 1984. ISBN (váz.).
3. KORECKÝ, M., TRKOVSKÝ, V. *Management rizik projektů: se zaměřením na projekty v průmyslových podnicích* /1. vyd.. Praha: 2011. ISBN 978-80-247-3221-3.

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.

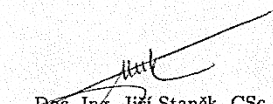
Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Konzultant diplomové práce: Ing. Jiří Kudrna

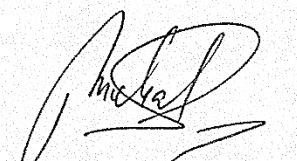
Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Datum zadání diplomové práce: 24. září 2012

Termín odevzdání diplomové práce: 24. května 2013

  
Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.  
děkan



  
Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 24. září 2012

## **Prohlášení o autorství**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne: .....

.....

podpis autora

## ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	<b>Příjmení</b> Jirsa	<b>Jméno</b> Jakub		
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	Průmyslové inženýrství a management			
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	<b>Příjmení (včetně titulů)</b> Doc. Ing. Edl, Ph.D	<b>Jméno</b> Milan		
<b>PRACOVIŠTĚ</b>	ZČU - FST - KPV			
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<del><b>BAKALÁŘSKÁ</b></del>	<b>Nehodící se škrtněte</b>	
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Implementace prvků interní čistoty výrobního systému s ohledem na požadavky zákazníka			

<b>FAKULTA</b>	Strojní	<b>KATEDRA</b>	KPV	<b>ROK ODEVZD.</b>	2013
----------------	---------	----------------	-----	------------------------	------

### POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	71	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	71	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	0
---------------	----	---------------------	----	--------------------------	---

<b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	Diplomová práce se zabývá problémem interní čistoty výparnickového tělesa z pohledu negativního dopadu na kvalitu výrobku. První částí práce se zaměřuje na analýzu současného stavu, představení produktu, seznámení čtenáře s výrobním procesem a nalezení možných zdrojů nečistot. V druhé části práce jsou navrženy nápravná opatření, která jsou zhodnocena z hlediska účinnosti a také z hlediska finanční náročnosti. V závěru práce jsou stanovena doporučení pro podnik, jaké kroky realizovat ke snížení hodnot interní čistoty.
<b>KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b>	Interní čistota, kvalita produktu, jakost produktu, výparník, klimatizace

## SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

<b>AUTHOR</b>	<b>Surname</b> Jirsa	<b>Name</b> Jakub	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	Industrial Engineering and Management		
<b>SUPERVISOR</b>	<b>Surname (Inclusive of Degrees)</b> Doc. Ing. Edl, Ph.D	<b>Name</b> Milan	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KPV		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<del><b>BACHELOR</b></del>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Implementation of internal cleanliness elements in the production system considering customer requirements		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	KPV	<b>SUBMITTED IN</b>	2013
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	71	<b>TEXT PART</b>	71	<b>GRAPHICAL PART</b>	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	<p>This diploma thesis solves the problem of internal cleanliness of the evaporator core in terms of negative impact to the product quality. The first part of diploma thesis focuses on the analysis of the current situation, the performance of the product, meeting the manufacturing process and finding possible sources of contamination. In the second part of thesis are designed possible solutions, evaluated in terms of efficiency and in terms of financial cost. In conclusion, there are recommendations for company, what steps are necessary to realize to decrease values of the internal cleanliness.</p>
<b>KEY WORDS</b>	Internal cleanliness, product quality, evaporator, air condition

## Seznam použitých symbolů a zkratek

bar	Jednotka tlaku
Brazing	Linka pájení
CLOE	Výparníková technologie 48 mm
Core Assembly	Pracoviště montáže bloků
Cover	Zpevňující komponent bloku
ČSN EN ISO	Označení Evropské normy
DESIRE	Výparníková technologie 60 mm
DFS	Degreasing and Fluxing Station – odmašťovací a fluxovací stanice
ESD	Antistatická technologie výroby oděvů
Finishing	Dokončovací montážní linka
g	Gram
GL	Gross Leak – pracoviště testující velké netěsnosti bloku
h	Entalpie
HF-E	Chemické rozpouštědlo
HVAC	Vzduchová jednotka klimatizace
Inner fin	Vnitřní tvarovaná lamela
Kč	Koruna česká
KE-8	Výparníková technologie 40 mm
KLT	Kleinladungsträger - plastové přepravečky
Krimpování	Montáž komponentů vůči sobě pomocí zahnutí zubů
Lock ring	Kroužek k nalisování trubek na sleeve
LOIC	Low Odor Impact Coation – nátěr proti zápachu
LUCIE	Výparníková technologie 38 mm
m <sup>2</sup>	Metr čtvereční
mg	Miligram
mm	Milimetr
p	Tlak
R134a	Chladící médium
s	Entropie
SAP	Systeme, Anwendungen, Produkte – ERP systém
Sleeve	Válcové připojení trubek k bloku
Square fin	Vnější tvarovaná lamela
T	Teplota
TPM	Total Preventive Maintenance – kompletní preventivní údržba

Tube assembly      Pracoviště montáže trubek

TXV                  Thermal expansion valve – termostatický ventil

μm                  Mikrometr



## Obsah

1	Úvod	2
2	Vymezení cílů	3
2.1	Interní čistota	3
2.2	Jakost výroby	3
3	Představení společnosti	5
3.1	Představení portfolia produktů	5
3.1.1	I. generace - DESIRE	5
3.1.2	II. generace – CLOE	5
3.1.3	III. generace – KE-8	6
3.1.4	IV. generace – LUCIE	6
3.2	Chladicí oběh	7
3.2.1	Chladicí oběh s dvoufázovým médiem	8
3.2.2	Schematické uspořádání chladicího oběhu	9
4	Analýza současného stavu	12
4.1	Zákaznické specifikace	12
4.2	Analýza produktu: kompresor	15
4.2.1	Analýza hodnot interní čistoty dodavatele	15
4.2.2	Vlastní měření interní čistoty kompresoru	17
4.3	Analýza produktu: výparníkové těleso	20
4.3.1	Koncový design výparníkového bloku	20
4.3.2	Boční design výparníkového bloku	20
4.3.3	Jednotlivé komponenty výparníkového tělesa	21
4.4	Analýza pracovišť ve výrobním procesu	23
4.5	Identifikace zdroje nečistot brazingové a finishingové linky	31
4.6	Test vláken po peci	31
4.6.1	Analýza bloku č. 1	31
4.6.2	Analýza bloku č. 2	32
4.6.3	Zhodnocení	33
4.7	Hledání zdroje nečistot – analýza „Step by Step“	33
4.7.1	1. krok – lisování	34
4.7.2	2. krok – odmaštění	35
4.7.3	3. krok – sklad komponent	36
4.7.4	4. krok – inner finy po odmaštění	37
4.7.5	5. krok -montáž trubek	37

4.7.6	Vývoj vzniku nečistot dle příslušných pracovišť	39
4.7.7	Zhodnocení jednotlivých pracovišť	41
4.8	Vzduchotechnika výrobní haly	41
4.8.1	Ventilace a filtry vzduchotechniky	41
4.8.2	Analýza prašnosti ve výrobní hale	41
4.8.3	Množství polétavých nečistot	43
4.9	Analýza vláken ve výrobní hale	44
4.10	Analýza pracovních oděvů a vliv na interní čistotu	44
4.10.1	Testování otěru vláken pracovních oděvů	45
4.10.2	Zhodnocení pracovních oděvů	46
4.10.3	Testování otěru vláken pracovních rukavic	47
4.10.4	Zhodnocení pracovních rukavic	48
4.11	Analýza skladování komponentů	48
4.11.1	Skladování desek	48
4.11.2	Skladování inner finů	52
5	Navržená opatření	53
5.1	Čištění komponent ve výrobním procesu	53
5.1.1	Vzduchové čištění trubek	53
5.1.2	Vzduchové čištění výparníkového bloku	56
5.2	Změna dodavatele pracovních oděvů	58
5.2.1	Cenové zhodnocení	59
5.3	Změna metodiky skladování komponent a stohování přepravek	60
5.3.1	Cenové zhodnocení	60
5.4	Skladování inner finů	61
5.5	Nebezpečí kontaminace komponentů nečistotami z přepravek	61
5.5.1	Náklady na provoz vlastního mycího zařízení	62
5.5.2	Náklady na provoz pronajatého zařízení	63
5.5.3	Náklady na čištění beden subdodavatelem	63
5.5.4	Finanční zhodnocení variant	64
5.6	Kryt zásobníku inner finů	65
6	Zhodnocení navržených řešení	66
7	Závěr	69
8	Použitá literatura	70

## **Anotace**

Tato diplomová práce se zabývá tématem interní čistoty výparníkového tělesa, které je jedním z prvků klimatizačního okruhu. Výrobní procesy nejsou vždy připravené a navržené na splnění nových zákaznických požadavků/specifikací. Následkem čehož dochází k odchylkám od těchto požadavků/specifikací. V rámci těchto odchylek jsou se zákazníky vyjednávány výjimky pro tyto specifikace v případech, kdy investice k dosažení plnění zákaznických požadavků/specifikací ne zcela zaručí shodu s požadavky nebo výše investice neodpovídá závažnosti neshody s požadavky.

První teoretická část mé diplomové práce obsahuje zmapování současného procesu výroby, následuje vyhodnocení interní čistoty a čistoty samotných komponentů v jednotlivých výrobních krocích. Tato analytická část je podstatná pro schopnost identifikace míst ve výrobním procesu, kde je nutné implementovat nápravná opatření. Praktická část diplomové práce je zaměřena na navržení a ověření nápravných opatření s ohledem na minimální zásah do výrobního procesu a s důrazem na minimální náklady.

## 1 Úvod

Výrobní podniky v současné době kladou stále vyšší důraz na kvalitu produktu s cílem získání konkurenční výhody již na poměrně přesyceném trhu. Tento důraz na kvalitu je kladem především ve všech odvětví automobilového průmyslu. Proto se stala kvalita v automobilovém průmyslu významnou součástí všech výrobních a montážních procesů, počínaje u dodavatelů jednotlivých komponentů a konče samotnou montáží automobilu na výrobní lince. Vzhledem ke komplexnosti a složitosti automobilu může jediná vadná součást zapříčinit poruchu vozu. V případě, kdy se vada projeví již v automobilu u zákazníka, mohou náklady spojené s reklamací vzrůst enormně vysoko, do tisíců až desetitisíců euro. Odhalení vady u zákazníka je až ten nejhorší scénář, obvykle lze vadu vysledovat v jiném výrobním závodu či na výrobní lince automobilky. Ve všech případech však platí, že výdaje spojené s reklamací jsou vždy poměrně vysoké. Z tohoto důvodu požadují automobilky stále vyšší důraz na kvalitu dodávaných komponentů. Dodavatelé a subdodavatelé jsou tak nuceni řešit problémy s dodržováním specifikací v oblasti kvality a jakosti výroby. Jedním z mnoha parametrů kvality je interní čistota výrobku.

Interní čistota výrobku je v automobilovém průmyslu již zavedeným standardem, který je vyžadován ze strany zákazníků od dodavatelů veškerých dílů automobilu. Pojem interní čistota je spojován především s komponenty, ve kterých proudí určité médium a hrozí zde zablokování činnosti některého z komponentů. Na různé komponenty jsou kladeny různé požadavky, stejně tak různí výrobci automobilů kladou rozdílné požadavky na dodavatele dílů automobilu. V tomto případě se práce věnuje interní čistotě výparníku a také interní čistotě dalších komponentů chladicího okruhu automobilu. V chladicím okruhu se nachází několik komponentů různých dodavatelů. V rámci této práce je podrobněji analyzováno výparníkové těleso za účelem zlepšení hodnot interní čistoty. Následuje částečná analýza kompresoru za účelem porovnání výsledků výparníků s kompresorem. Výparník je dodáván několika zákazníkům s rozdílnými specifikacemi čistoty, nicméně vyráběné komponenty a výparníkové bloky jsou pro všechny zákazníky stejné. Pro splnění specifikací všech zákazníků je tedy nutné splňovat ty nejpřísnější kritéria. Největší problém splňování specifikací jsou organická vlákna, organické částice a u některých zákazníků také metalické částice.

## 2 Vymezení cílů

Tato práce vznikla na základě potřeby výrobního závodu snížit dopady provozu na interní čistotu vlastního produktu. Potřeba řešení interní čistoty vznikla ze strany zákazníků, kteří chtějí minimalizovat možné závady a defekty na některém z komponentů montovaných do automobilů. Řešení interní čistoty produktu je obsáhlý obor, zahrnující veškeré vlivy prostředí obklopující zkoumaný produkt.

Spolu s vedením společnosti byly stanoveny jednotlivé cíle této diplomové práce. Prvním cílem je podrobné zmapování procesu výroby, vyhodnocení současného stavu interní čistoty a souhrnné čistoty komponentů. Dalším cílem je identifikace míst ve výrobním procesu, kde je nutné navrhnout možná nápravná opatření. Posledním cílem diplomové práce je samotné navržení a následné ověření nápravných opatření s ohledem na minimální zásahy do výrobního procesu a na minimální náklady.

### 2.1 Interní čistota

Interní čistota je obor, kterým lze hodnotit výskyt nečistot v koncových produktech, které obdrží zákazník. Jelikož se jedná o prvky oběhů obsahující stlačené médium, je pečlivě kontrolováno, zda se do oběhu může z některého výrobku dostat nečistota, která by měla za následek poškození některé další součásti oběhu. Především se jedná o pohyblivé části, jako je kompresor a části se zmenšeným průřezem, jako např. termostatický ventil. Nečistota ve výparníku pak může mít za následek zablokování kompresoru nebo přerušení proudění média. Taková vada může být reklamována zákazníkem a firma musí na vlastní náklady provést nápravu. Vyřizování reklamací je samozřejmě finanční zátěží. Mnohem větším rizikem je však ukončení spolupráce se zákazníkem. Z těchto důvodů je nutné řešit interní čistotu tak, aby splňovala zákaznické specifikace.

Zkoumané nečistoty lze rozdělit na několik různých skupiny. Základním rozdělením je na rozpustné a nerozpustné složky. V rozpustných složkách jsme schopni identifikovat zbytkový olej, avšak mohou se zde vyskytovat i další prvky v okrajové míře. Do nerozpustných složek lze zahrnout částice metalické, organické a vlákna. Metalické částice jsou produktem mechanického zpracování hliníkových komponent výparníku – lisování, formování, stříhání a další. Organické částice jsou produktem účasti lidského faktoru ve výrobním procesu. Jedná se o vlasy, kousky kůže a další. Do vláken pak řadíme veškeré částice vláknového charakteru. Jedná se o textilní vlákna, syntetická vlákna či metalická vlákna.

### 2.2 Jakost výroby

Pojem jakost se objevil již v jazycích před naším letopočtem. Nejstarší definice pojmu jakost je připisována Aristotelovi, se kterou se lze setkat v dobových filozofických slovnících. V současné době je však definice jakosti zcela odlišná od původní myšlenky Aristotela. V posledních desetiletí pojem jakost patří k největším fenoménům doby a samotné chápání jakosti dospělo určitých změn. Pojem jakost vymezují také někteří autoři, mezi nejznámější patří bezpochyby definice dle Jurana: „jakost je způsobilost k užití“, Crosbyho: „jakost je shoda s požadavky“ či Feigenbauma: „jakost je to, co za ni považuje zákazník“. Nejnovější slovník jakosti zpracovaný americkou společností ASQ neobsahuje žádnou definici jakosti, pouze odkazuje na nejrůznější definice různých autorů. Za oficiální definici můžeme akceptovat znění normy pro jakost ČSN EN ISO 9000:2006, která říká, že jakost je „stupeň splnění požadavků souborem inherentních charakteristik“. V definici je uveden stupeň, což

značí o možnosti měřitelnosti jakosti jako vypovídající hodnoty. Požadavky jsou definovány obvykle zákazníkem a dalších zainteresovaných stran [7].

Jakost výrobku je v současnosti zásadním kritériem konkurenceschopnosti, než tomu bylo kdykoliv předtím. Zboží je dnes na trhu mnohem více a zákazník si může vybrat kvalitní produkty. S ohledem na nasycení trhu dnes není cílem vysoký objem produkce, ale produkce kvalitních produktů za nejnižší cenu. Důraz na výrobu se tedy přesunul z kvantity na kvalitu [12].

Jakost výroby je dnes již neoddělitelná součást nákladů. Všeobecné odhady předpokládají, že asi 80 % výsledné jakosti produktu je závislá již na předvýrobní fázi. Odhalení možných problémů již v předvýrobní fázi může mnohonásobně snížit výsledné náklady na jakost výrobku [13]. Proto dnes systémy jakosti doznávají zásadních změn, dochází k neustálému vývoji a zahrnují všechny činnosti podniku v horizontálním, tak i ve vertikálním směru [18]. Vysoký důraz na dodržování kvality výrobků je kladen především ze stran automobilového průmyslu, kde jediný nekvalitní výrobek může ohrozit uživatele automobilu na jeho zdraví.

### 3 Představení společnosti

Vzhledem k citlivým údajům, které by mohly ovlivnit konkurenční postavení společnosti, nebude identita společnosti zveřejněna. Veškeré výsledky jsou zkreslené a nevypovídají o skutečném stavu ve společnosti.

Oborem působení společnosti je automobilový průmysl, konkrétně klimatizační jednotky do automobilů. Klimatizační jednotky firma dodává světovým automobilkám i automobilovým koncernům. Hlavním výrobním programem společnosti je výroba komponentů bloku výparníku. Kompletace bloku výparníku s dalšími komponenty tvoří celkovou sestavu označovanou jako výparník. Komponenty jako jsou trubky, ventily a další drobné komponenty, které jsou dodávány dodavateli třetích stran.

#### 3.1 Představení portfolia produktů

Portfolio produktů představuje několik generací výparníkového bloku. Vývojový trend bloků výparníků směřuje ke stále vyššímu výkonu a současně k co nejmenším velikostem.

##### 3.1.1 I. generace - DESIRE

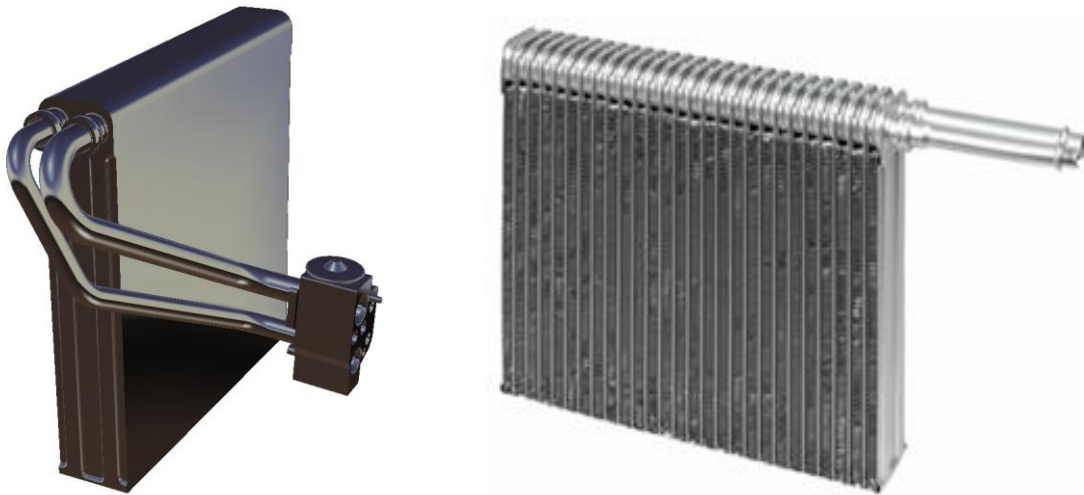
Bloky první generace disponovaly šířkou 60 mm a 75 mm. Připojení pro vstupní i výstupní trubky je ze strany bloku, tzv. boční design nebo z konce bloku, tzv. koncový design. Důvodem rozdílnosti bočního a koncového designu je možnost výběru při umístění výparníku do prostoru daného zákazníkem. Daný design je volen s ohledem na zjednodušení a zkrácení připojení k zákaznickému chladicímu okruhu.



obr. 3-1: Blok I. generace – DESIRE

##### 3.1.2 II. generace – CLOE

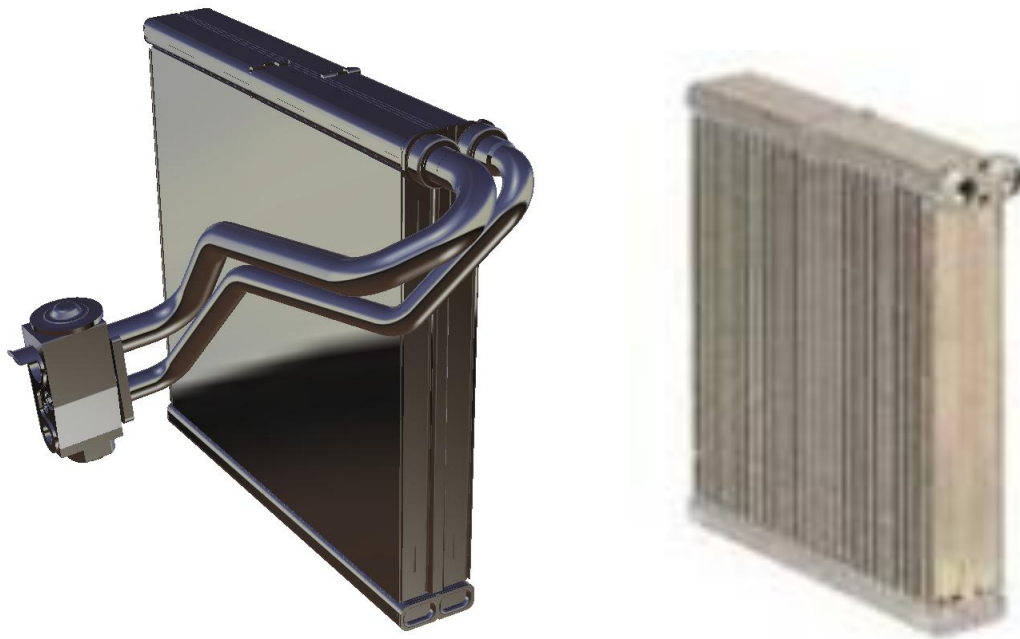
Druhou generací vývoje výparníkových bloků byl blok s názvem CLOE. Šířka bloku klesla na 48 mm, vstupní a výstupní trubky jsou umístěny na konci bloku vedle sebe.



obr. 3-2: II. generace - CLOE

### 3.1.3 III. generace – KE-8

Třetí generací byl blok typu KE-8. Šířka bloku je 40 mm, vstupní a výstupní trubky jsou umístěny na konci – koncový design. Kvůli snižující se šířce bloku je zde upravena koncová deska pro vstupní a výstupní trubky. Tato generace je odlišná zejména designem komponentů a způsobem skládání výparníku z jednotlivých komponentů v porovnání s generacemi DESIRE a CLOE.



obr. 3-3: III. generace KE-8

### 3.1.4 IV. generace – LUCIE

Čtvrtou generací výparníkových bloků je blok LUCIE. Zkratka LUCIE znamená Light Ultra Cooling Innovative Evaporator. Šířka bloku klesla na 38 mm a klesla také tloušťka materiálu. Tato generace má z hlediska designu komponentů a skládání výparníku základ v technologii generace CLOE. Kromě vnějších finů přibýly také vnitřní finy mezi desky. Složení desek a



inner finu označujeme dále jako trubku, protože koncept výparníku vychází právě z trubkového návrhu. Vstupní trubka je menšího průměru než u předešlých technologií. Šířka bloku již neumožnila aplikovat stejnou vstupní trubku jako u generace CLOE. Tento typ výparníku zahrnuje většinu produkce firmy a do příštích let je plánován další nárůst. Z tohoto důvodu se práce zabývá pouze tímto typem bloku. Ostatní typy jsou výběhové a budou nahrazeny právě tímto typem.

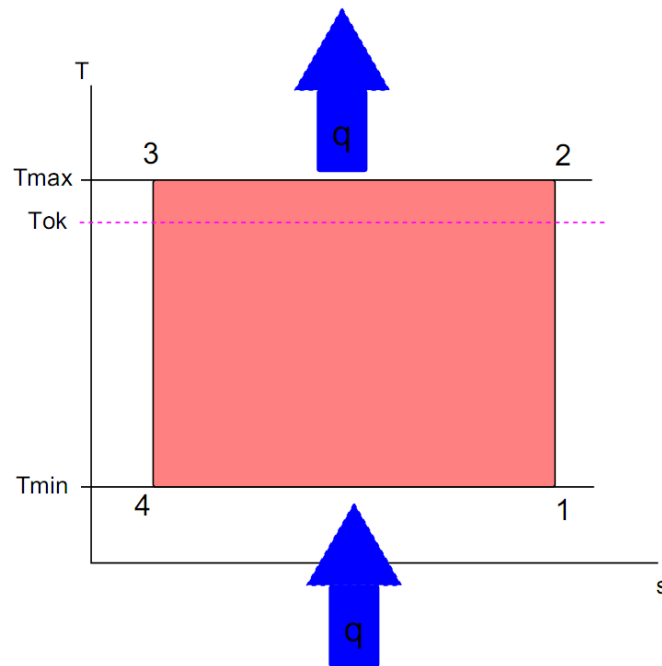


obr. 3-4: IV. generace – LUCIE

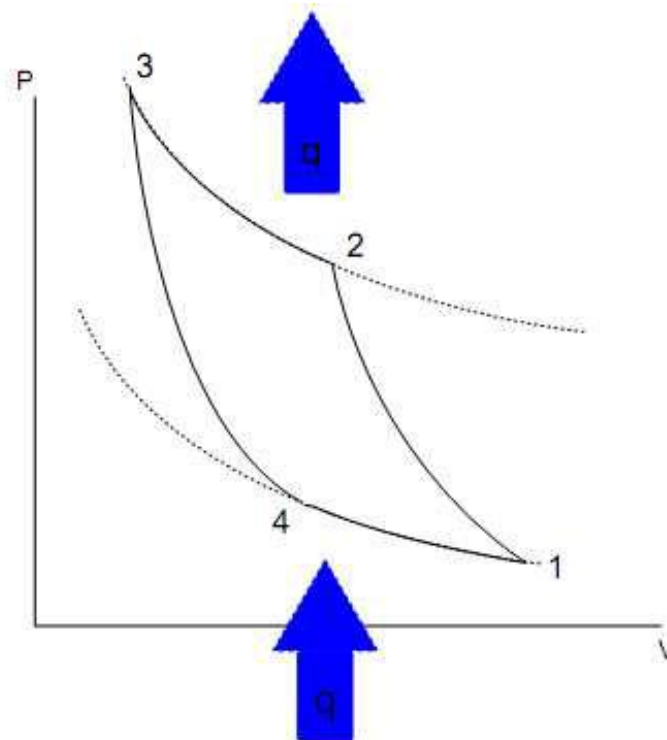
### 3.2 Chladicí oběh

Chlazení a veškeré chladicí zařízení se v posledních letech staly nedílnou součástí každodenního života, nejen v podobě ledničky či mrazáku, ale především velice rozšířené klimatizace. Klimatizace byla v minulosti vnímána jako nadstandardním či až luxusním doplňkem. Dnes je klimatizace poměrně rozšířeným prvkem, moderní budovy jsou dnes již při projektování vybaveny klimatizačními jednotkami, v automobilech je dnes klimatizace téměř základním vybavením a pozadu nezůstávají ani běžné domácnosti. V našem případě se však zaměříme na klimatizační řešení automobilu.

Teoretický chladicí oběh získáme z oběhu tepelného motoru obrácením jeho směru běhu, tedy z pravoběžného na levoběžný. Hlavním rozdílem mezi tepelným motorem a chladicím strojem je, že do chladicího oběhu musíme práci přivádět, kdežto v oběhu tepelného motoru práci odebíráme. Práci do oběhu musíme přivést, aby bylo možné chladivo čerpat na vyšší tlakovou hladinu. Chlazení chlazeného média probíhá ve výparníku. Zde dochází k varu chladiva, přičemž z okolí odebírá velké množství tepla, odpovídající výparnému skupenskému teplu chladiva. Teplota varu je závislá na tlaku uvnitř výparníku. Samotný okruh můžeme rozdělit na nízkotlakou větev a vysokotlakou větev. Využívá se tlak vyšší, než atmosférický aby bylo zabráněno vniku vzduchu do chladiva. V nízkotlaké větvi je zpravidla tlak do 3 barů, ve vysokotlaké může být až 20 barů v závislosti na druhu chladiva. Tekuté chladivo proudí z kondenzátoru do výparníku přes expanzní ventil. Ten zajišťuje, aby chladivo změnilo skupenství z kapalného na plyno-kapalné. Nežli vstoupí chladivo do kompresoru, musí mít čistě plynné skupenství, což zajišťuje výparník, kde dochází k vypaření zbytku kapalné fáze. To je zajištěno zaškrcením průtoku chladiva a odebráním tlakové energie. Vlastní princip je vysvětlen na příkladu Carnotova cyklu.



obr. 3-5: Obrácený Carnotův cyklus – TS diagram [1]

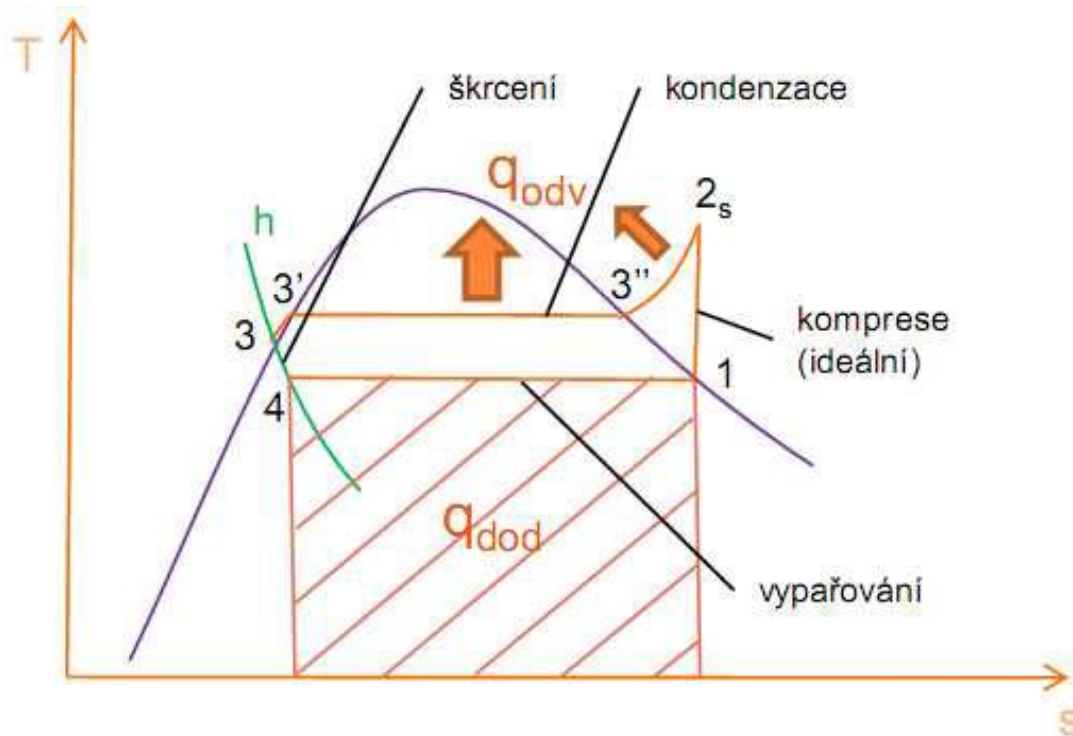


obr. 3-6: Obrácený Carnotův cyklus – PV diagram [1]

### 3.2.1 Chladicí oběh s dvoufázovým médiem

V automobilové klimatizaci je použité médium s kapalnou a plynnou fází. Konkrétně se jedná o oběh Clausius – Rankinův. Teplo je odebíráno v okolí výparníku, ve kterém médium přijme velké množství tepla (děj 4-1). Médium dále vstupuje do kompresoru, kde je (v ideálním případě) adiabaticky stlačeno na tlak  $p_2$  (děj 1-2). Plynné médium dále prochází kondenzátorem, kde se přemění do kapalného stavu a předá teplo přijaté z chlazeného prostoru do okolí (děj 2-3). Pro zvýšení výkonu chlazení je médium vystupující

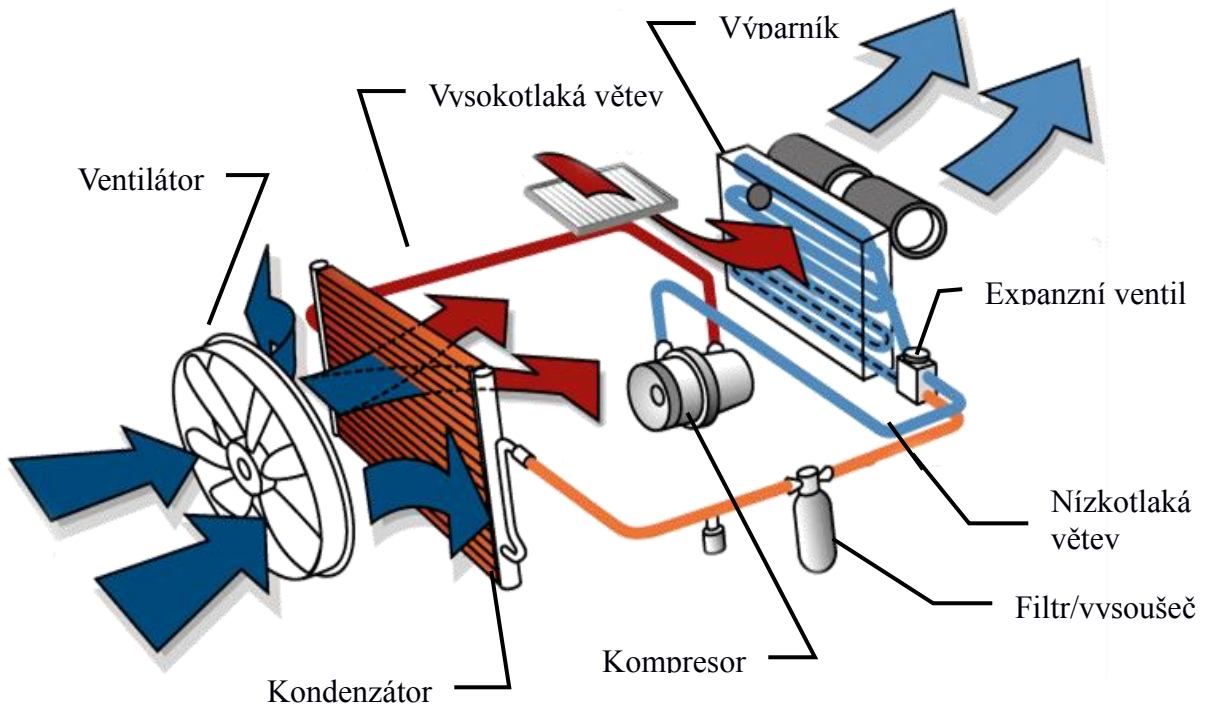
z kondenzátoru mírně podchlazeno. To posune bod v diagramu  $p - h$  více vlevo, čímž se zvýší rozdíl entalpií  $h_1 - h_4$ . Podchlazené médium tak ztratí tlakovou energii, částečně zkapalní (děj 3-4) a vstupuje zpět do výparníku. Výsledný chladicí výkon je pak dán rozdílem entalpií násobeným průtokem chladiva [2].



obr. 3-7: Clausius - Rankinův cyklus s dvojfázovým médiem [2]

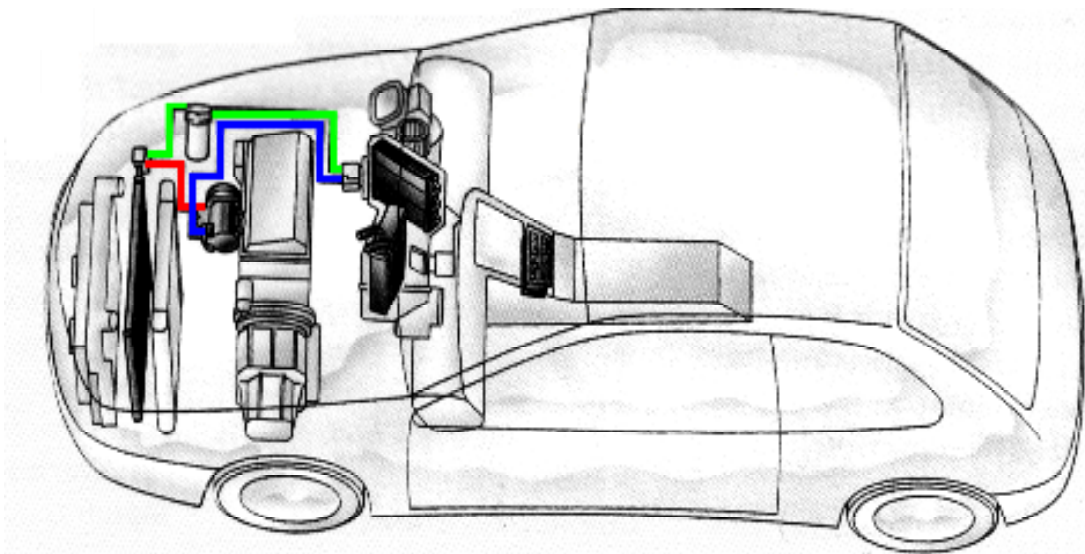
### 3.2.2 Schematické uspořádání chladicího oběhu

Chladicí oběh automobilu se skládá z kompresoru, kondenzátoru, výparníku, expanzního ventilu, filtru / vysoušeče a tlakového vedení. Jako chladicí médium se používá kapalina R134a. Kompresor klimatizace je poháněn klínovým řemenem z klikového hřídele. Kompresor stlačuje chladivo až na 20 barů do kondenzátoru. Stlačením se médium zahřeje a je ochlazováno v kondenzátoru proudícím vzduchem, čímž dochází ke kondenzaci a následnému zkapalnění média. Kapalně chladivo proudí přes filtr / vysoušeč, které odstraňuje nečistoty a případnou plynnou fázi. Expanzní ventil, před kterým se nachází kapalně, stlačené a filtrované chladivo, zajišťuje prudké snížení tlaku, zvětšení objemu, což způsobí prudký pokles teploty chladiva doprovázeno změnou skupenství na plyno-kapalně. Toto chladivo přes stěny výparníku ochlazuje proudící vzduch a tento vzduch ohřívá chladivo. Dochází k vypařování zbytků kapalně fáze. Ochlazený vzduch je vháněn do kabiny automobilu pomocí ventilátoru. Vzduch je předem filtrován kabinovým filtrem, který také zabraňuje znečištění výparníku. Páry chladiva z výparníku jsou nasávány kompresorem a cyklus se opakuje. Schematický okruh chladicího oběhu je znázorněn na obr. 3-8.



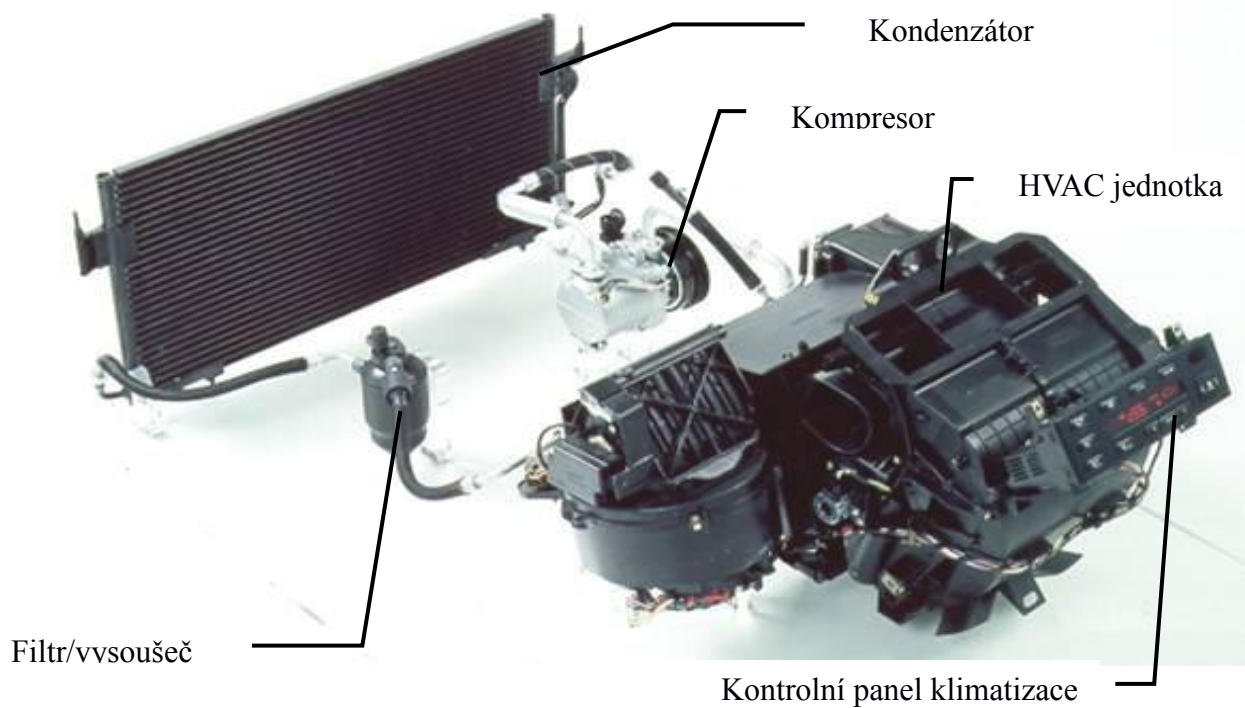
obr. 3-8: Schematické uspořádání chladicího oběhu - klimatizace

Chladicí oběh je umístěn v motorovém prostoru automobilu. Znázornění oběhu je na obr. 3-9.



obr. 3-9: Umístění chladicího oběhu uvnitř automobilu

Skutečný oběh umístěný v automobilu se od schematického oběhu mírně liší. Výparník a ventilátor vzduchu jsou umístěny v tzv. HVAC jednotce. Tato jednotka integruje chladicí a ohřivací oběh. Dochází zde k mísení teplého a studeného vzduchu pomocí klapek. Dále obsahuje kontrolní panel automobilové klimatizace.



obr. 3-10: Skutečné uspořádání chladícího oběhu - klimatizace

## 4 Analýza současného stavu

Před řešením jednotlivých problémů je potřeba důkladné seznámení se současným stavem. Základním důvodem analyzování/řešení interní čistoty jsou specifikace a požadavky zákazníka. Dle příslušných specifikací jsou navrženy normy, dle kterých je dále postupováno při analyzování jednotlivých výrobků. Abychom zjistili příčiny nesplňování některých norem, je potřeba analyzovat veškeré faktory ovlivňující hodnoty interní čistoty. Ke zjištění současného stavu je potřeba testování jednotlivých pracovišť, analýza pracovního prostředí a také analýza samotného procesu. Veškeré testování proběhlo v sériové výrobě v různých časových intervalech.

### 4.1 Zákaznické specifikace

Důraz na interní čistotu je kladen především ze strany zákazníka. Aby zákazník mohl garantovat určitou spolehlivost všech komponentů v automobilu, všichni dodavatelé musí respektovat zákaznickem stanovené normy – zákaznické specifikace. Specifikace interní čistoty jsou navrženy s ohledem na spolehlivost chladicího okruhu. Výskyt nečistot by mohl mít negativní dopad na provoz kompresoru, který stlačuje chladivo v oběhu klimatizace. Vlivem nečistot může docházet ke snižování jeho životnosti, v krajních případech může dojít k jeho poškození a zastavení činnosti. Nečistoty v některém komponentu chladicího oběhu jsou chladivem šířeny do celého oběhu a do všech komponentů. Proto je důležité zabezpečit stejnou míru čistoty ve všech komponentech chladicího oběhu.

Každý zákazník požaduje rozdílné specifikace. Specifikace zahrnují maximální hodnoty nečistot a také vlastní postup při měření. V současné době probíhá měření interní čistoty vždy pro každého zákazníka odděleně a respektují se normy a specifikace pouze daného zákazníka. Do reportů měření jsou zaneseny hodnoty nesplňující specifikaci zákazníka. Pro BX04 jsou to např. organická vlákna > 1500  $\mu\text{m}$ , pro GX01 však pouze > 1000  $\mu\text{m}$ . Z měření interní čistoty pro BX04 pak nelze použít data pro srovnání s GX01 a naopak. Naměřené hodnoty tak nelze použít pro porovnání s hodnotami naměřené pro ostatní zákazníky a sledovat vývoj výskytu nečistot v různých podmínkách. Hodnoty rozpustných a nerozpustných složek jsou vždy zaznamenávány číselně a lze je použít pro všechny zákazníky. K dispozici nejsou průměrné hodnoty parametrů organických vláken, metalických vláken a organických částic. Tyto hodnoty jsou měřeny pro každého zákazníka zvlášť, vychází z nich současný status plnění jednotlivých specifikací. Hlavním problémem jsou zde nevyhovující parametry organických vláken, rozpustných a nerozpustných složek, organických částic a okrajově také metalických částic.

V některých případech jsou zákaznické specifikace udávány na celý výparník, nikoli na plochu. Zde je nutné použít přepočítání dle vnitřní plochy výparníku na jednotku  $\text{m}^2$ .

tab. 4-1: Přepočítání zákaznických specifikací na  $\text{m}^2$

blok	$\text{m}^2$	[mg/výparník]	=	[mg/ $\text{m}^2$ ]
50T	1,783	15	=	8,412787
46T	1,86	15	=	8,064516
PL2	0,57	15	=	26,31579

Zákazník GX01 má však specifikováno 15 mg/výparník pro rozpustné a nerozpustné složky celkem. Tím se výrazně liší od ostatních zákaznických specifikací. Výsledná hodnota je tedy 8 mg/m<sup>2</sup> rozpustných a nerozpustných složek celkem.

Z důvodu citlivosti údajů jsou jména jednotlivých zákazníků označena náhodným kódem, aby nebylo možné jednotlivé specifikace spojovat s konkrétním zákazníkem. Stejně jako zákazníci jsou označeny také specifikace, dle kterých by bylo možné zpětné dohledání zákazníka. Ve specifikacích jsou uvedeny pouze obecně známé normy ISO a DIN. Naměřené hodnoty ve specifikacích jsou rovněž skryty. Důležitou informací, z pohledu diplomové práce, jsou barevně označena pole jednotlivých kritérií. Zelená pole jsou splňována, červená jsou dlouhodobě nesplňována a žlutě vyznačená pole jsou nesplňována, ale jedná se o možné výjimce.

tab. 4-2: Přehled zákaznických specifikací

Interní status	Stávající stav [mg/m <sup>2</sup> ]			Průměr	Chráněná neveřejná data					
				MAX	Chráněná neveřejná data					
				MIN	Chráněná neveřejná data					
	Interní čistota	Specifikace metody		Zákazník	Nerozpustné složky	Rozpustné složky	Organická vlákna	Metalická vlákna	Organické částice	Metalické částice
Zákazník		Firma								
OK	Firemní specifikace xx	ISO 16232	DIN8964	<b>Firma</b>	< 100 mg/m <sup>2</sup>	< 400mg/m <sup>2</sup>	-	< 500 μm	-	< 1000 μm
OK	Zákaznická specifikace yy	DIN8964	DIN8964	<b>BX04</b>	< 15 mg/m <sup>2</sup>	< 85mg/m <sup>2</sup>	< 1500μm	< 500 μm	< 1000 μm	< 500 μm
OK	Zákaznická specifikace yy	ISO 16232	DIN8964	<b>PY05</b>	< 100 mg/m <sup>2</sup>	< 400mg/m <sup>2</sup>	-	< 500 μm	< 800 μm	< 800 μm
OK	Zákaznická specifikace yy	DIN8964	DIN8964	<b>GX01</b>	< 60 mg/m <sup>2</sup>	< 40mg/m <sup>2</sup>	-			
OK	Zákaznická specifikace yy	ISO 16232	DIN8964	<b>Ford</b>	< 7 mg/m <sup>2</sup>	-	-	< 1000μm	-	< 1000μm
NOK	Zákaznická specifikace yy	DIN8964	DIN8964	<b>BX04</b>	< 60 mg/m <sup>2</sup>	< 40mg/m <sup>2</sup>	< 500 μm	< 500 μm	< 200 μm	< 200 μm
NOK	Zákaznická specifikace yy	Zákaznická specifikace	DIN8964	<b>NZ03</b>	< 10 mg/m <sup>2</sup>	< 10mg/m <sup>2</sup>	< 400 μm	< 400 μm	< 400 μm	< 400 μm
NOK	DIN8964	DIN8964	DIN8964	<b>VY02</b>	< 60 mg/m <sup>2</sup>	< 40mg/m <sup>2</sup>	< 500 μm	< 500 μm	< 200 μm	< 200 μm
NOK	Zákaznická specifikace yy	Zákaznická specifikace	DIN8964	<b>GX01</b>	< 15 mg/výp.		< 1000 μm	< 1000 μm	< 1000 μm	< 1000 μm
Návrh	Firemní specifikace xx	DIN8964	DIN8964	<b>VY02</b>	< 10 mg/m <sup>2</sup>	< 40mg/m <sup>2</sup>	< 3000 μm	< 600 μm	< 1200 μm	< 600 μm
Návrh	Firemní specifikace xx	DIN8964	DIN8964	<b>GX01</b>	< 10 mg/m <sup>2</sup>	< 40mg/m <sup>2</sup>	< 3000 μm	< 1000 μm	< 1200 μm	< 1000 μm
Návrh	Pro největší bloky dodávané GX01 – navržená specifikace	DIN8964	DIN8964	<b>GX01</b>	< 19 mg/výp	< 75 mg/výp	< 3000 μm	< 100 0μm	< 1200 μm	< 1000 μm



## 4.2 Analýza produktu: kompresor

Při hledání zdroje nečistot a správného vyhodnocení dané problematiky analyzujeme i další komponenty chladicího oběhu. Jedním z hlavních komponentů, kvůli kterému je kladen důraz na interní čistotu, je právě kompresor.

### 4.2.1 Analýza hodnot interní čistoty dodavatele

Každý výrobní závod analyzuje výskyt nečistot ve svých produktech dle příslušné normy a specifikací zákazníka. Následující tabulka ukazuje výskyt nečistot za červen 2012 pro všechny vyráběné kompresory.

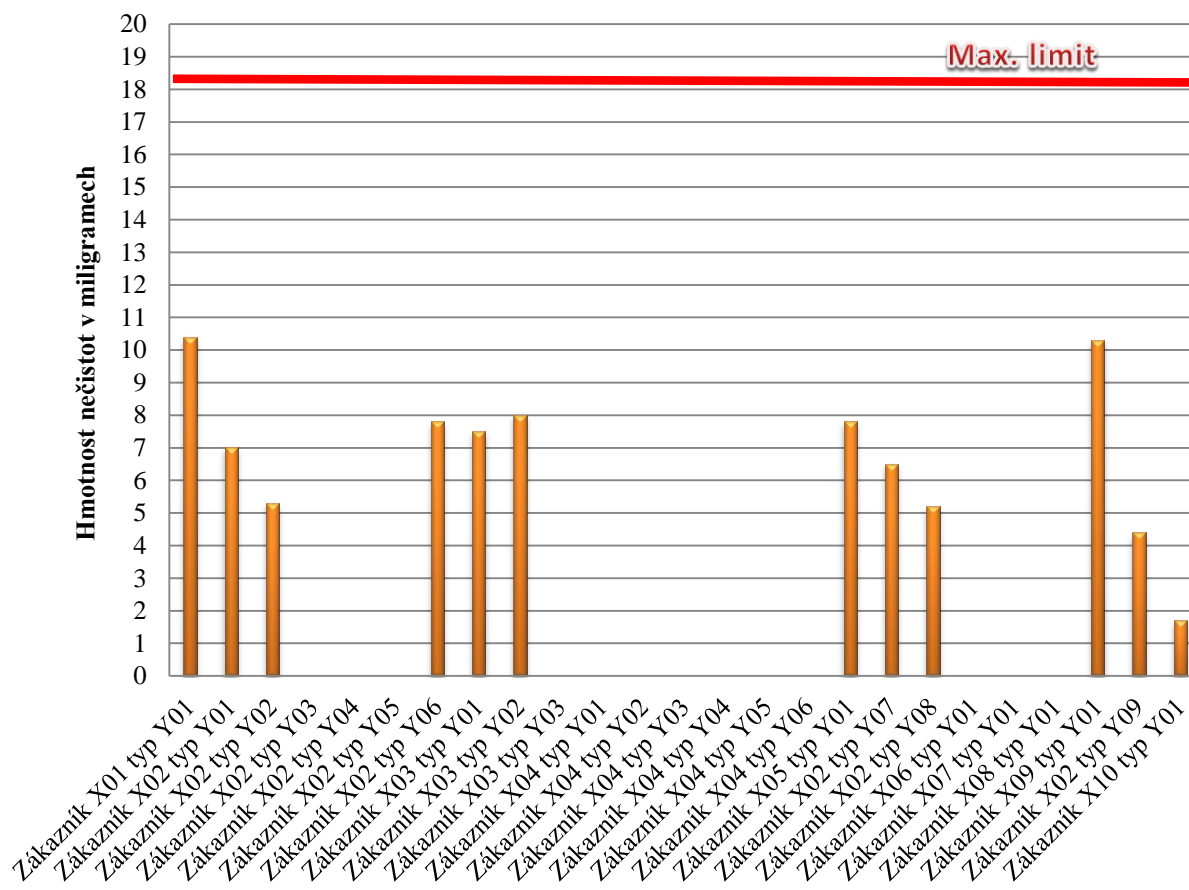
tab. 4-3: Přehled hodnot interní čistoty kompresorů

Typ kompresoru	Limit hmotnosti kontaminace	Limit velikosti částice	Velikost částice v ose X [ $\mu\text{m}$ ]	Velikost částice v ose Y [ $\mu\text{m}$ ]	Plocha částice [ $\mu\text{m}^2$ ]	Hmotnost částic [mg/kompres.]	Hmotnost částic [mg/m <sup>3</sup> ]
Zákazník X01 typ Y01	17mg	500x1000	901	164	147764	10,4	OK
Zákazník X02 typ Y01	17mg	500x1000	507	372	188690	7	OK
Zákazník X02 typ Y02	17mg	500x1000	808	769	621371	5,3	NOK
Zákazník X02 typ Y03	17mg	500x1000			0		OK
Zákazník X02 typ Y04	17mg	500x1000			0		OK
Zákazník X02 typ Y05	17mg	500x1000			0		OK
Zákazník X02 typ Y06	17mg	500x1000	319	84	26928	7,8	OK
Zákazník X03 typ Y01	17mg	500x1000	267	222	59274	7,5	OK
Zákazník X03 typ Y02	17mg	500x1000	567	257	145768	8,1	OK
Zákazník X03 typ Y03	17mg	500x1000			0		OK
Zákazník X04 typ Y01	17mg	500x1000			0		OK
Zákazník X04 typ Y02	17mg	500x1000			0		OK
Zákazník X04 typ Y03	17mg	500x1000			0		OK
Zákazník X04 typ Y04	17mg	500x1000			0		OK
Zákazník X04 typ Y05	17mg	500x1000			0		OK
Zákazník X04 typ Y06	17mg	500x1000			0		OK
Zákazník X05 typ Y01	17mg	500x1000	448	68	30464	7,8	OK
Zákazník X02 typ Y07	17mg	500x1000	693	256	177443	6,5	OK

<b>Zákazník X02 typ Y08</b>	17mg	500x1000	984	161	158878	5,2	OK
<b>Zákazník X06 typ Y01</b>	17mg	500x1000			0		OK
<b>Zákazník X07 typ Y01</b>	17mg	500x1000			0		OK
<b>Zákazník X08 typ Y01</b>	17mg	500x1000			0		OK
<b>Zákazník X09 typ Y01</b>	17mg	500x1000	414	261	108034	10,1	OK
<b>Zákazník X02 typ Y09</b>	10mg	500x1000	845	119	100555	4,4	OK
<b>Zákazník X10 typ Y01</b>	10mg	500x1000	810	275	222750	1,7	OK

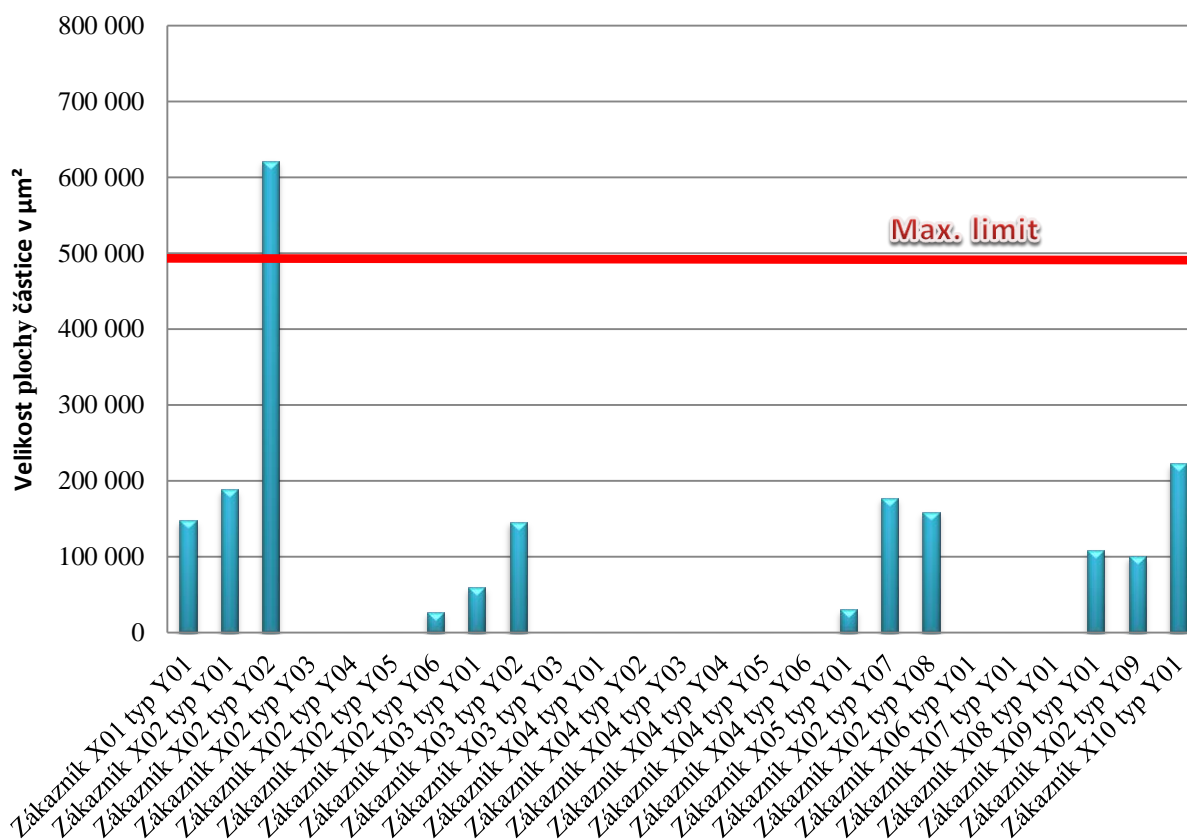
Testované hodnoty jsou odlišné od hodnot interní čistoty tohoto závodu. Částice nejsou rozděleny na organické, metalické a vlákna, ale jsou souhrnně omezeny velikostí 500x1000 µm. Dále je kontrolována hmotnost nečistot, vztažena na celý kompresor.

## Přehled hmotností nečistot za červen 2012



obr. 4-1: Přehled hodnot interní čistoty kompresorů vztažené na hmotnost nečistot

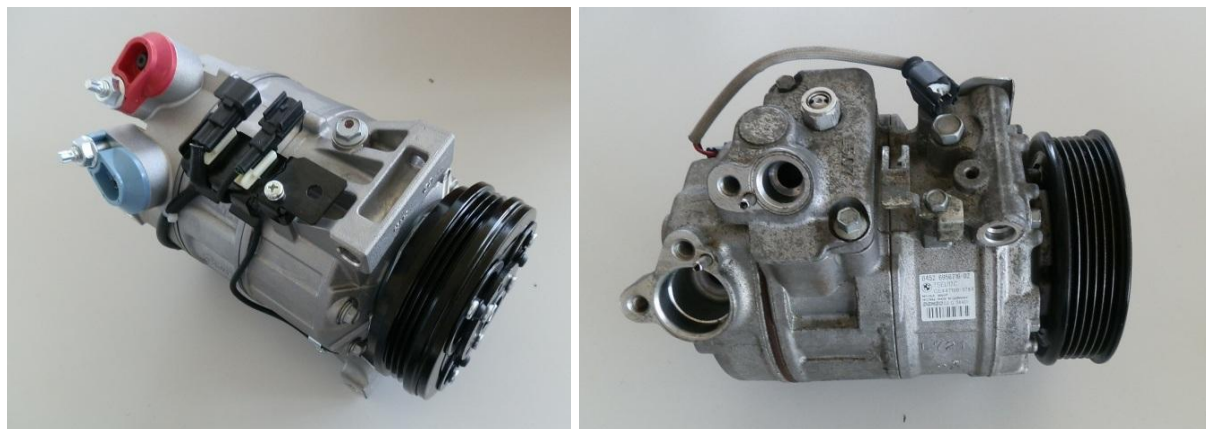
## Přehled velikostí ploch částic za červen 2012



obr. 4-2: Přehled hodnot interní čistoty kompresorů vztážené na plochu částice

### 4.2.2 Vlastní měření interní čistoty kompresoru

Vzhledem k tomu, že závod vyrábějící kompresory postupuje při čištění dle vlastních norem a postupů, nelze výsledky získané od dodavatele kompresorů jednoznačně porovnávat s vlastními výsledky interní čistoty výparníků. Pro názornější srovnání byly kompresory dodavatele vystaveny stejnému postupu čištění, jako výparníky. Pro tyto testy byly zvoleny nejčastější typy kompresorů. Pístový kompresor č. 1 a rotační kompresor č. 2.



obr. 4-3: Kompresor č. 1 a č. 2

#### 4.2.2.1 Kompresor č. 1

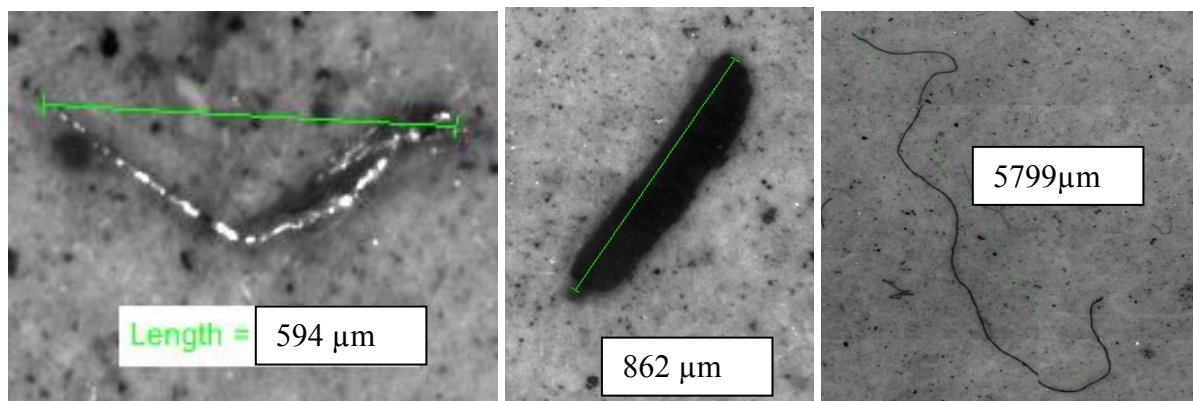
Vnitřní plocha, se kterou je ve styku chladivo, byla odměřena v CAD Catia z 3D modelu kompresoru. Hodnota vnitřní plochy je 0,17 m<sup>2</sup>. Tato hodnota je potřebná ke vztažení celkových nečistot na jednotku plochy.

tab. 4-4: Přehled extrakce nečistot kompresoru č. 1

Extrakce	Extrahovaný objem [ml]	Extrahovaná hmotnost [g]			Souhrnná hmotnost [g]	Extrahovaná hmotnost / Souhrnná hmotnost [%]
		Rozpustné	Nerozpustné	Celkem		
Čisté	1000	0	0,0001	0,0001	/	/
1	1000	78,69	0,0097	78,70	78,70	100,00
2	1000	65,84	0,0074	65,85	144,55	45,55
3	1000	73,72	0,0104	73,73	218,28	33,78
4	1000	15,73	0,0037	15,73	234,01	6,72
Celkem	<b>6 000</b>	<b>233,98</b>	<b>0,0312</b>	<b>234,01</b>	-	-
	g/m <sup>2</sup>	<b>1376,35</b>	<b>0,18</b>	<b>1376,53</b>	-	-

tab. 4-5: Počet nečistot dle příslušných kategorií kompresoru č. 1

Extrakce	Velikost částic a jejich počet					
	400-800 μm			> 800 μm		
	Metalické	Organické	Vlákna	Metalické	Organické	Vlákna
1	1	1	7	0	2	4
2	0	2	1	0	0	10
3	0	0	5	0	0	6
4	0	0	2	0	0	3
Celkový počet	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>23</b>
<b>Max. velikost[μm]</b>	Metalické	<b>594</b>	Organické	<b>862</b>	Vlákna	<b>5799</b>



obr. 4-4: Zobrazení největší částice kovu, organického původu a vlákna

#### 4.2.2.2 Kompresor č. 2

Vnitřní plocha, se kterou je ve styku chladivo, byla odměřena v CAD Catia z 3D modelu kompresoru. Hodnota vnitřní plochy je 0,2 m<sup>2</sup>. Tato hodnota je potřebná ke vztažení celkových nečistot na jednotku plochy.

tab. 4-6: Přehled extrakce nečistot kompresoru č. 2

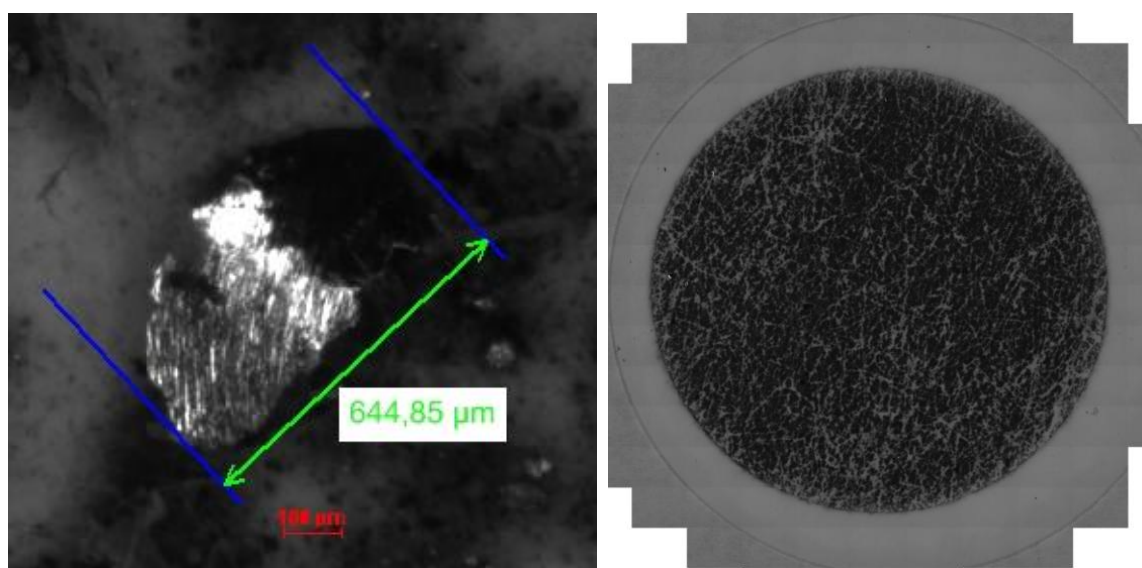
Extrakce	Extrahovaný objem [ml]	Extrahovaná hmotnost [mg]			Souhrnná hmotnost [mg]	Extrahovaná hmotnost / Souhrnná hmotnost [%]
		Rozpustné	Nerozpustné	Celkem		
Celkem	6 000	111,8	0,0075	111,81	-	-
mg/m <sup>2</sup>		1376,35	0,18	1376,53	-	-

Rotační kompresor č. 2 po extrakci nečistot obsahoval velké množství tmavého oleje, který znečistil filtr a znemožnil detekci organických částic a vláken. Mohly být analyzovány pouze kovové částice a určen jejich počet. Z tohoto důvodu nebyla extrakce zhotovena dle ISO jako u předešlého kompresoru č. 1.

tab. 4-7: Počet částic dle příslušných kategorií kompresoru č. 2

Metalické částice	Velikost částic a jejich počet	
	400-800µm	> 800 µm
Celkový počet částic	6	0
Max. velikost [µm]	Metalické	665 µm

Oproti pístovému kompresoru Volvo je značně zvýšený počet kovových částic. Ostatní částice nemohly být analyzovány.



obr. 4-5: Zobrazení největší částice a analyzovaného filtru kompresoru č. 2

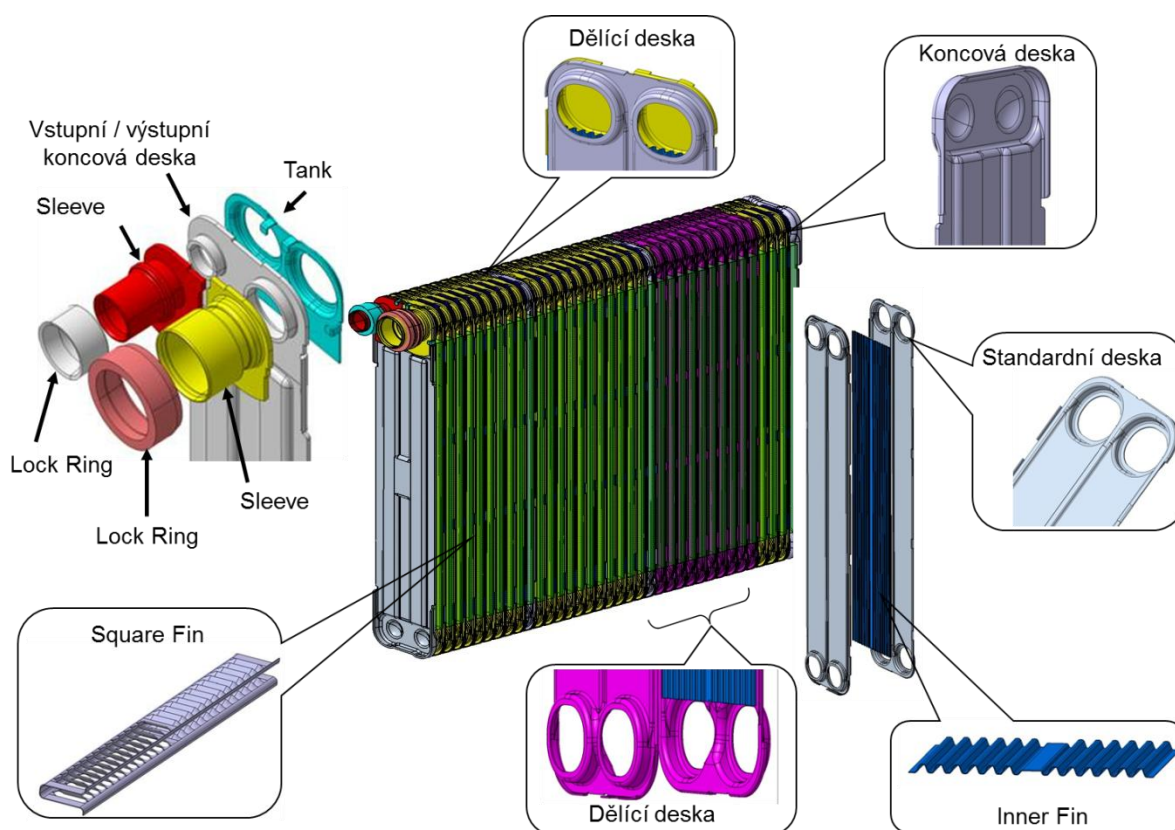
### 4.3 Analýza produktu: výparnickové těleso

Před hledáním konkrétních příčin, vedoucí k nesplňování zákaznických specifikací interní čistoty, je nutné podrobné seznámení se samotným produktem. Blok výparníku se skládá z několika typově odlišných komponentů. Jedná se o různé typové desky, inner fin, square fin, sleeve, tank a v lisovací kroužky, tzv. lock ring.

Výparnickový blok je vyráběn ve dvou rozdílných designech, koncový design a boční design. Tyto dva rozdílné designy jsou vyráběny z důvodu přizpůsobení zákaznickému připojení, aby trubky k TXV ventilu mohly být co nejkratší a s co nejméně ohyby. Změna v bočním designu je pouze ve vstupní / výstupní koncové desce a tvaru sleeve. Ostatní komponenty jsou totožné s koncovým designem, včetně proudění a přepouštění chladiva uvnitř bloku.

#### 4.3.1 Koncový design výparnickového bloku

Na obr. 4-6 je schematicky zobrazen koncový design výparnickového bloku LUCIE. Trubky připojující zákaznické připojení jsou k bloku připojeny kolmo na koncovou desku. Na koncové desce je z vnitřní strany umístěn tank a na vnější straně koncové desky jsou umístěny sleeve pomocí krimpovacích zubů. Tyto komponenty tvoří jednotný celek koncové desky.

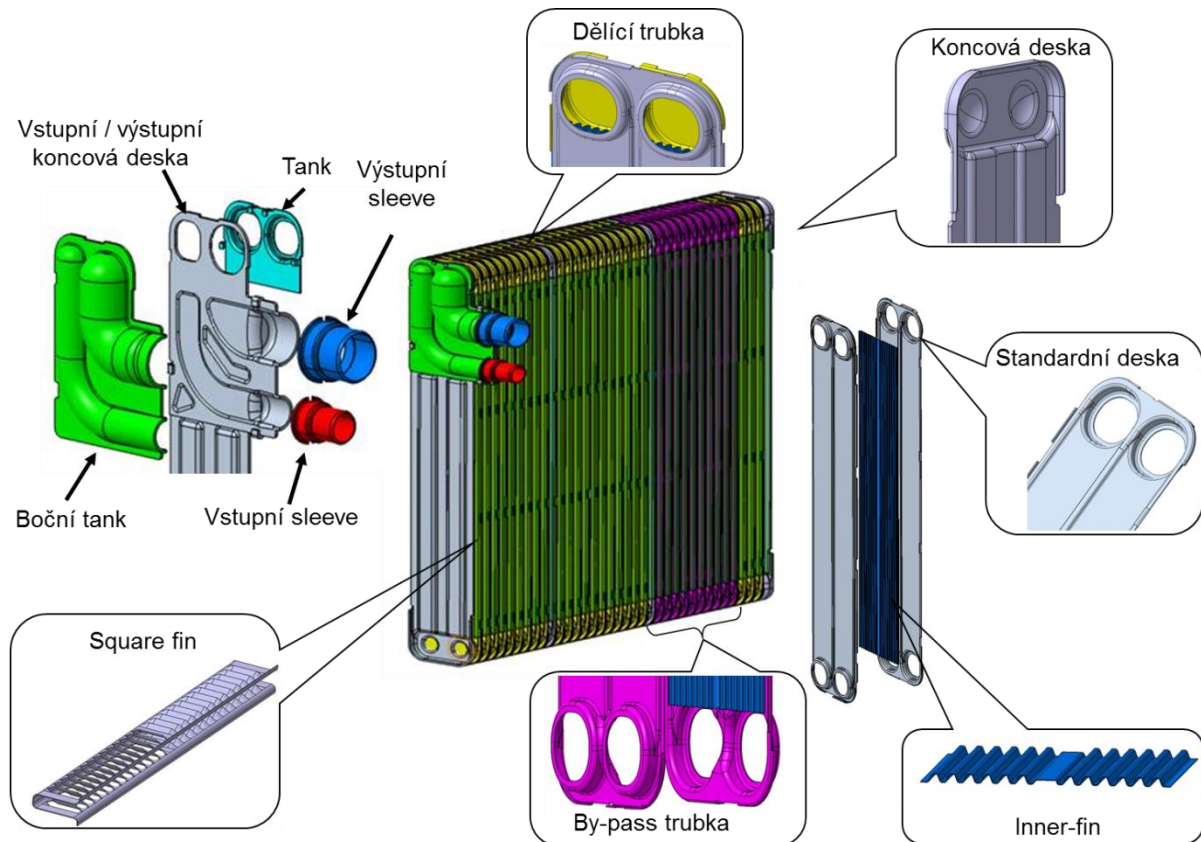


obr. 4-6: Koncový design bloku s komponenty

#### 4.3.2 Boční design výparnickového bloku

Na obr. 4-7 je schematicky zobrazen boční design výparnickového bloku LUCIE. Trubky k zákaznickému připojení jsou připojeny rovnoběžně s koncovou deskou. Připojení trubek je řešeno bočním tankem z přední strany koncové desky. V bočním designu je zcela odlišně

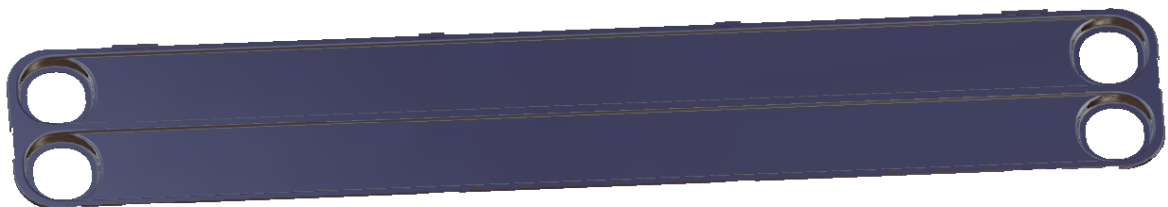
řešena i koncová deska, která má negativní tvar bočního tanku a spojením tak vytváří válcové připojení pro vstupní a výstupní trubky. Stejně jako u koncového designu jsou zde vstupní a výstupní sleeve pro připojení trubek. Stejně jako u koncového designu tvoří tyto komponenty jednotný celek koncové desky bočního designu.



obr. 4-7: Boční design výparníkového bloku

### 4.3.3 Jednotlivé komponenty výparníkového tělesa

Desky jsou raženy na hydraulických lisech. Vstupním materiálem lisů jsou hliníkové cívky. Desky jsou typově odlišné, dle vykonávané funkce, ale všechny desky jsou vyráběny stejnou technologií a na stejných pracovištích, pouze s upravením dané raznice. Desky jsou vyráběny také různých rozměrů dle typu výparníku a to 200x38 mm, 225x38 mm a 245x38 mm.



obr. 4-8: 3D model standardní desky

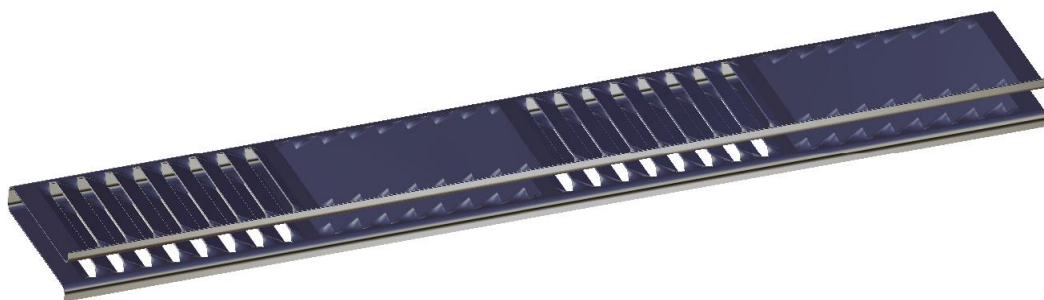
Inner finy jsou vnitřní komponenty trubek, zajišťující vyšší odvod tepla díky zvýšení kontaktní plochy s chladicím médiem a zvyšující mechanickou odolnost komponentu. Tyto

finy jsou vyráběny na finovacích strojích. Zde je nejprve pás hliníku tvarován, následně jsou finy nastříhány na požadovanou velikost a poté odmaštěny v odmašťovací peci. Finy jsou automaticky zakládány do beden. Celý proces je kompletně zakrytý a vše je prováděno automaticky.



obr. 4-9: 3D model inner finu

Square finy jsou vyráběny podobně, jako inner finy. Rozdílem square finů je jejich montáž. Tyto finy jsou umístěny mezi vnějšími plochami trubek a jejich montáž je plně automatická. Stroje square finů jsou napojeny na stroje core assembly a při skládání bloku jsou square finy pomocí dopravníku automaticky zakládány mezi připravené trubky.

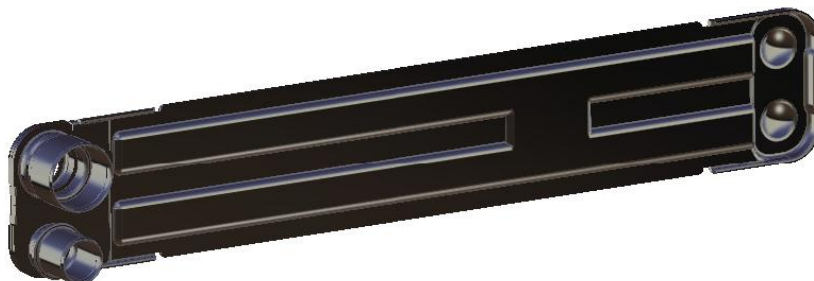


obr. 4-10: 3D model Square Fin

Sleevy jsou určeny pro montáž trubek k bloku. Tyto komponenty jsou montovány na koncovou desku. Vzhledem k nízkému počtu (pouze jedna koncová deska na blok) jsou koncové desky se sleevey montovány na jiném pracovišti a ukládány na sklad.



obr. 4-11: 3D model sleeve

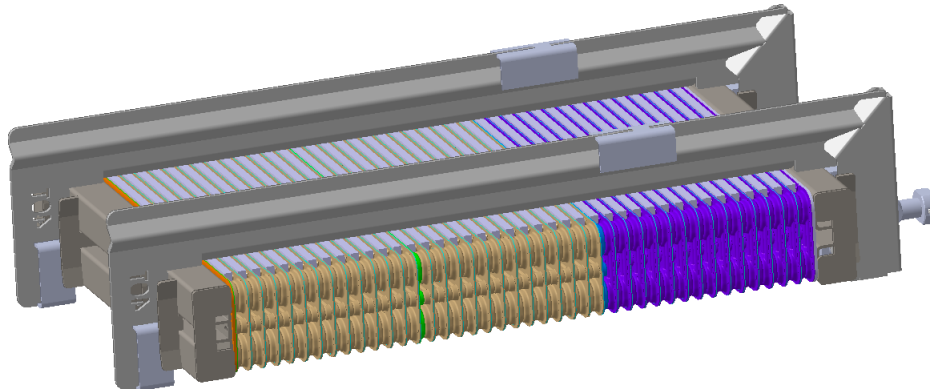


obr. 4-12: 3D model koncové desky

Většina komponentů je uložena ve výrobním meziskladu, odkud jsou odebírány dle potřeby. Výjimkou jsou standardní desky, které jsou ve většině případů odebírány okamžitě z lisu. Po skladu následuje sestavení trubek z desek a inner finů, tzv. tube assembly. Zde jsou desky a



finy zkrimpovány a pomocí vozíků převáženy na další pracoviště – core assembly. Zde je z jednotlivých trubek poskládán blok. Mezi trubky jsou automaticky zakládány square finy a celý blok je vložen do pájecího přípravku. V přípravcích jsou bloky přepravovány pomocí vozíků k peci.



obr. 4-13: Blok v pájecím přípravku

Po procesu pájení v peci je z bloku demontován přípravek a odeslán na další pracoviště pomocí dopravníku.

Zde je kontrolován velký únik, tzv. gross leak. Blok je natlakován 20 bary a je měřen únik tlaku. Po kontrole je odeslán pomocí válečkového dopravníku na povrchovou úpravu. Zde je na blok nanášena vrstva LOICu. Ta zamezuje vzniku plísní a zapáchání vzduchu, proudícího skrze výparník.

Po nanášení LOICu je blok deklarován do databáze SAPu a uložen do vozíků. Blok je následně odeslán do skladu finishingu.

Ze skladu finishingu je podle zákazníka blok zazátkován a odeslán nebo pokračuje na dokončovací operace přímo v závodě na tzv. finishingovou linku.

Na lince finishingu jsou montovány trubky s ventilem k bloku. Nejprve je do sleevy nanášeno lepidlo, poté trubky a lockringy. Vše je zalisováno do bloku. Na zalisované trubky je nasazeno těsnění a přišroubován TXV ventil pomocí podložky.

#### 4.4 Analýza pracovišť ve výrobním procesu

1. Manipulace operátorů s deskami po lisování, před odmaštěním. Pouze na lisu 2.5 linky LUCIE 1, na lisu 1.1 je již automatický zakladač plně zakrytován. Zde může docházet ke kontaminaci desek vlákny z rukavic a pracovního oděvu operátorů. Desky jsou ručně zakládány do beden. Desky jsou zde vysoce náchylné na zachycení nečistot, protože jsou pokryty olejem z lisovacího nástroje. Dochází zde ke dvojité manipulaci s deskami – při odebírání z lisu a zakládání do beden a z beden zakládání desek do odmašťovacího stroje DFS.



obr. 4-14: Zakládání desek lis 2.5

2. Manipulace operátory s deskami po odmaštění a nanesení Fluxu. Zde jsou desky již odmaštěny, ale stále je zde nebezpečí kontaminace desek z rukavic a pracovního oblečení operátorů. Operátor zde desky sbírá a zakládá do beden. Pouze u DFS lisu 2.5 linky LUCIE 1, u DFS lisu 1.1 je již automatický zakladač, plně zakrytován.



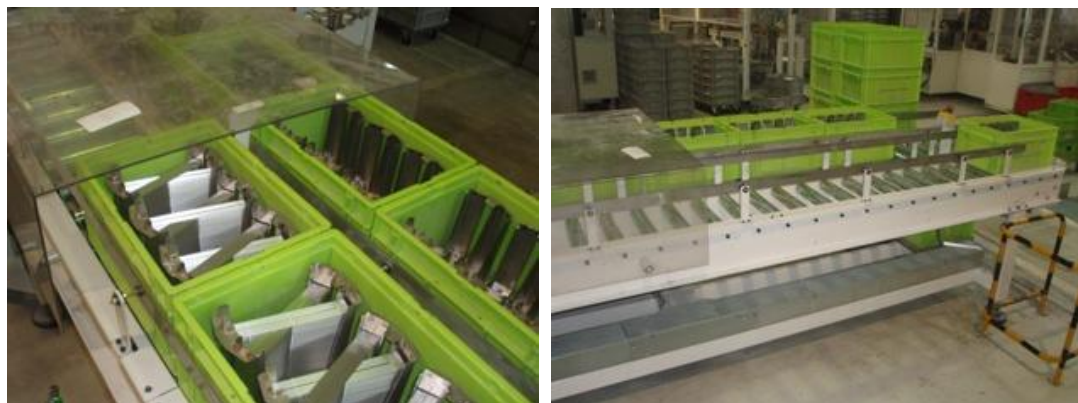
obr. 4-15: Zakládání desek po odmaštění

3. Odkryté bedny s hotovými deskami, uloženy ve skladové části výrobní linky. Bedny jsou stohovány na sebe, čímž jsou spodní bedny zakryty bednou horní. Poslední bedna však musí být zakryta víkem. Toto není vždy respektováno a dochází tak ke kontaminaci vrchní části desek polétavým prachem, ve kterém jsou obsaženy také vlákna a další nečistoty.



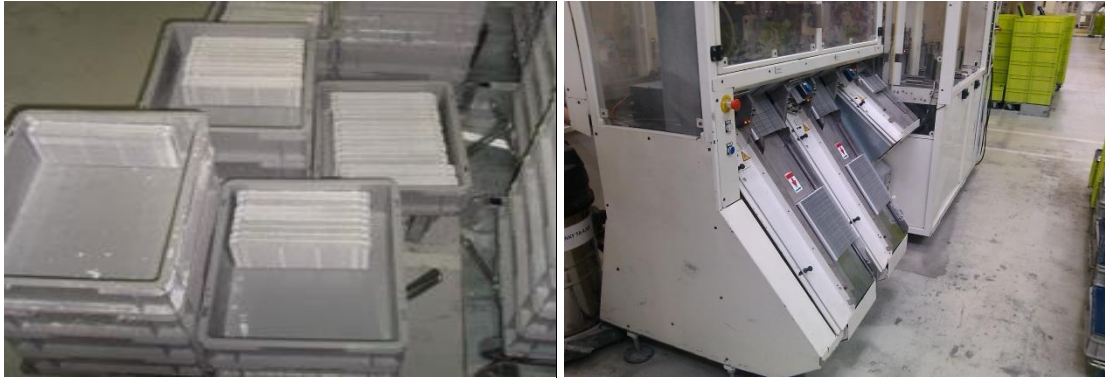
obr. 4-16: Skladované bedny s deskami

4. Odkryté zásobníky inner finů. Na válečkové trati jsou skladovány nastohované inner finy v bednách. Z tohoto zásobníku jsou ručně stohovány na sebe do meziskladu.



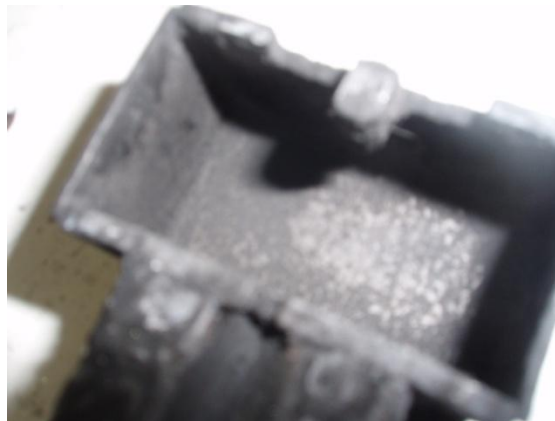
obr. 4-17: Zásobník inner finů po lisování

5. Odkryté bedny s deskami u pracoviště tube assembly. Na pracovišti tube assembly jsou sestavovány jednotlivé trubky výparníku z desek a inner finů. Jednotlivé komponenty zakládají do zásobníku tube assembly operátoři z beden odebraných ze skladu. Tyto bedny zůstávají odkryté po celou dobu zakládání do zásobníku. Během výroby se mění potřeby různých desek – bypassových, dělicích, standardních atd., proto je zde odkryto několik beden s různými deskami najednou.



obr. 4-18: Bedny s deskami a zásobník desek tube assembly

6. Sestavené bloky jsou vloženy do pájecího přípravku. V tomto přípravku jsou bloky pájeny v pecích. Součástí přípravku je kryt sleeve, který má zabránit vniknutí nečistot během pájení do bloku. Tyto kryty jsou však silně znečištěny a mohou být také zdrojem nečistot.



obr. 4-19: Kryt sleeve pájecího přípravku

7. Nezakryté dopravníky bloků. Při dopravě mezi pracovišti jsou bloky vystavené okolnímu prostředí. Mezi pracovišti GL a pecí je nad válečkovou tratí pásový dopravník. Tento dopravník je znečištěn metalickými částicemi a může docházet ke spadu nečistot na bloky projíždějících pod ním po válečkové trati.



obr. 4-20: Dopravník mezi pecí a GL

8. Nedodržování pravidel interní čistoty. Hotové bloky jsou přepravovány mezi brazing linkou a linkou finishingu pomocí uzavřených vozíků. Vozíky jsou vybaveny plachtou, kterou lze celý vozík uzavřít a zabránit tak vniku nečistot z okolního prostředí. Tyto vozíky zůstávají často otevřené. Na vnitřních částech vozíku jsou viditelné stopy nečistot, pro další analýzu zde byly odebrány vzorky.



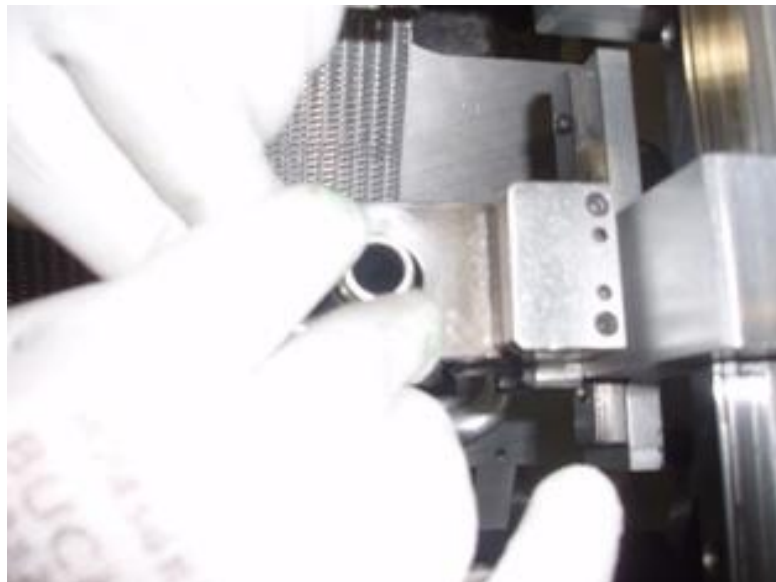
obr. 4-21: Převážní vozík s bloky

9. Značné množství prachu na otočném rameni šroubováku na pracovišti finishnigu LUCIE. Otočné rameno je umístěno nad zásobníkem komponent – TXV ventilů, zátek a trubek. Nebezpečí kontaminace tímto prachem při montáži trubek a ventilů.



obr. 4-22: Otočné rameno šroubováku

10. Montáž lockringu operátorem. Při montáži trubek je nejprve nasazeno těsnění, poté lockring a jako poslední trubka. Při nasazování těsnění dochází k otěru rukavic operátora o ústí sleevey a může zde docházet ke kontaminaci vnitřního povrchu sleevey vláknou.



obr. 4-23: Montáž lock ringu

11. Otevřené bedny s TXV ventily v zásobníku montážního pracoviště LUCIE finishing. Může způsobit vniknutí prachu do ventilu a tak zapříčinit omezení funkce ventilu. Nad otevřenými bednami se nachází otočné rameno šroubováku, viz Bod 10.



obr. 4-24: Bedny s TXV ventily

12. Prach usazující se nad pracovní plochou héliového nástroje. Dochází zde k manipulaci s blokem při testování mikro úniků. Je zde riziko spadu prachu na koncové vývody TXV ventilu, který ještě není zazátkován.



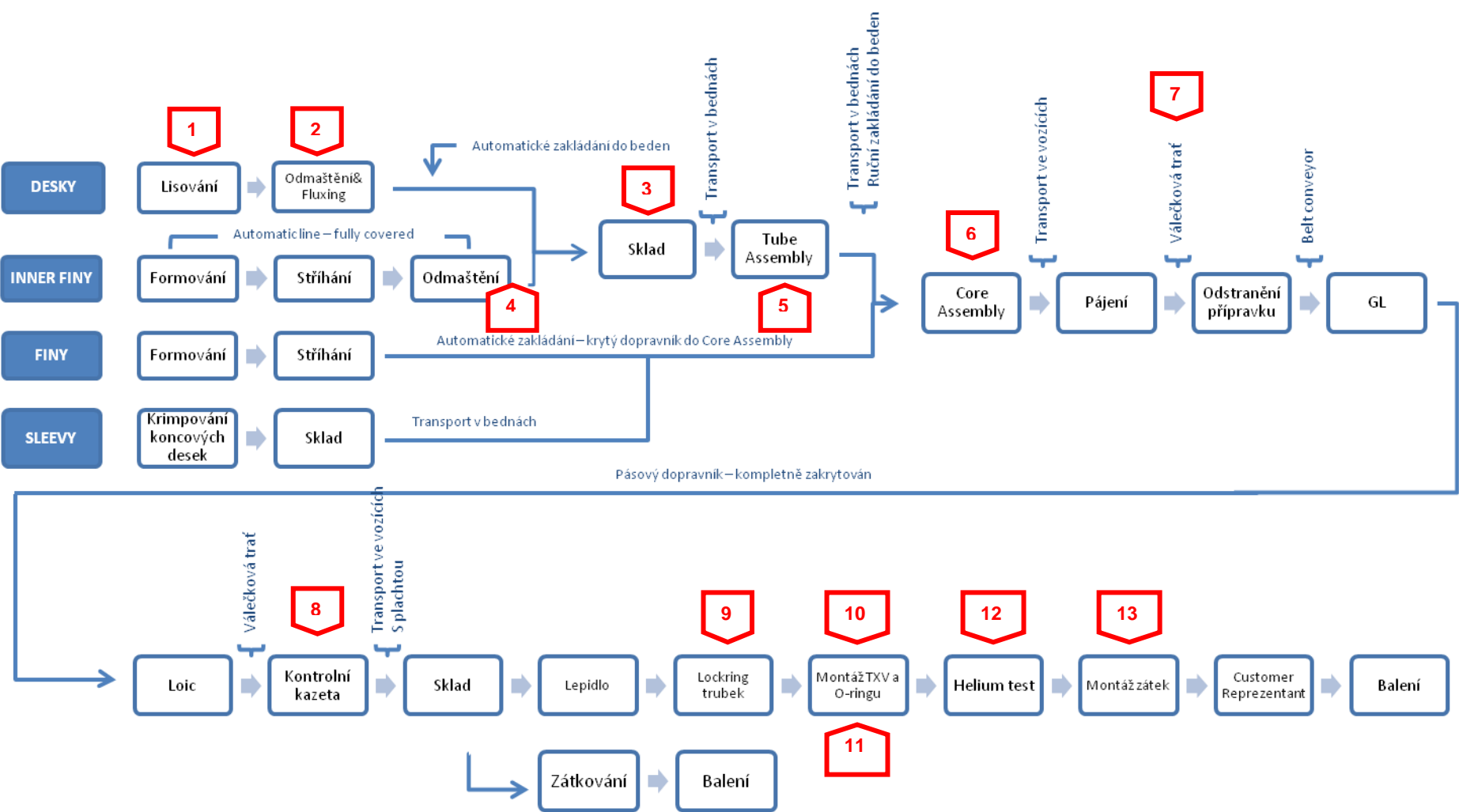
obr. 4-25: Héliový nástroj

13. Otevřené bedny se zátkami. Viz bod 12 – riziko kontaminace zátek z okolí a možnost spadu prachu z otočného ramena šroubováku.



obr. 4-26: Otevřená bedna se zátkami

Všechny možné zdroje znečištění jsou zaneseny v procesní mapě.



obr. 4-27: Procesní mapa s vyznačením možných zdrojů nečistot



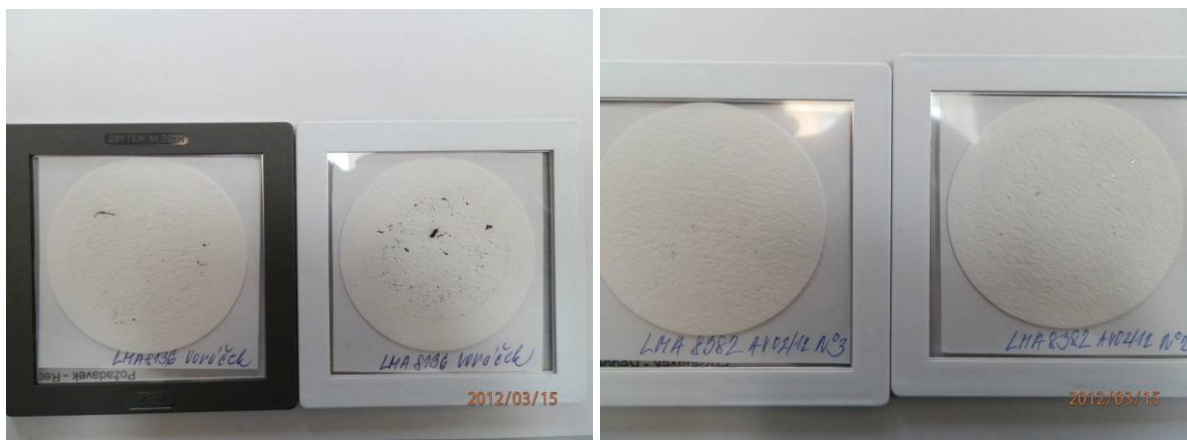
## 4.5 Identifikace zdroje nečistot brazingové a finishingové linky

Před hledáním konkrétního pracoviště či faktoru, který je významným zdrojem nečistot, je důležité určit, v jaké části výrobního procesu se tyto faktory nachází. Výrobní proces je rozdělen na dvě hlavní části, a to na brazingovou (pájecí) linku a linku finishingu. Tyto dva úseky jsou rozděleny pájecí pecí.

Veškeré testy interní čistoty jsou prováděny po finishingové lince, a to buď po zátkování bez montáže ventilu, tzv. plugged core, což je zazátkovaný výparníkový blok, který je odeslán zákazníkovi nebo po montáži TXV ventilu a trubek, tedy kompletního výparníku. Z těchto údajů nelze jednoznačně určit, ve které části procesu jsou nečistoty generovány. Původní teorie převládající ve výrobě ohledně výskytu vláken byla taková, že veškerá vlákna se do výparníku dostávají na finishingové lince, protože po průchodu pecí jsou všechny nekovové částice spáleny a jsou přeměněny na drobné částice velikosti prachu. Pro ověření či vyvrácení této teorie byl proveden test vláken v peci. Do pece byl vložen čistý blok a po průchodu pece bylo provedeno opětovné čištění bloku.

## 4.6 Test vláken po peci

Abychom věděli, na kterou část linky se zaměřit a která pracoviště je potřeba analyzovat, byl proveden jednoduchý test. Dva výparníkové bloky byly vyčištěny pomocí HF-E rozpouštědla a dovnitř bloků bylo vloženo několik textilních vláken. Tyto bloky byly podrobeny standardnímu procesu pájení v peci po dobu cca 40 minut. Po absolvování pece bylo opět provedeno čištění a nečistoty byly zachyceny pomocí papírového filtru a analyzovány.

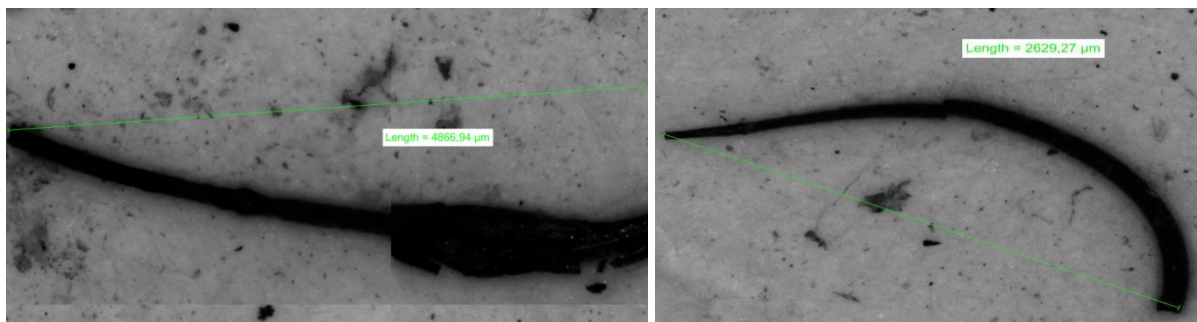


obr. 4-28: Porovnání filtru nečistot po peci (vlevo) běžného filtru (vpravo)

Na obr. 4-28 jsou znázorněny filtry po běžném čištění a filtr po čištění bloku po peci. Je zde na první pohled znatelný nárůst černých částic. O celkový nárůst vláken se ale nejedná, pouhým pohledem jsou textilní vlákna na filtru jen těžko znatelná, vzhledem k bílé barvě a velikosti v řádu mikrometrů. Pro názornost byly zhotoveny detailní obrazy jednotlivých vláken.

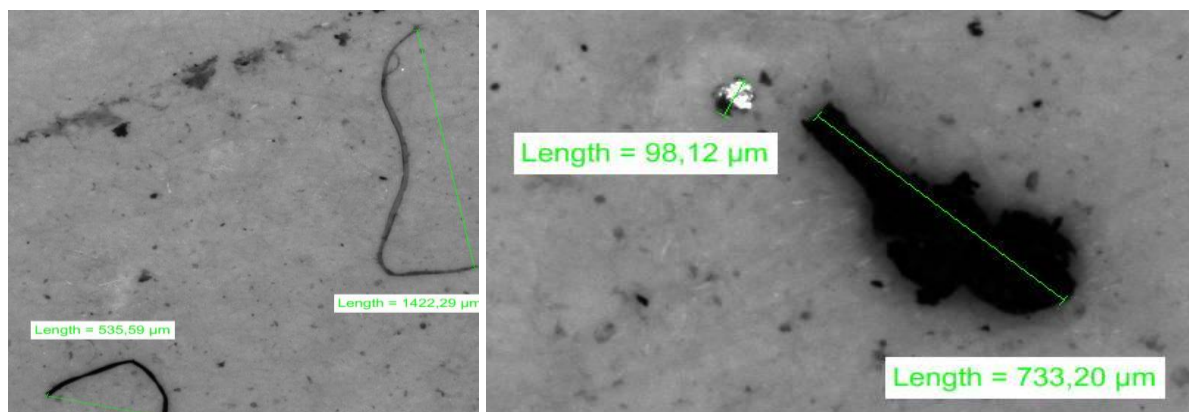
### 4.6.1 Analýza bloku č. 1

Na obr. 4-29 je zobrazena organická částice, lidský chlup, která je již částečně zuhelnatělá. Velikost těchto organických částic je 2 600  $\mu\text{m}$  a 4 860  $\mu\text{m}$ . Takovéto organické částice se do bloků tedy museli dostat při manipulaci s blokem ještě před průchodem pecí.



obr. 4-29: Detailní pohled na částice bloku č. 1

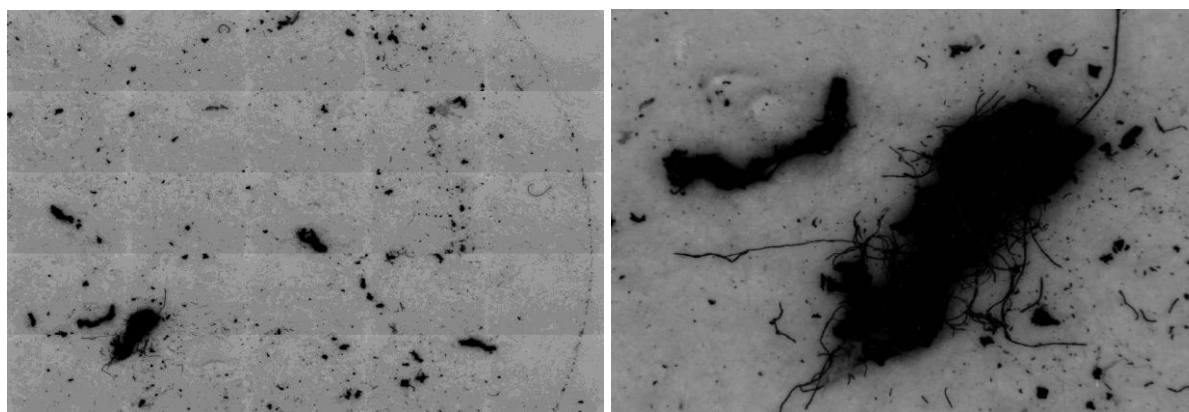
Na obr. 4-30 jsou zobrazena světlá neporušená vlákna, rozpadlé zuhelnatělé vlákno a metalická částice. Na obr. 4-30 vlevo jsou vlákna neporušená a světlejší, než ostatní. Tato vlákna očividně neprošla pecí a do bloku se dostala až po vyjmutí z pece a manipulací s blokem. Metalická částice může být pozůstatkem nedokonalého čištění nebo výsledkem turbulentního víření vzduchu uvnitř pájecí pece. Posledním detailem je spálené vlákno pokročilého rozpadu.



obr. 4-30: Detailní pohled na částice bloku č. 1

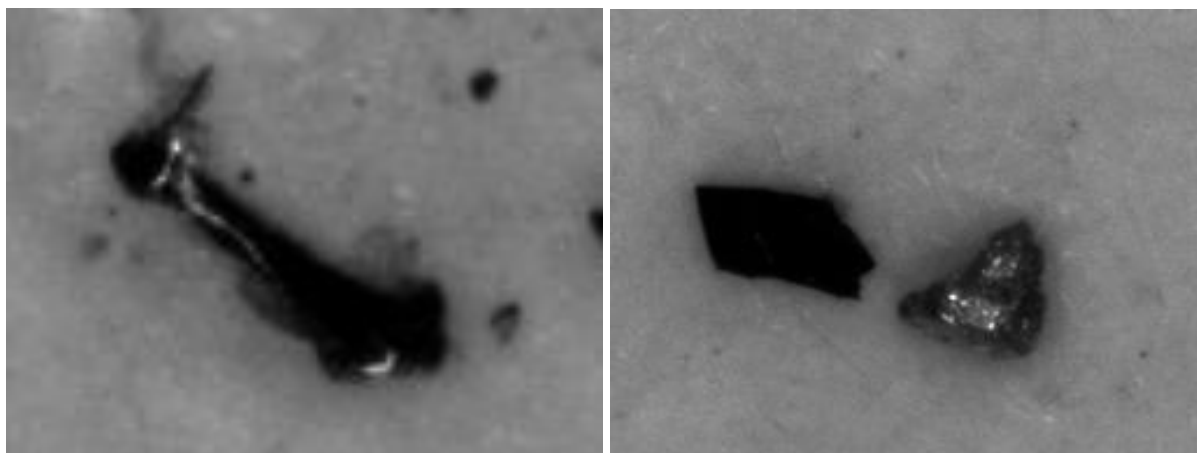
#### 4.6.2 Analýza bloku č. 2

Blok č. 2 vykazuje obdobné výsledky jako předešlý vzorek. Všechny částice jsou zuhelnatěné a částečně rozpadlé. Na obr. 4-31 je možné pozorovat rozpadlé zuhelnatěné vlákno a celkový pohled na znečištěný filtr.



obr. 4-31: Náhled na nečistoty filtru a detailní pohled na spálené vlákno

V tomto vzorku byly nalezeny i malé metalické částice, které jsou zobrazeny na obr. 4-32. Jako v předešlém vzorku, počet metalických částic je velice nízký a může se jednat o nedokonalý proces vyplachování bloku při jeho čištění.



obr. 4-32: Detailní pohled na metalické částice bloku č. 2

#### 4.6.3 Zhodnocení

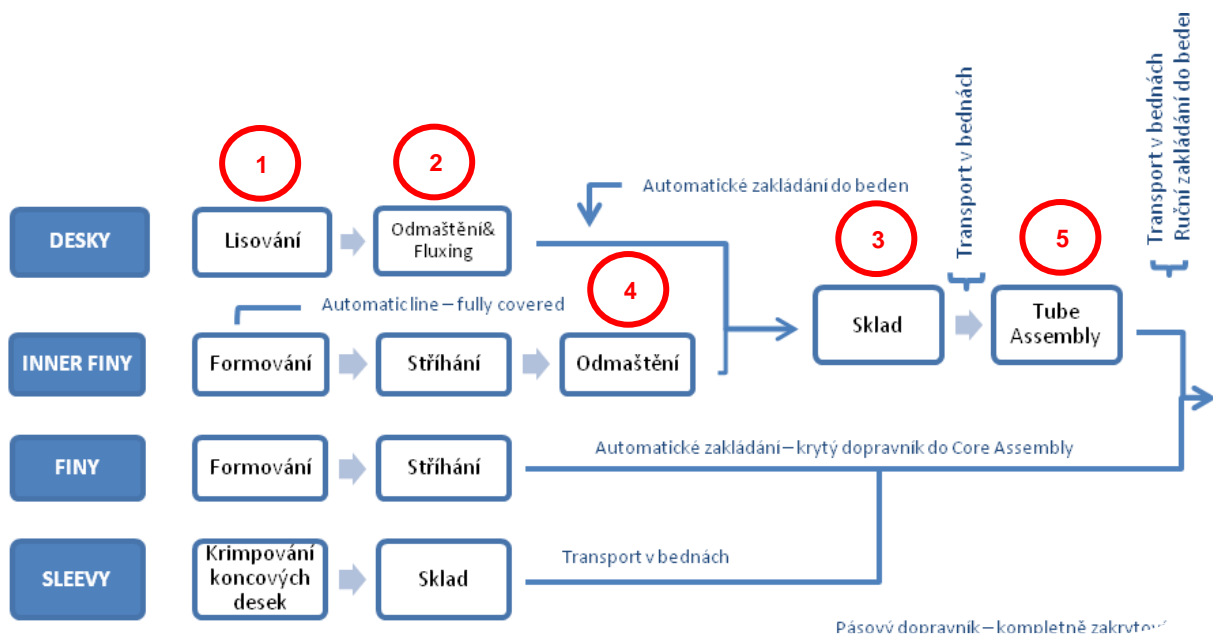
Tímto testem bylo objasněno několik zásadních faktorů. Bloky vystupující z pece nejsou zbaveny všech textilních a organických částic. Tyto částice jsou pouze částečně zuhelnatělé a některé jsou částečně rozpadlé. Z těchto výsledků lze konstatovat, že potřebu řešení kontaminace vlákny je nutné řešit ještě před vstupem bloku do pece, tedy na brazingové lince při výrobě komponentů.

Dalším důležitým faktorem se ukázalo to, že vlákny lze blok snadno kontaminovat pouhou manipulací s ním a také pouhým působením ve výrobním procesu. Jakmile je blok či komponent vystaven okolnímu prostředí výrobního procesu, je zde možné ohrožení jeho čistoty a možná kontaminace organickými a textilními vlákny.

Výskyt kovových částic poukazuje na fakt, že samotné čištění bloku nemusí být zcela úplné. Je zde také možnost kontaminace nečistotami přímo v peci díky turbulentnímu víření vzduchu.

#### 4.7 Hledání zdroje nečistot – analýza „Step by Step“

K navržení nápravných opatření je nutné znát přímé zdroje znečištění. Výparník je nejprve sestavován z jednotlivých komponentů, které projdou několika pracovišti, jsou skladovány a transportovány mezi pracovišti různými způsoby. Všechna pracoviště je nutné analyzovat a vyhodnotit jejich hrozbu pro interní čistotu konečného výrobku. Na procesní mapě jsou vyznačeny čtyři komponenty, které vstupují do procesu za účelem sestavení výparníku, jsou to desky, inner finy, finy a sleevy. Finy nebo také square finy nebyly podrobeny analýze, protože jsou umístěny vně výparníku a nepřichází do styku s chladivem uvnitř výparníku. Sleevy nebyly testovány s ohledem na zanedbatelné množství vůči ostatním komponentům ve výparníku. Podrobněji byly tedy zkoumány všechny druhy desek a inner finy. Jednotlivé kroky jsou znázorněny na mapě výrobního procesu.



obr. 4-33: Procesní mapa s vyznačením jednotlivých pracovišť podrobeným analýze

Analyzován byl pouze pájecí proces, od lisování desek po pájení bloků včetně jejich povrchové úpravy. Vyskytuje se zde nejvíce pracovišť s mnoha možnými zdroji nečistot. Do analýzy procesu byl také zahrnut faktor preventivní pravidelné údržby. Některé kroky jsou tedy vyhodnocovány dvakrát, před údržbou a po týdenní údržbě. Testy byly provedeny vždy bezprostředně po provedení údržby a vždy těsně před plánovanou údržbou.

#### 4.7.1 1. krok – lisování

Prvním procesem výroby výparníku je lisování desek. Desky jsou raženy z hliníkového pásu pomocí hydraulického lisu. Před lisováním je na pás nanášen olej, snižující třecí odpor při ražení poměrně složitého tvaru desky. Raznice jsou podrobovány pravidelné údržbě. Čištění a odmaštění raznice probíhá každý týden a jednou za 5 000 cyklů proběhne TPM – kompletní preventivní údržba, která zabezpečuje také mechanickou funkčnost. Na test bylo použito 20 desek ihned po opuštění lisovacího stroje.

##### 4.7.1.1 Před týdenní údržbou raznice

tab. 4-8: Počet částic / 20 ks – lisování před údržbou

Kategorie [ $\mu\text{m}$ ]	Počet částic / 20 kusů ( $35,2 \text{ dm}^2$ )		
	Metalické	Organické	Vlákna
200 - 400	31	0	0
400 - 500	13	0	1
500 - 900	39	0	4
900 - 1000	4	0	1
>1000	40	0	2
Max size	4692	0	3053
<b>Hmotnost částic</b>	0,06 mg /dm <sup>2</sup>		

**4.7.1.2 Po týdenní údržbě raznice**

tab. 4-9: Počet částic / 20 ks – lisování po údržbě

Počet částic / 20 kusů (35,2 dm <sup>2</sup> )			
Kategorie [μm]	Metalické	Organické	Vlákna
200 – 400	52	0	0
400 – 500	18	0	0
500 – 900	23	0	4
900 – 1000	4	0	0
> 1000	8	0	1
Max velikost	1112	0	1139
Hmotnost částic	0,03 mg/dm <sup>2</sup>		

Z výsledků testů je patrné snížení počtu metalických částic po pravidelné údržbě raznice, především nad 1000 μm, s čímž souvisí i maximální velikost metalické částice, která se snížila ze 4692 μm na 1112 μm. Týdenní údržba raznice nemá vliv na výskyt vláken, jejich počet a velikost jsou srovnatelné. Celkový výskyt nečistot je po provedení údržby nižší, svědčí o tom také hmotnost všech nečistot, která klesla z 0,06 mg /dm<sup>2</sup> na 0,03 mg /dm<sup>2</sup>, tedy o 50%.

**4.7.2 2. krok – odmaštění**

Dalším krokem výrobního procesu je odmaštění desek a nanesení fluxu. Desky z lisu jsou dopravovány pomocí dopravníku do zásobníku, ze kterého jsou automatickým manipulátorem vyskládány na dopravní pás DFS stroje. První část DFS je odmašťovací pec – zde jsou desky zbaveny přebytečného zbytkového oleje z lisování. Další část je nanášení fluxu. Vše je plně zakryto na jednom dopravním pásu.

**4.7.2.1 Před týdenní údržbou raznice**

tab. 4-10: Počet částic / 20 ks – odmaštění, před údržbou

Počet částic / 20 kusů (35,2 dm <sup>2</sup> )			
Kategorie [μm]	Metalické	Organické	Vlákna
200 - 400	27	0	2
400 - 500	11	1	4
500 - 900	31	0	13
900 - 1000	1	0	3
>1000	14	0	15
Max velikost	4713	423	3531
Hmotnost částic	0,065 mg /dm <sup>2</sup>		

#### 4.7.2.2 Po týdenní údržbě raznice

tab. 4-11: Počet částic / 20 ks – odmaštění, po údržbě

Kategorie [ $\mu\text{m}$ ]	Počet částic / 20 kusů ( $35,2 \text{ dm}^2$ )		
	Metalické	Organické	Vlákna
200 – 400	17	0	9
400 – 500	5	0	1
500 – 900	19	0	1
900 – 1000	2	0	1
> 1000	9	0	4
Max velikost	3220	0	2615
Hmotnost částic	0,04 mg/dm <sup>2</sup>		

Po odmaštění je oproti předchozí operaci znatelný úbytek metalických částic, především v kategorii 200 - 400  $\mu\text{m}$  a > 1000  $\mu\text{m}$ , naopak nárůst je ve všech kategoriích vláken, především ve vzorku před údržbou raznice. Oproti předchozí operaci zde není tak výrazný rozdíl mezi vzorky před údržbou raznice. Snížení hmotnosti nečistot je zde cca o 40%.

Zvýšený počet vláken vzorku před údržbou raznice poukazuje na fakt, že výskyt vláken je více nahodilý, nepředvídatelný a není tolik závislý na vstupních podmínkách. Zdroj vláken je tedy potřeba hledat v okolních prostorech. Z hlediska počtu vláken oproti předchozí operaci je v obou případech výskyt mírně zvýšený. V kategorii nad 1000  $\mu\text{m}$  je to u vzorku před údržbou z 2 na 15 a ze vzorku po údržbě z 1 na 4 vlákna. Z obou vzorků nelze jednoznačně určit v jaké míře, ale s jednoznačností je zde během procesu odmašťování určitý nárůst hodnot. To může být způsobeno prouděním vzduchu při odmašťovacím procesu.

#### 4.7.3 3. krok – sklad komponent

Blok LUCIE se skládá z několika druhů desek, standardní, bypass, dělicí a koncové. Největší zastoupení mají však standardní desky a bypassy. Tyto desky budou mít největší vliv v hodnotách interní čistoty. Ostatní jsou použity jen okrajově. Standardní desky jsou použity okamžitě po nanesení fluxu. Obvykle nejsou vyráběny na sklad. Na sklad jsou vyráběny právě desky bypass, dělicí a koncové. Z tohoto důvodu byly testovány právě bypass desky z výrobního meziskladu.

Jelikož jsou desky na skladě již pokryty fluxem, není možné porovnávat hmotnost částic. Při čištění rozpouštědlem HF-E dojde k částečnému uvolnění fluxových částic.

tab. 4-12: Počet částic / 20 ks - sklad

Kategorie [ $\mu\text{m}$ ]	Počet částic / 20 kusů ( $35,2 \text{ dm}^2$ )		
	Metalické	Organické	Vlákna
200 – 400	7	0	4
400 – 500	2	0	2
500 – 900	5	0	8
900 – 1000	0	0	1
> 1000	1	0	12
Max velikost	1912	0	5622

#### 4.7.4 4. krok – inner finy po odmaštění

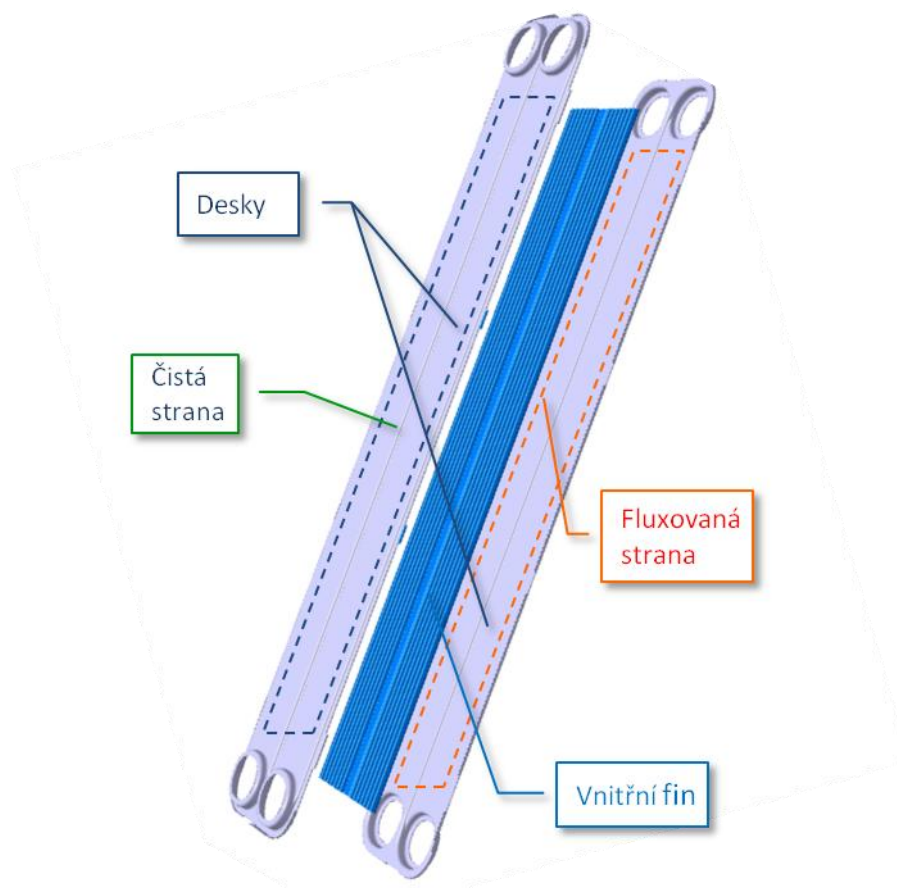
Do každé trubky je vkládán inner fin, bez ohledu na funkci desek. Spotřeba inner finů obvykle ihned po vyrobení. Analyzovány byly tedy kusy přímo z finovacího stroje po odmaštění a stohování do beden. Na inner finy není nanášen flux ani žádná další povrchová úprava.

tab. 4-13: Počet částic / 20 ks –inner finy

Kategorie [ $\mu\text{m}$ ]	Počet částic / 20 kusů ( $38,3 \text{ dm}^2$ )		
	Metalické	Organické	Vlákna
200 – 400	5	0	1
400 – 500	5	0	2
500 – 900	2	0	9
900 – 1000	1	0	1
>1000	3	0	1
Max velikost	1163	0	5111
Hmotnost částic	0,02 mg/dm <sup>2</sup>		

#### 4.7.5 5. krok -montáž trubek

Na pracovišti tube assembly jsou z jednotlivých desek a inner finů skládány trubky výparníku. Do zásobníků jsou ručně zakládány desky, které jsou automaticky zpracovány. Zde byly analyzovány desky a inner finy ze zásobníků vně stroje.

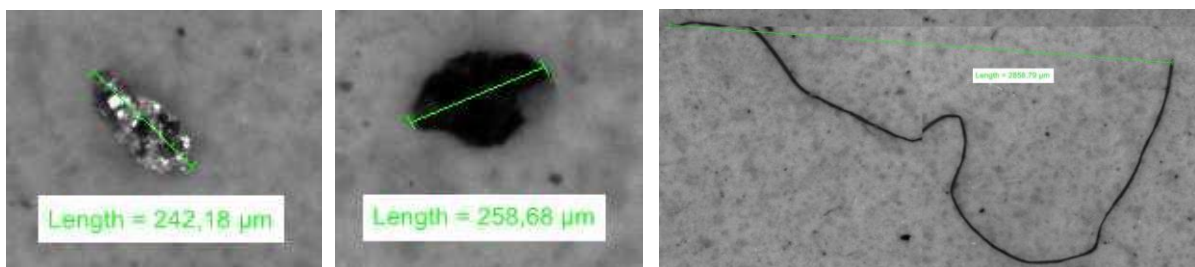


obr. 4-34: Schematické zobrazení skládání trubky z jednotlivých komponentů na pracovišti tube assembly

Analyzováno bylo 10 kusů standardních desek. Celková vnější plocha desek je 17,6 dm<sup>2</sup>. Tato plocha je udávána z důvodu možného vyjádření znečištění na jednotku plochy. Z výsledků lze aritmetickým průměrem získat, že na jednu desku je v průměru 0,2 vlákna nad 1000 μm. Metalické ani organické částice větší než 400 μm zde nebyly nalezeny.

tab. 4-14: Počet částic na 10 ks - standardní desky

<b>Počet částic / 10 kusů (17,6 dm<sup>2</sup>) Standardní desky</b>			
<b>Kategorie [μm]</b>	<b>Metalické</b>	<b>Organické</b>	<b>Vlákna</b>
<b>200 - 400</b>		19 <sup>1</sup>	
<b>400 - 500</b>	0	0	4
<b>500 - 900</b>	0	0	5
<b>900 - 1000</b>	0	0	2
<b>&gt;1000</b>	0	0	2
<b>Max velikost</b>	242	258	2857



obr. 4-35: Zobrazení největší částice kovu, organického původu a vlákna

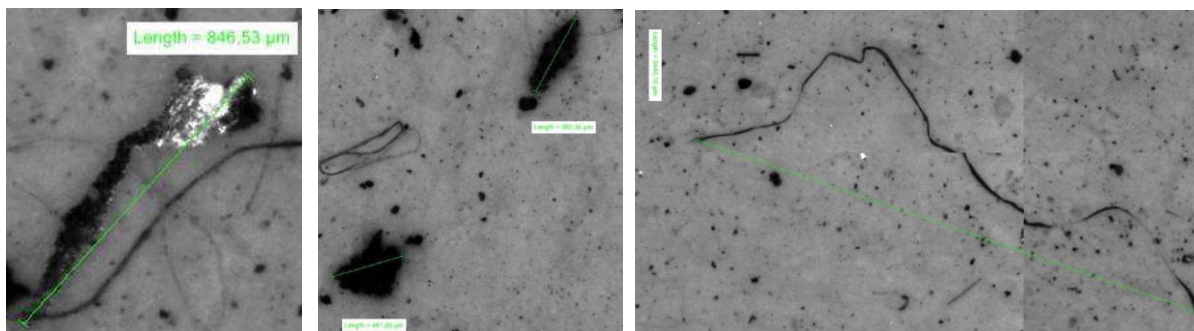
Analyzován byl stejný počet inner finů. Externí plocha inner finů je celkem 19,1dm<sup>2</sup>. Počet vláken je totožný se standardními deskami, zvýšený počet je zde organických a metalických částic.

tab. 4-15: Počet částic na 10 ks - inner finy

<b>Počet částic / 10 kusů (19,1 dm<sup>2</sup>) Inner finy</b>			
<b>Kategorie [μm]</b>	<b>Metalické</b>	<b>Organické</b>	<b>Vlákna</b>
<b>200 - 400</b>		97	
<b>400 - 500</b>	0	2	3
<b>500 - 900</b>	0	5	5
<b>900 - 1000</b>	1	0	1
<b>&gt;1000</b>	0	0	2
<b>Max velikost</b>	847	560	3440

<sup>1</sup> Počet částic v kategorii 200μm až 400μm nebyly dostatečně rozeznatelné, proto je uveden pouze souhrnný počet všech částic v kategorii, bez ohledu na původ.



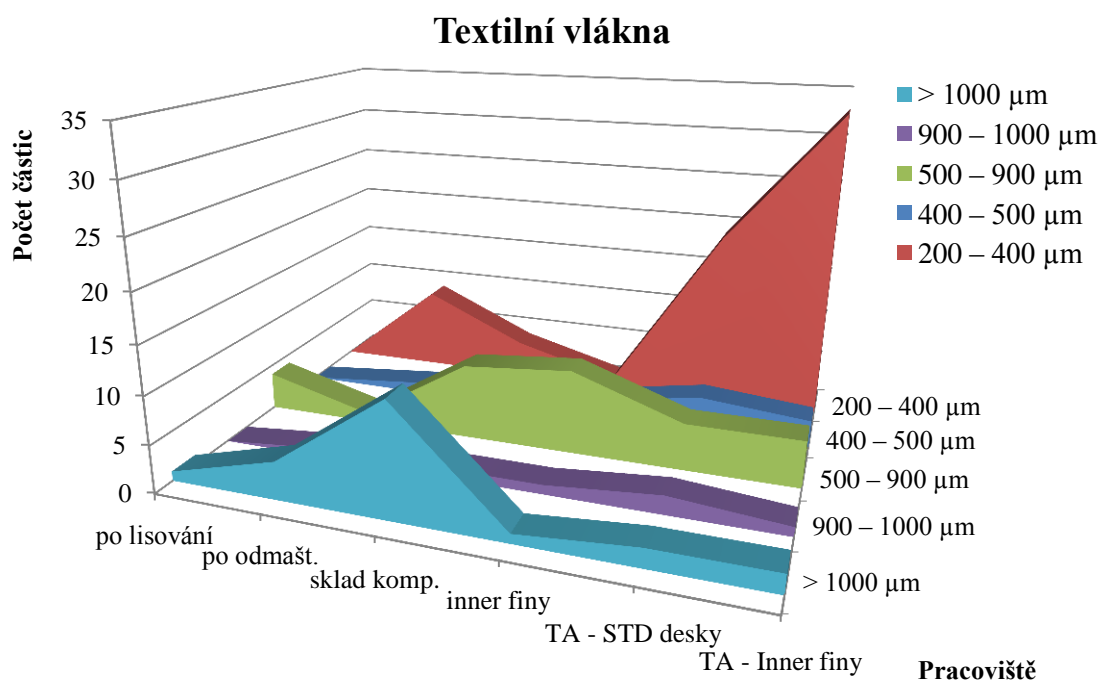


tab. 4-16: Zobrazení největší částice kovu, organického původu a vlákna

Vzhledem k tomu, že povrch desek je již pokryt fluxem, není možné analyzovat hmotnost částic a hmotnost zbytkového oleje.

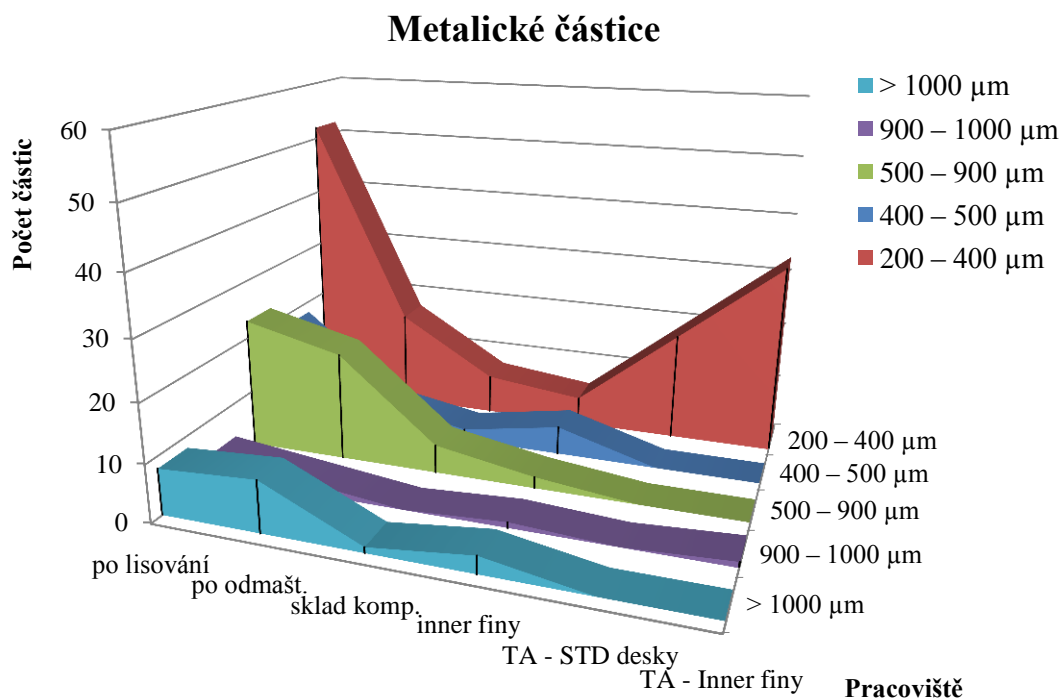
#### 4.7.6 Vývoj vzniku nečistot dle příslušných pracovišť

Na následujících grafech je znázorněn vývoj počtu částic na pracovištích výroby komponentů LUCIE 1. Vzorky jsou sestaveny po týdenní údržbě raznice. Zobrazen je v každém grafu vývoj vzniku textilních vláken, metalických částic a organických částic. Pro vyšší orientaci je sledován počet částic v každé rozměrové kategorii.

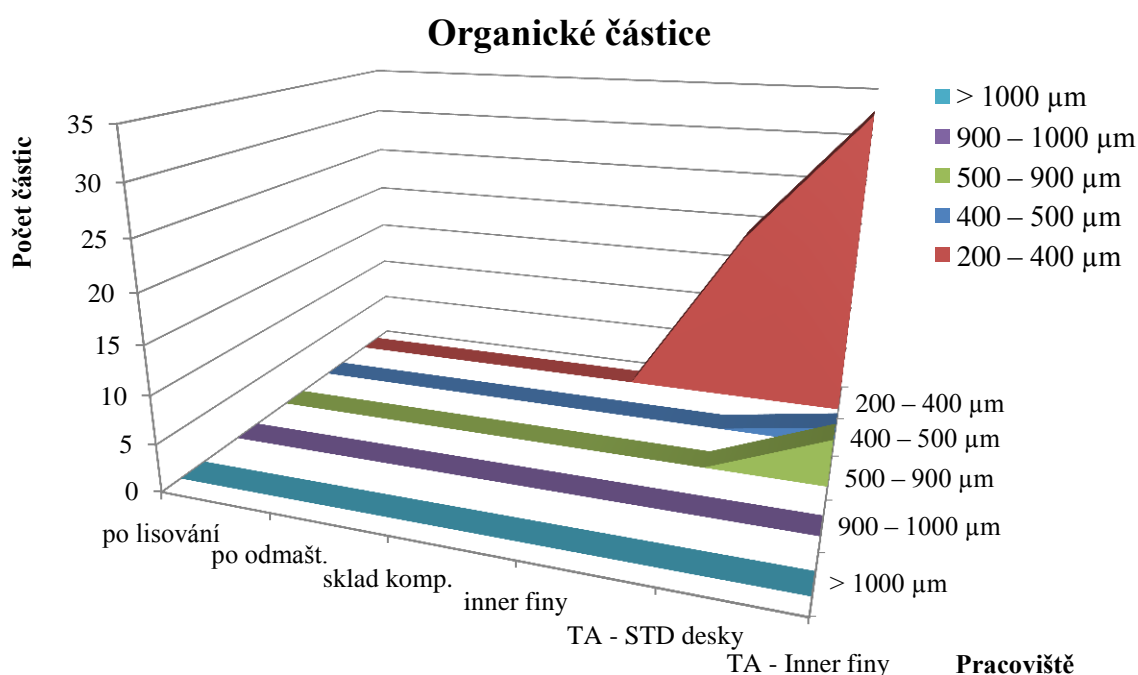


obr. 4-36: Vývoj vzniku vláken po jednotlivých pracovištích

Z vývojového trendu výskytu textilních vláken je patrný mírný vzestup po každém pracovišti. Propad na pracovišti inner finů není zlepšení výskytu nečistot, na tomto pracovišti jsou inner finy hodnoceny těsně po výrobě, tedy jsou krátce ve výrobním prostředí. Ve všech kategoriích od 200 μm až po > 1000 μm je znatelný nárůst výskytu vláken po každém pracovišti. Lze tedy konstatovat, že pobyt výrobku v pracovním prostředí má negativní vliv na výskyt textilních vláken. Nejvyšší přírůstek v počtu vláken je v kategorii 200 μm až 400 μm na pracovišti tube assembly (TA), kde jsou společně sestavovány desky a inner finy do trubek.



obr. 4-37: Vývoj vzniku kovových částic po jednotlivých pracovištích



obr. 4-38: Vývoj vzniku organických částic po jednotlivých pracovištích

Výskyt organických částic je v této části výrobního procesu téměř nezatelný. Organické částice lze nalézt až na pracovišti tube assembly, na deskách a inner finech. S určitostí to však nelze určit, protože vizuální metodou, kterou jsou vyhodnocovány jednotlivé částice, nelze určit přesný původ částic v kategorii 200  $\mu\text{m}$  až 400  $\mu\text{m}$ . Počet částic byl rovnoměrně rozdělen mezi metalické částice, organické částice a textilní vlákna.

#### 4.7.7 Zhodnocení jednotlivých pracovišť

Z výsledků analýzy jednotlivých pracovišť lze vyvodit několik závěrů. Z analýzy výskytu vláken lze jednoznačně konstatovat, že hlavním faktorem na četnost vláken na výrobku je doba strávená ve výrobním procesu. Z grafu vývoje výskytu vláken je znatelný rostoucí trend četnosti vláken po každém pracovišti. Nejvíce znatelný nárůst vláken  $> 1000 \mu\text{m}$ , což je nejvíce problematická kategorie v oblasti vláken, je právě na skladu komponent. Zde je tedy nutné implementovat opatření, aby na hotové výrobky nebyl tak významný dopad nečistot z okolí. V okamžiku, kdy jsou komponenty ihned zpracovány a nejsou tedy uloženy na skladě, není nárůst četnosti vláken nijak znatelný (porovnání pracoviště po odmaštění a pracoviště tube assembly).

Ohledně kovových částic je výskytový trend spíše klesající. Metalické částice jsou postupně oddělovány od výrobku po každém dalším pracovišti, což může mít za následek postupné ochlazování výrobku, vypařování zbytkového oleje a stálé otřesy při manipulaci. Nárůst můžeme sledovat v kategorii 200 až 400  $\mu\text{m}$ . Tyto malé částice se naopak na výrobek nabalují průchodem přes další pracoviště. Tato kategorie však není tolik problematická, jako např. částice  $> 1000 \mu\text{m}$ .

### 4.8 Vzduchotechnika výrobní haly

Z grafu průběhu výskytu organických částic a textilních vláken je patrné, že doba působení výrobku ve výrobní hale a jeho vystavení okolnímu prostředí má negativní vliv na výskyt organických nečistot. Proto bylo prostředí výrobní haly podrobena testu na polétavé nečistoty a nečistoty v hale otestovány na výskyt organických částic.

#### 4.8.1 Ventilace a filtry vzduchotechniky

Vzduch proudící do výrobní haly prochází vzduchovými kapsovitými filtry ze syntetického filtračního materiálu (100% PES). Filtry jsou certifikovány dle ISO 9001:2000 TÜV Nord Cert. Přívod vzduchu je dále filtrován pomocí hořáků, které eliminují možné organické a textilní nečistoty. Tyto hořáky jsou používány pouze v zimních měsících, v letních měsících je výrobní hala vystavena teplému ovzduší a spalování nečistot by pouze zhoršovalo tepelné podmínky ve výrobě. Dalším problémem ventilace je zvýšená spotřeba vzduchu novou linkou LUCIE. Současná měření prokázala, že do výrobní haly je vháněno méně vzduchu, než je spotřeba strojů. Z tohoto důvodu vzniká podtlaková hala, přičemž zbylý potřebný vzduch je nasáván z okolí haly vstupními vraty. Tento problém vznikl po instalaci linky LUCIE, která nedisponuje vlastním přívodem vzduchu, jako je to u linky 5 a 6. Nasávání vzduchu z okolí haly tak způsobuje proudění vzduchu a víření nečistot uvnitř haly.

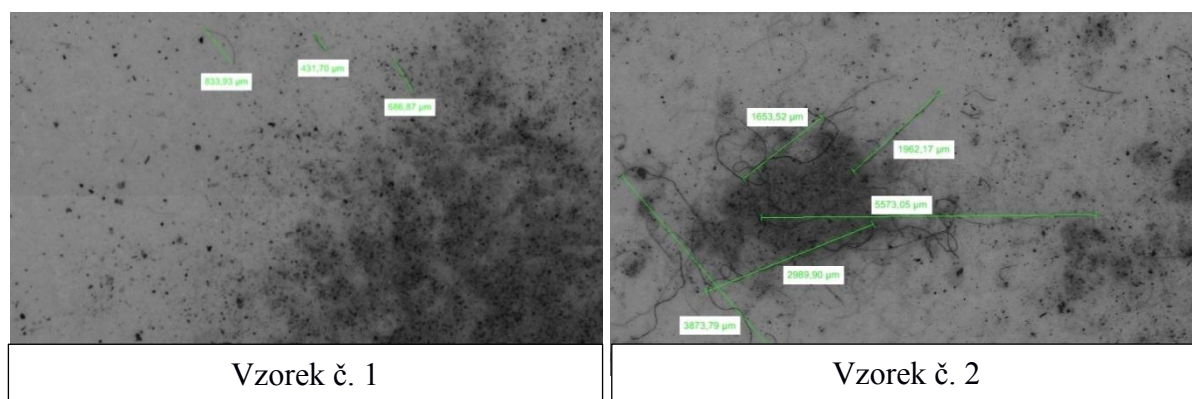
#### 4.8.2 Analýza prašnosti ve výrobní hale

Pro potvrzení či vyvrácení hypotézy víření prachu a distribuci vláken a šíření nečistot ve výrobní hale byly odebrány dva vzorky prachu. Vzorek č. 1 byl odebrán z energetických mostů nad logistickou částí haly. Zde je uskladněn materiál a součásti od dodavatelů. Výskyt operátorů je zde minimální. Vzorek č. 2 byl odebrán ze stejného energetického mostu, ale nad výrobní linkou č. 6, konkrétně nad pracovištěm zakládání desek. Zde pracuje 24 hodin denně skupina operátorů. Z obou lokací byl odebrán vzorek o hmotnost 5 g, který byl nanesen na laboratorní filtr. Z tohoto filtru byla analyzována vlákna, která byla následně vyhodnocena.



obr. 4-39: Analýza vzorků prachu z výrobní haly

Na obr. 4-40 je ukázka analýzy laboratorních filtrů. Tmavé skvrny a tečky jsou prach, vlákna jsou zvýrazněna zelenými čarami, které odměřují jejich délku.



obr. 4-40: Porovnání četnosti výskytu vláken vzorků č. 1 a č. 2 pod mikroskopem

V tab. 4-17 je porovnání výsledků analyzovaných vzorků. Je patrné, že ve vzorku č. 1 je zanedbatelný výskyt vláken oproti vzorku č. 2.

tab. 4-17: Souhrn četnosti vláken na vzorku č. 1 a č. 2

Kategorie	400 - 1000 $\mu\text{m}$	> 1000 $\mu\text{m}$
Druh	Vlákna	
Počet - vzorek č. 1	4	2
Počet - vzorek č. 2	20	23

Z výsledků lze odvodit, že ačkoli je hala podtlaková a vzduch do haly proniká mimo ventilaci, což může způsobovat víření a proudění uvnitř haly, na roznášení vláken tato skutečnost nemá zásadní vliv. Vzorky byly odebrány cca 10 metrů od sebe, a přesto je viditelný nárůst tam, kde pracují operátoři. Z výsledků tedy můžeme označit operátory jako možný zdroj vláken, respektive veškeré pracovníky a jejich pracovní oděvy.

### 4.8.3 Množství polétavých nečistot

Pro detailnější zjištění množství polétavých nečistot byl zpracován test prašnosti na lince LUCIE 1. Na horní část stroje DFD (lis 2.5) byly umístěny dvě přepravky, které byly předem odmaštěny a vyčištěny roztokem HF-E. Přepravka č. 1 zde byla umístěna prázdná, přepravka č. 2 zde byla umístěna s 10ti deskami, rozmístěnými po celé ploše dna. Test zde probíhal 24 hodin a je tak zaznamenán provoz všech směn.



obr. 4-41: Vzorek č. 1 a č. 2 při testování polétavých nečistot

tab. 4-18: Počet polétavých nečistot na přepravku

Vzorek č. 1 - celkové množství částic / přepravku			
Kategorie ( $\mu\text{m}$ )	Metalické	Organické	Vlákna
200 - 400		175	
400 - 500	0	7	25
500 - 900	0	4	50
900 - 1000	0	1	18
>1000	0	2	12
<b>Max. velikost</b>	378	1703	3712
<b>Hmotnost částic</b>		28,2 mg	

tab. 4-19: Počet polétavých nečistot na 10 ks desek

Vzorek č. 2 - celkové množství částic / 10 ks			
Kategorie ( $\mu\text{m}$ )	Metalické	Organické	Vlákna
200 - 400		244	
400 - 500	1	11	59
500 - 900	2	15	95
900 - 1000	0	2	10
> 1000	0	1	21

Zajímavým zjištěním je porovnání obou vzorků. Ačkoli byly vzorky na stejném místě a po stejnou dobu vystaveny okolnímu prostředí, výsledky jsou rozdílné. Je zde patrné výrazné

zvýšení nečistot u vzorku č. 2, tedy desek vyskládaných v přepravce. Zvýšení je nejvíce patrné v oblasti vláken a organických částic. Tento výsledek lze odůvodnit možnou zvýšenou přilnavostí polétavých nečistot na hliníkové desky. Aritmetickým průměrem lze stanovit hodnoty na jednu desku. Nad 1000  $\mu\text{m}$  je to 1 vlákno, v kategorii 500 až 900  $\mu\text{m}$  je to již 9,5 vláknů a v kategorii 200 až 400  $\mu\text{m}$  5,9 vláknů. To vše za 24 hodin ve výrobním prostředí.

#### 4.9 Analýza vláken ve výrobní hale

Hlavním problémem interní čistoty výrobků je především vysoký výskyt vláken nad 1000  $\mu\text{m}$ . K získání více informací o výskytu vláken ve výrobní hale bylo odebráno několik vzorků z různých pracovišť.

tab. 4-20: Přehled jednotlivých míst, kde byly odebrány vzorky

Č. vzorku	Testované místo v procesu	Podobné vláknům z výparníku	Popis
č. 1	Nečistoty z papírových krabic	ne	Světlá papírová vlákna
č. 2	Nečistoty z plechových krabic K2XX (BRA)	ano	Tmavá vlákna
č. 3	Nečistoty na krytech KLT (FIN)	ano	Tmavá vlákna
č. 4	Rukavice operátorů (FIN)	žádná vlákna	-
č. 5	Nečistoty ze stolu nasazování zátek	žádná vlákna	-
č. 6	Nečistoty ze stolu kam jsou zátky pokládány	ano	Tmavá vlákna
č. 7	Nečistoty z heliového nástroje	ano	Tmavá vlákna
č. 8	Nečistoty z KLT se zátkami	ne	Tráva a nečistoty
č. 9	Rukavice operátorů nasazující zátky	žádná vlákna	-
č. 10	Nečistoty z pracovního místa heliové komory	žádná vlákna	-
č. 11	Nečistoty z víka bedny blízko heliové komory	ano	Tmavá vlákna
č. 12	Nečistoty z bedny pro zátky od dodavatele	ano	Tmavá vlákna
č. 13	Pracovní plášť	ano	Tmavá vlákna
č. 14	Nečistoty z bedny používané pro přebalování zátek	ano	Tmavá vlákna

#### 4.10 Analýza pracovních oděvů a vliv na interní čistotu

V předešlém testování byl označen jako významný zdroj vláken pracovní oděv operátorů. Možným řešením je změna pracovního oděvu za alternativní, který by méně ztrácel vlákna a byl odolnější na otěr. K otestování byli vybráni konkurenční dodavatelé PULS, spol. s r.o. a KROK Hranice, s.r.o., kteří nabízejí antistatické oděvy.



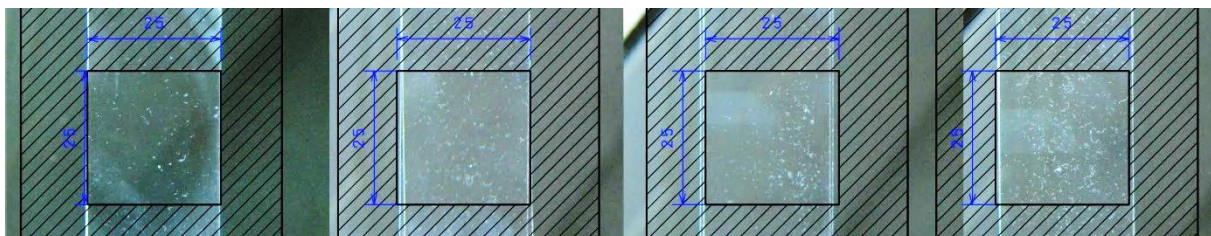
obr. 4-42: Triko a plášť ze sériové výroby, antistatické triko a plášť PULS, spol. s r.o.



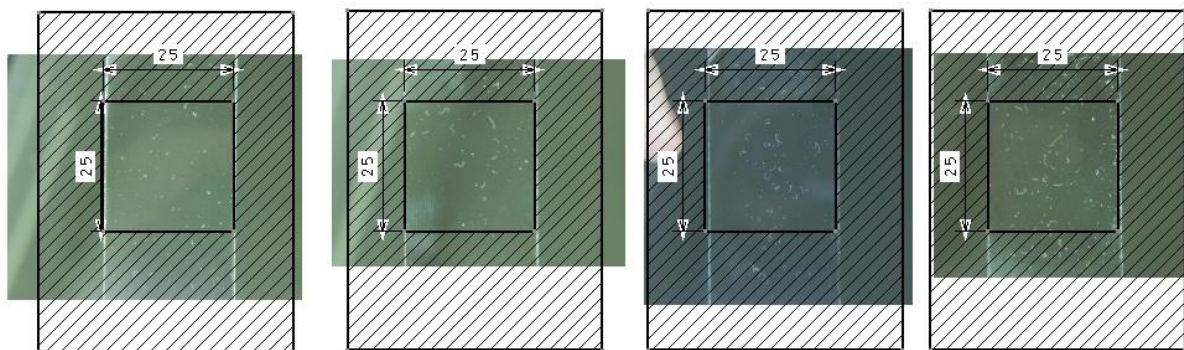
obr. 4-43: Antistatické triko, plášť, mikina a kalhoty firmy KROK Hranice, s.r.o.

#### 4.10.1 Testování otěru vláken pracovních oděvů

Každým vzorkem bylo třeseno nad dvojicí skel přesně 1 minutu. Poté byla skla otočena k sobě a pevně spojena. Na těchto sklech byla vyznačena oblast 25 x 25 mm, na které proběhla samotná analýza vláken. Oblast byla vyznačena přesně uprostřed každého skla.



obr. 4-44: Vlákna zachycena pomocí laboratorních skel – triko PULS, spol. s r.o., triko ze sériové výroby, plášť PULS, spol. s r.o., plášť ze sériové výroby



obr. 4-45: Vlákna zachycena pomocí laboratorních skel: Oblečení firmy KROK Hranice, s.r.o. – triko, plášť, mikina, kalhoty

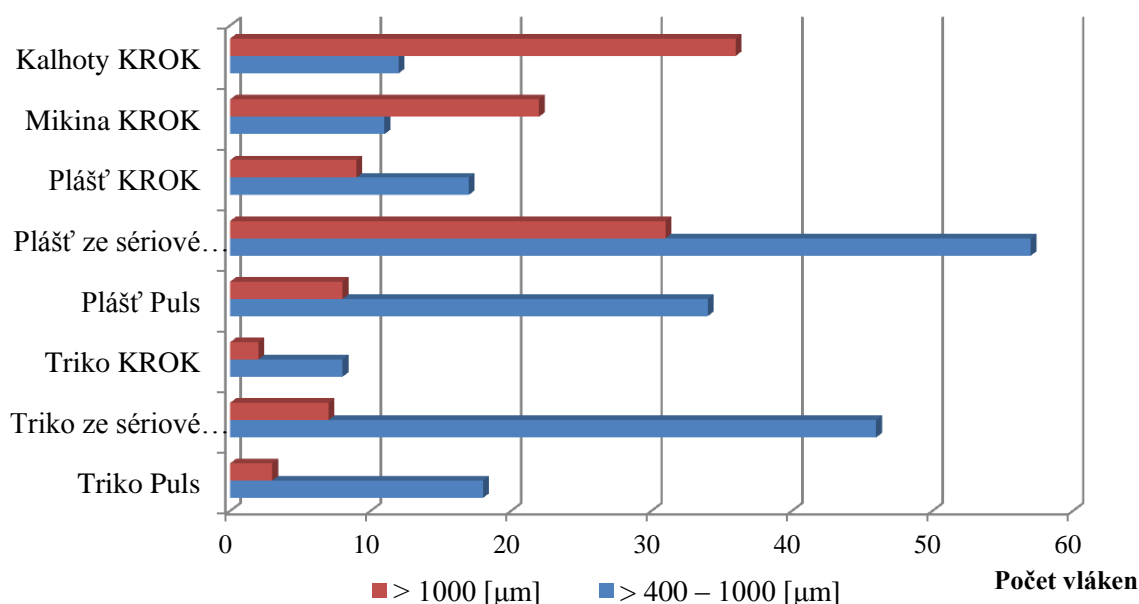
tab. 4-21: Vyhodnocení jednotlivých vzorků pracovních oděvů – počet vláken

Vzorek	400 – 1000 [ $\mu\text{m}$ ]	> 1000 [ $\mu\text{m}$ ]	Max [ $\mu\text{m}$ ]
Č. 1 - triko PULS, spol. s r.o.	18	3	1960
Č. 2 – triko z výroby	46	7	2810
Č. 3 - plášť PULS, spol. s r.o.	34	8	1810
Č. 4 – plášť z výroby	57	31	330
Č. 5 – triko KROK Hranice, s.r.o.	8	2	1450
Č. 6 – plášť KROK Hranice, s.r.o.	17	9	2610
Č. 7 – mikina KROK Hranice, s.r.o.	11	22	2450
Č. 8 – kalhoty KROK Hranice, s.r.o.	12	36	3010

#### 4.10.2 Zhodnocení pracovních oděvů

Z výsledků je patrné, že alternativní pracovní oděvy značky PULS, spol. s r.o. a KROK Hranice, s.r.o. vykazují méně oddělených vláken, než je tomu u pracovních oděvů používaných v sériové výrobě. Počet zachycených vláken z oděvů používaných v sériové výrobě je až 4x vyšší, než z oděvů PULS, spol. s r.o. a téměř 6x u oděvů KROK Hranice, s.r.o., zejména u pracovních triček. Kompletní přehled, viz graf níže.

**Otěr vláken pracovních oděvů**  
 počet vláken / 0,65 dm<sup>2</sup>



obr. 4-46: Přehled otěru vláken pracovních oděvů jednotlivých dodavatelů



### 4.10.3 Testování otěru vláken pracovních rukavic

Stejněmu testování byly podrobeny rukavice výrobních operátorů. Byly porovnány 3 vzorky rukavic – rukavice používané v sériové výrobě, pogumované rukavice Maxi Foam a antistatické rukavice firmy Trio Havel. Vláknina byla zachycena do kovové nádoby, ze které následně odplavena pomocí roztoku HF-E a pomocí papírového filtru zachycena. Každý filtr byl analyzován pod optickou laboratorní kamerou.



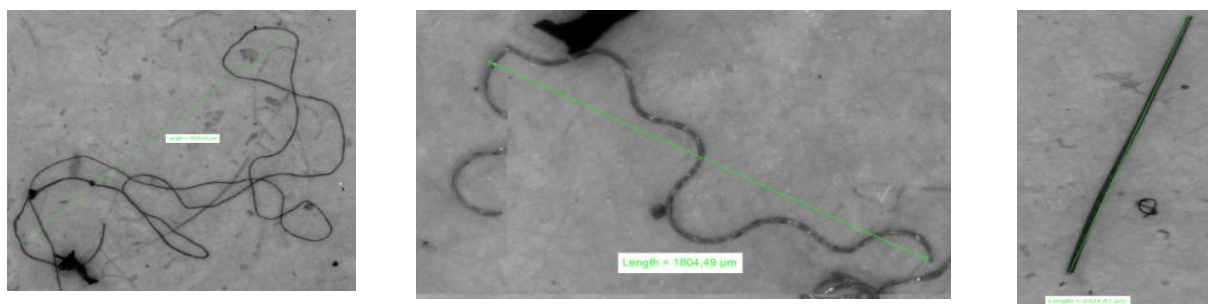
Č. 1 – používané v sériové výrobě

Č. 2 – Maxi Foam

Č. 3 - Trio Havel

obr. 4-47: Vzorky rukavic výrobních operátorů

Již při testování se ukázalo, že rukavice jsou mnohem slabším zdrojem vláken, nežli pracovní oděvy. Při zachování stejných podmínek testování jako u pracovních oděvů byl výskyt vláken jen těžko zachytitelný. Metoda byla upravena na 5ti minutové třepání a 5ti minutový otěr.



obr. 4-48: Zleva: nejdelší vlákno vzorku č. 1, č. 2 a č. 3

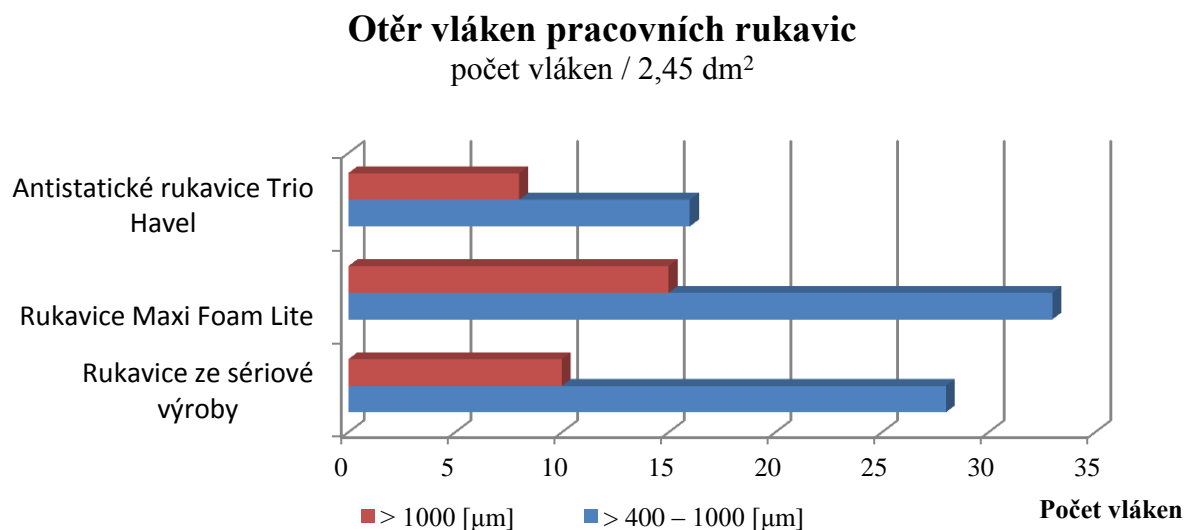
Na obr. 4-48 jsou zobrazena vlákna jednotlivých vzorků. Na prostředním obrázku je zřetelně patrné pruhované zbarvení vlákna, což je dáno příměsí gumy na pracovní části rukavice. Nejdelší vlákno bylo ze vzorku č. 1, tedy rukavic ze sériové výroby. Udávaná délka vlákna je 3 050  $\mu\text{m}$ , nicméně skutečná délka vlákna v rozvinutém tvaru je několikanásobně vyšší.

tab. 4-22: Vyhodnocení jednotlivých vzorků rukavic

Vzorek	Počet vláken 400 – 1000 [ $\mu\text{m}$ ]	Počet vláken > 1000 [ $\mu\text{m}$ ]	Max. velikost [ $\mu\text{m}$ ]	Cena za kus
Rukavice ze sériové výroby	28	10	3050	5,40 Kč
Rukavice Maxi Foam Lite	33	15	1804	39,00 Kč
Antist. rukavice Trio Havel	16	8	2324	17,50 Kč

#### 4.10.4 Zhodnocení pracovních rukavic

Nejnižší hodnoty v obou kategoriích vykazují antistatické rukavice Trio Havel. Rozdíl však není tak znatelný, jako u předešlého testování pracovních oděvů. Nejzávažnější kategorií, s ohledem na zákaznické specifikace, jsou vlákna větší než 1000  $\mu\text{m}$ . V této kategorii lze výsledky antistatických rukavic Trio Havel srovnat s výsledky rukavic ze sériové výroby. V porovnání s otěrem vláken pracovních oděvů, které byly testovány na ploše 0,65  $\text{dm}^2$ , jsou hodnoty otěru vláken pracovních rukavic testované na ploše 2,45  $\text{dm}^2$  zanedbatelné. S ohledem na cenu jednotlivých rukavic nelze jednoznačně určit vhodného dodavatele. Porovnání jednotlivých vzorků je zobrazeno na obr. 4-49.



obr. 4-49: Přehled otěru vláken pracovních rukavic jednotlivých dodavatelů

### 4.11 Analýza skladování komponentů

Jedním z důležitých faktorů čistého výrobku je jeho správné skladování. Již ve výrobní fázi jednotlivých komponentů může mít samotné skladování vysoký vliv na konečné hodnoty interní čistoty. Jednotlivé komponenty jsou skladovány v KLT přepravech a pomocí nich transportovány na další pracoviště. Analyzovány byly metody skladování desek a inner finů.

#### 4.11.1 Skladování desek

Veškeré komponenty pro bloky LUCIE jsou skladovány v KLT přepravech, stohovány na manipulačním vozíku po 24 kusech zakryty horním víkem. Konkrétně desky jsou skladovány do dvou barevně odlišených KLT. Šedivé KLT značí desky po odmaštění a nanesení fluxu, zelené KLT označují právě vylisované desky ještě před odmaštěním. Jako ochrana proti znečištění komponentů od vnitřního povrchu beden je pod desky umístován ochranný prvek – tenkostěnná folie. Na tuto folii jsou umístovány jednotlivé komponenty.

##### 4.11.1.1 Analýza nečistot: vzorek č. 1, zelená KLT

Do zelených beden jsou ukládány desky bezprostředně po lisování, proto jsou tyto desky silně pokryty zbytkovým olejem z lisování. Tento olej je přenášen na ochrannou folii a z té postupně ztéká do vnitřní části KLT. Přepravka je pokryta vrstvou oleje, která je viditelná již pouhým zrakem. Olej z přepravek není odstraněn, přepravka je používána opakovaně bez jakéhokoliv zásahu. V okamžiku, kdy je již folie silně pokryta olejem, je vyměněna za novou.

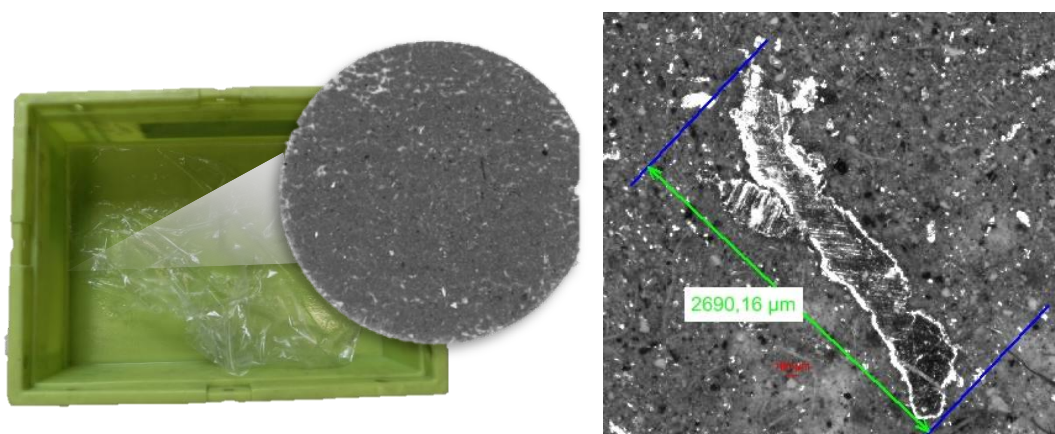


obr. 4-50: Ukázka KLT přepravky pro skladování desek po lisování

Pro získání informací o možném znečištění KLT přepravky byl proveden test na výskyt nečistot stejného typu, jako byl použit na testování jednotlivých komponentů. Zelená KLT byla označena jako vzorek č. 1 pro komponenty bezprostředně po lisování. Pro čištění byl použit roztok HF-E a jednotlivé částice vyhodnoceny mikroskopem a napočteny dle požadovaných kategorií.

tab. 4-23: Počet částic vzorku č. 1 - zelené KLT

Vzorek č. 1 Kategorie [ $\mu\text{m}$ ]	Počet částic / 1 KLT / $9,72\text{dm}^2$		
	Metalické	Organické	Vlákna
<b>200 - 400</b>		196	
<b>400 - 500</b>	26	21	18
<b>500 - 900</b>	124	28	56
<b>900 - 1000</b>	10	3	11
<b>&gt; 1000</b>	16	3	21
<b>Max. velikost</b>	847	1241	1659



obr. 4-51: Ukázka filtru a největší metalické částice ze zelené KLT

Po odfiltrování nečistot byla přepravka také odmaštěna. Po odpaření rozpouštědla HF-E byla hodnota zbytkového oleje okolo 1 dcl. Toto je poměrně vysoké množství oleje, které negativně přispívá v kontaminaci vylisovaných desek. Současné opatření, umístění tenké folie

na dno přepravky, je zcela nevyhovující. Díky vysokému obsahu oleje povrch přepravky velmi dobře váže textilní vlákna a ostatní nečistoty. Tyto částice jsou dále distribuovány na vložené komponenty.

#### 4.11.1.2 Analýza nečistot: vzorek č. 2, šedivá KLT

Do šedivých beden jsou ukládány desky po odmaštění a nanesení fluxu. Není zde tedy tolik zbytkového oleje a již se zde neaplikuje ochranný prvek – tenkostěnná folie. Desky jsou tedy v přímém kontaktu se stěnami a dnem KLT přepravky. Hrozí zde nebezpečí přilnutí nečistot z KLT na vložené desky. Ačkoli jsou desky odmaštěné, míra zbytkového oleje je stále značná a přilnavost nečistot na povrch desek je stále zvýšena. Na obr. 4-52 je vidět detail znečištění jedné přepravky ze sériové výroby.



obr. 4-52: Ukázka KLT přepravky pro skladování desek po odmaštění a nanesení fluxu

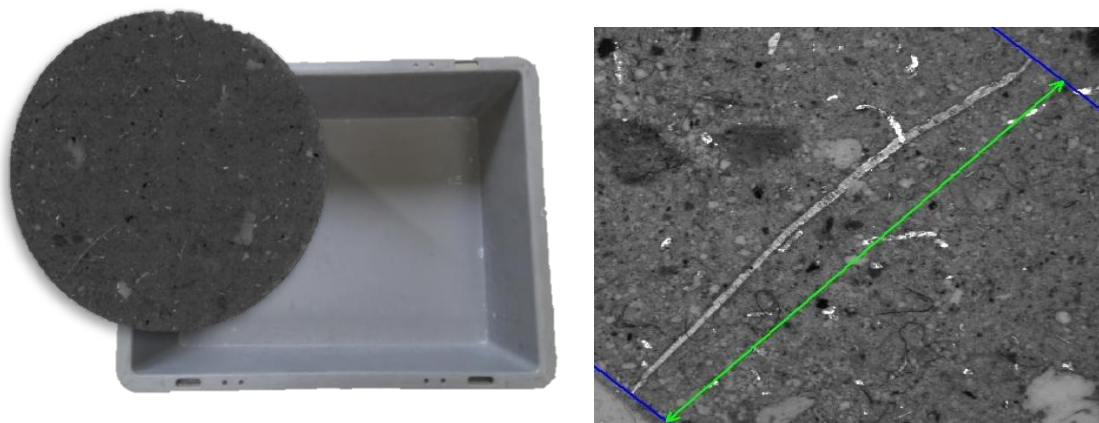
Pro získání informací o možném znečištění KLT přepravek byl proveden test na výskyt nečistot stejného typu, jako byl použit na testování jednotlivých komponentů. Šedivá KLT byla označena jako vzorek č. 2 pro komponenty po odmaštění a nanesení fluxu. Pro čištění byl použit roztok HF-E a jednotlivé částice vyhodnoceny mikroskopem a napočteny dle požadovaných kategorií.

tab. 4-24: Počet částic vzorku č. 2 - šedivé KLT

Vzorek č. 2	Počet částic / 1 KLT / 9,72dm <sup>2</sup>			
	Kategorie [μm]	Metalické	Organické	Vlákna
200 - 400			268	
400 - 500		19	19	13
500 - 900		154	59	124
900 - 1000		4	2	13
> 1000		53	8	29
<b>Max. velikost</b>		<b>9369</b>	<b>4221</b>	<b>4062</b>

Ve vzorku č. 2 bylo nalezeno vyšší množství nečistot, nežli ve vzorku č. 1. Oproti zeleným

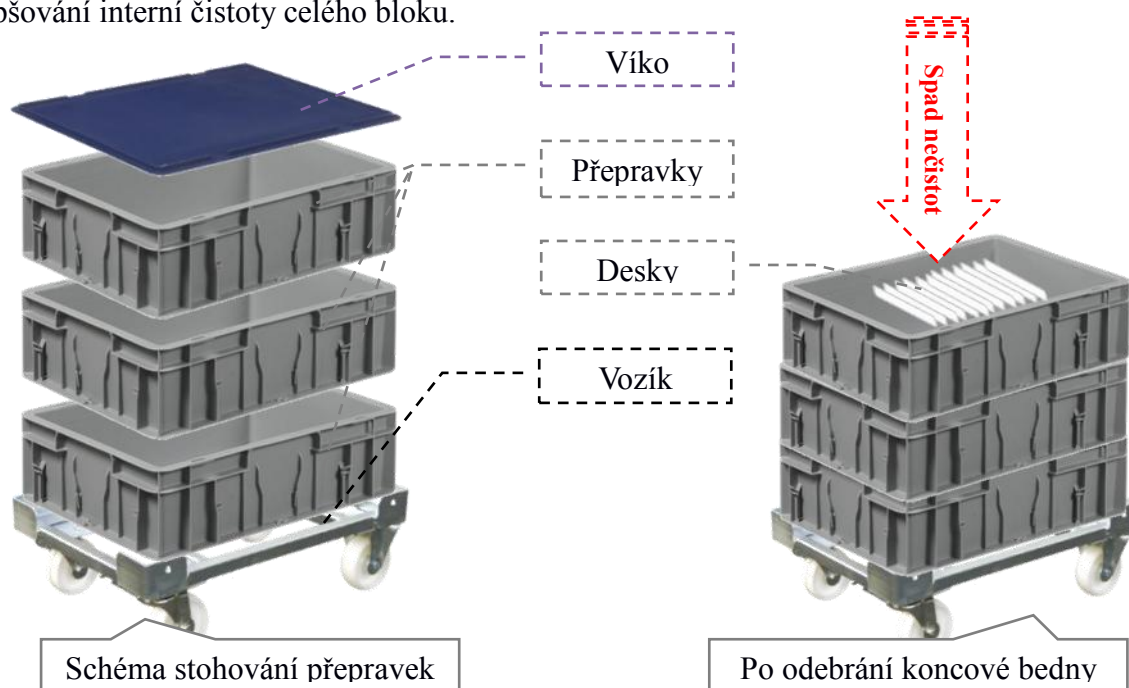
přepravkám, do šedivých přepravek není vkládán žádný ochranný prvek a nečistoty jsou v přímém kontaktu s vloženými komponenty.



obr. 4-53: Ukázka filtru a největší metalické částice z šedivé KLT

#### 4.11.1.3 Metodika stohování beden

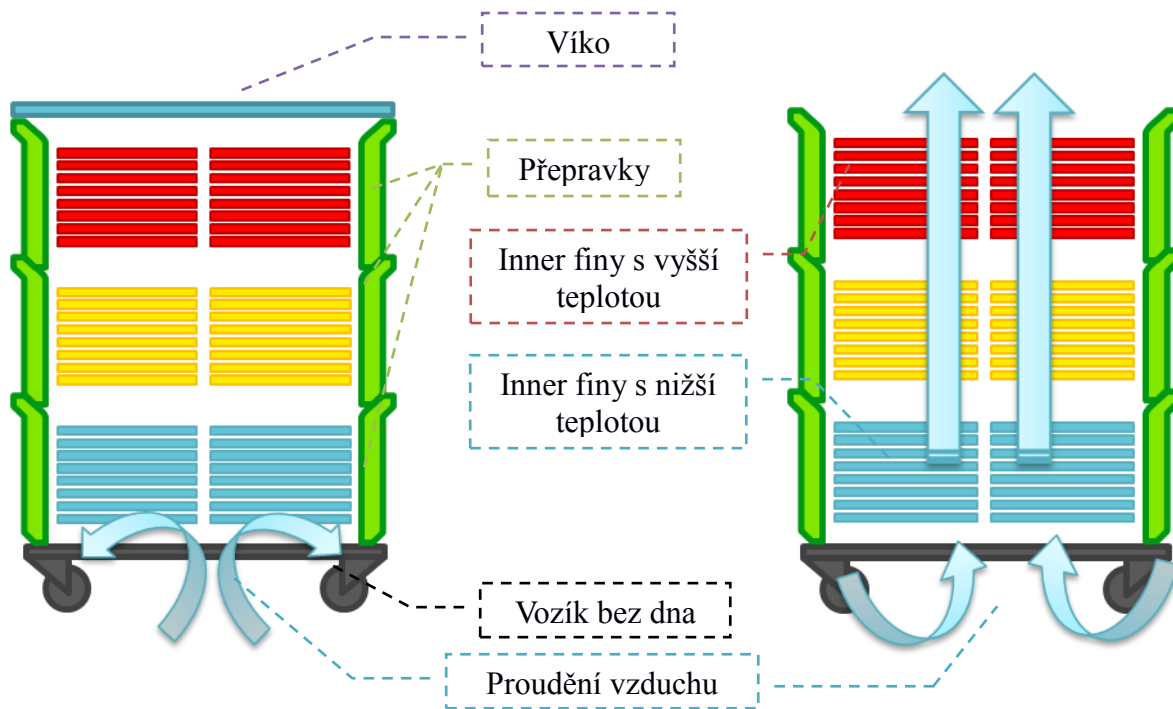
Současná metodika stohování je na obrázku obr. 4-54. Přepravky jsou stohovány na sebe zakryty jedním vrchním víkem. Po odebrání vrchní přepravky jsou ostatní komponenty vystaveny spadu polétavých nečistot, v některých případech až několik hodin. Zamezením spadu nečistot při odkrytí přepravek výrazně zredukujeme výskyt vláken a prachu na komponentech výparníku. Snížení nečistot na komponentech je hlavním směrem ve zlepšování interní čistoty celého bloku.



obr. 4-54: Příklad současného stohování přepravek

#### 4.11.2 Skladování inner finů

Z technologických důvodů jsou přepravky inner finů bez dna. Z tohoto důvodu zde vzniká nebezpečí proudění vzduchu, způsobené rozdílnou teplotou komponentů. Z odmašťovacího stroje DFD inner finů vycházejí komponenty o teplotě cca 60°C a postupným skládáním přepravek s komponenty na sebe spodní komponenty chladnou. Nežli jsou přepravky zakryty víkem, vzniká zde nebezpečí proudění – komínový efekt. Při proudění vzduchu skrze přepravky a komponenty uvnitř vzniká nebezpečí kontaminace povrchu komponent polétavými nečistotami, tedy především prachem a vlákny. Schematické zobrazení viz obr. 4-55.



obr. 4-55: Schematické zobrazení skladování inner finů

Oproti skladování desek zde není problém s možnou kontaminací komponentů ze stěn přepravek. Inner finy jsou do přepravky vkládány ve speciálním držáku ve tvaru X, pomocí kterého jsou inner finy vkládány do zásobníku tube assembly. Díky tomuto držáku nejsou komponenty v přímém styku se stěnami přepravky.



obr. 4-56: Současný stav skladování inner finů

## 5 Navržená opatření

Na základě výsledků analýzy současného stavu byla navržena některá opatření za účelem snížení znečištění výparníku a jeho komponentů. Každé opatření reflektuje potřebu snížení hodnot výskytu nečistot každého faktoru působícího negativně na interní čistotu výrobku. Každá navržená varianta byla zhodnocena finančně a kvalitativně. Kvalitativní kritérium je předpokládaný účinek na hodnoty interní čistoty současného stavu.

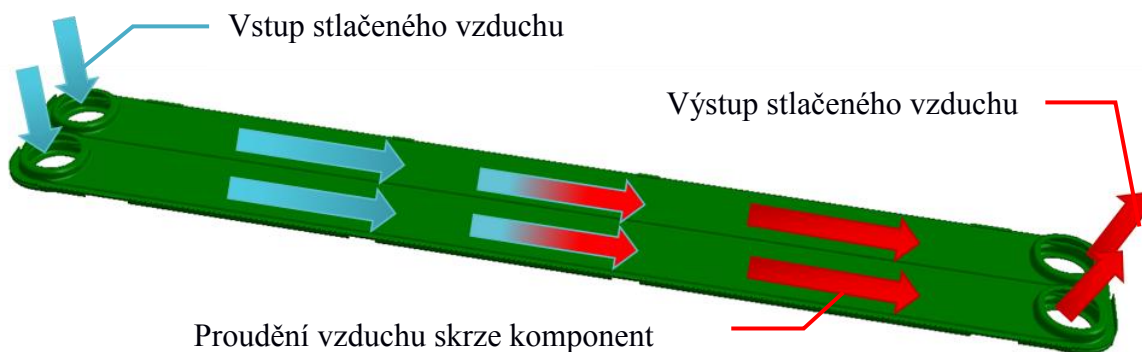
### 5.1 Čištění komponent ve výrobním procesu

Jedním z možných řešení je čištění komponentů přímo ve výrobním procesu, bez ohledu na stav okolí a jeho znečištění. Výrobní proces výparníku je velice složitý a je zde obtížná aplikace dalších procesů tak, aby neovlivnily chod stávajícího výrobního procesu. Nalezení takového procesu, který by neovlivnil výrobní proces, znamená žádnou další manipulaci s dílem, transport či úprava procesu. Vyčištění komponentů tedy musí probíhat v souladu s výrobním procesem na pracovišti, které je již v procesu obsažené.

Hlavní otázkou v oblasti čištění komponent je volba čistícího média. Využití rozpouštědel k čištění komponent je velice účinné, nicméně jejich pořizovací náklady jsou značné a samotnou výrobu by několikanásobně prodražilo. Vhodnějším médiem je v tomto případě stlačený vzduch, který je k dispozici na všech pracovištích.

#### 5.1.1 Vzduchové čištění trubek

Prvním možným pracovištěm k čištění komponentů je tube assembly. Zde dochází k sestavení trubky z desek a inner finu. Samotná deska je velice křehká a lehká na to, aby ji bylo možné čistit vzduchem přímo v zásobníku. Vhodnějším místem je tzv. krimpovací nástroj, který stlačí obě desky s inner finem a zároveň zajistí jejich polohu bočními úchyty. V tomto okamžiku jsou desky pevně ustavené v dané poloze a je možné provést čištění stlačeným vzduchem.



obr. 5-1: Schematické zobrazení vzduchového čištění trubek

##### 5.1.1.1 Ověření účinnosti navrhovaného řešení a dopad na interní čistotu

První zkouška účinnosti vzduchového čištění proběhla v laboratorních podmínkách. K dispozici byl stlačený vzduch o tlaku 5 barů. Pomocí hadic a trubek byl stlačený vzduch připojen z jedné strany desek do otvorů pro oběh chladiva a z druhé strany nechán prostor pro snadné vyfouknutí nečistot.

Pro vyhodnocení byly použity dvě sady trubek. První sada (vzorek č. 1) 5 kusů bez vzduchového čištění, druhá sada (vzorek č. 2) 5 kusů po vzduchovém čištění. Obě sady byly následně vyčištěny rozpouštědlem HF-E, nečistoty zachyceny filtrem a následně vyhodnoceny.

tab. 5-1: Vyhodnocení počtu částic čištění trubek

Kategorie ( $\mu\text{m}$ )	Počet částic na 5 ks - vzorek č. 1			Počet částic na 5 ks - vzorek č. 2		
	Druh částic			Druh částic		
	Metalické	Organické	Vlákna	Metalické	Organické	Vlákna
<b>200 - 400</b>	6	7	6	6	1	1
<b>400 - 500</b>	0	0	3	1	0	0
<b>500 - 900</b>	0	0	3	0	0	1
<b>900 - 1000</b>	0	0	0	0	0	0
<b>&gt; 1000</b>	0	0	0	14	0	0
<b>Max. velikost Hmotnost částic</b>	400	400	900	343	250	873
	0,0018 g			0,0004 g		

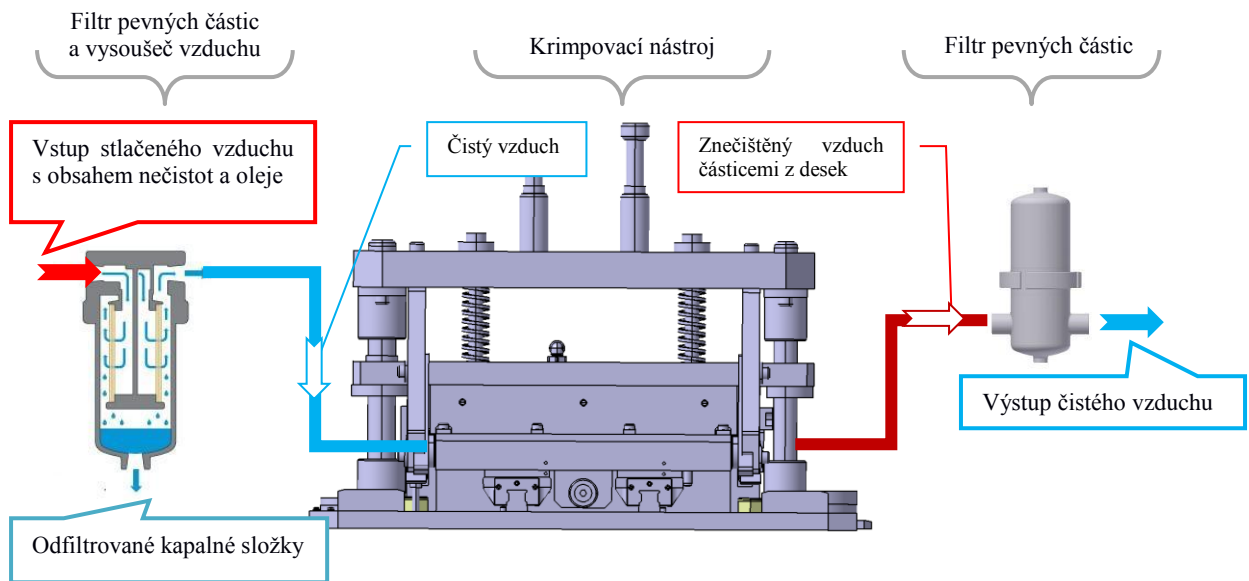
Z výsledků je patrné snížení výskytu nečistot, především vláken, po aplikaci vzduchového čištění. Hmotnost částic všech nečistot po čištění klesla z 1.8 mg na 0.4 mg na 5 kusů. Nejvýraznější zlepšení je v kategorii 200 - 400  $\mu\text{m}$ .

### 5.1.1.2 Návrh na změnu nástroje

Změna nástroje pro sestavování trubek je poměrně složitý zásah. Nástroj je kalibrován v setinách milimetru na vzájemnou pozici komponentů a jakýkoliv zásah znamená opětovné kalibrování a přesného nastavení jednotlivých částí nástroje. Samotná úprava nástroje spočívá ve vytvoření vzduchových kanálů a přípojky vzduchových hadic. Celý proces krimpování tube assembly je poháněno stlačeným vzduchem a po celém stroji je distribuován stlačený vzduch v hadicích o průměru 6 mm. Z tohoto hlediska tedy není problém přívod vzduchu pro profukování trubek při krimpování. Přiváděný vzduch je však potřeba filtrovat od nečistot, především od oleje uvolňovaného z kompresorů a nečistot ze vzduchového okruhu. Filtr je nutné umístit těsně před vstupem do každého nástroje. Dále je nutné odfiltrovat uvolněné nečistoty z trubek, aby nebyly distribuovány do oběhu stlačeného vzduchu, proto je nutné umístit za výstup stlačeného vzduchu filtr pevných částic. Vzhledem k tvaru trubek, především tvaru zakončení, zde může docházet k turbulentnímu proudění vzduchu a nečistoty odebrané z těla trubky by mohly v těchto místech zůstat v okrajových místech. Tento problém lze částečně ošetřit odsáváním vzduchu s nečistotami ve výstupní části trubky.

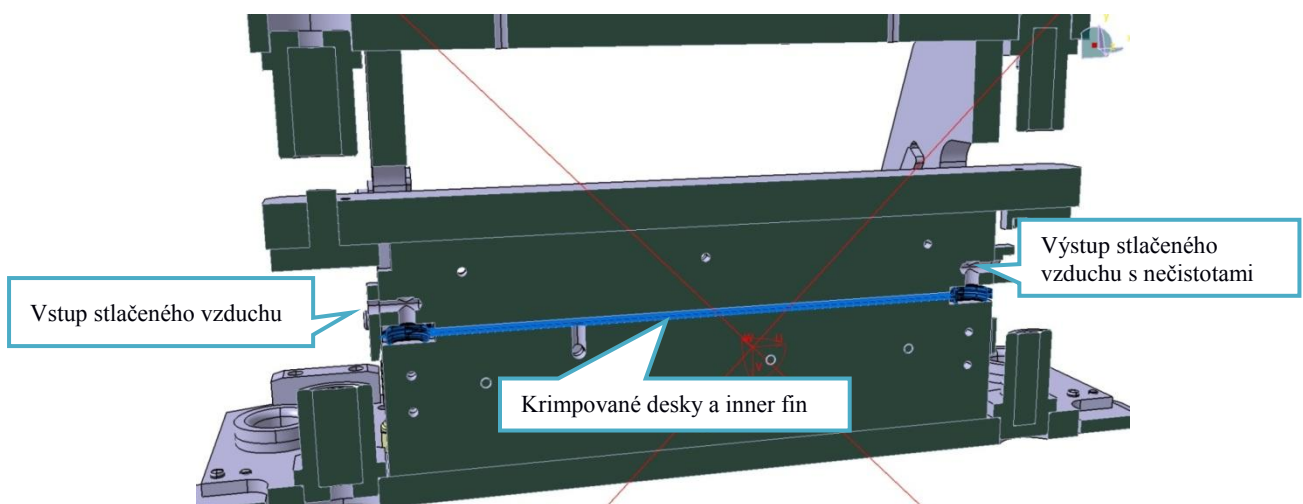
Počet nástrojů k úpravě na současných linkách LUCIE 1 a 2 je celkem vysoký. Výroba trubek je prováděna v rozměrech 200 mm, 225 mm a 245 mm. Na každý rozměr je zapotřebí vlastní nástroj. Na linkách LUCIE 1 a 2 je celkem 19 pracovišť tube assembly. Celkové množství nástrojů je tedy 57. Možná úspora v počtu nástrojů je využití omezené produkce 200 mm komponentů. Jednotlivá pracoviště by tak mohla sdílet stejný nástroj pro 200 mm trubky. Tato úspora by znamenala snížení nástrojů pro úpravu z 57 na 38. Vzniká zde však riziko nedostatku nástrojů při špatně naplánované produkci stejných komponentů.





obr. 5-2: Schematické zobrazení návrhu změny krimpovacího nástroje

V řezu krimpovacího nástroje je možné vidět vzduchové kanálky a vstupní / výstupní části trubky.



obr. 5-3: Řez krimpovacím nástrojem

### 5.1.1.3 Cenové zhodnocení

tab. 5-2: Cenová kalkulace na změnu nástroje

	Cena na jeden nástroj	Cena za 57 nástrojů
Úprava stávajícího nástroje	10 000 Kč	570 000 Kč
Vzduchové filtry	3 800 Kč	216 600 Kč
Rozvody vzduchu	390 Kč	22 230 Kč
<b>Celkové náklady</b>	<b>13 800 Kč</b>	<b>808 830 Kč</b>

### 5.1.2 Vzduchové čištění výparnickového bloku

Další možností vzduchového čištění je čištění celého bloku. V samotné výrobě by tato implementace byla poměrně snadná, již ve výrobním procesu je blok vzduchem nafukován a kontrolován na velké úniky (pracoviště gross leak). Zde je blok natlakován na 20 barů a zkontrolován na těsnost, poté je vzduch vypuštěn. Aplikace čištění na tomto pracovišti by znamenala upravení programu. Před či po testu těsnosti by následoval cyklus čištění v řádu sekund pod tlakem 20 barů. Možné nečistoty by byly zachyceny filtry na odsávané straně stroje. Změnou programu je však možné narušení návaznosti výrobního procesu, které by mělo za následek vytvoření slabého místa. Pracoviště by pak muselo být doplněno o další box gross leaku, aby byla ztráta vyrovnána.

#### 5.1.2.1 Laboratorní test účinnosti

Byly provedeny dva testy. První z nich byl proveden v laboratorních podmínkách. K dispozici byl stlačený vzduch o tlaku 5 barů. Samotné čištění probíhalo 5 sekund. Testovány byly 2 bloky, vzorek č. 2 a č. 3, které byly následně analyzovány a vyhodnoceny. Jeden blok byl nechán bez testování jako referenční, vzorek č. 1.

tab. 5-3: Vyhodnocení počtu částic čištění bloku č. 1 – referenční blok

Počet částic na blok – vzorek č. 1			
Kategorie [μm]	Metalické	Organické	Vlákna
200 – 400	1	0	5
400 – 500	0	2	2
500 – 900	0	0	8
900 – 1000	0	0	1
> 1000	0	0	8
<b>Max velikost</b>	243	400-500	2206
<b>Hmotnost částic</b>	0,0011 g		

tab. 5-4: Vyhodnocení počtu částic čištění bloku č. 2 a č. 3 – laboratorní test

Kategorie (μm)	Počet částic na blok - vzorek č. 2			Počet částic na blok - vzorek č. 3		
	Druh částic			Druh částic		
	Metalické	Organické	Vlákna	Metalické	Organické	Vlákna
200 - 400	0	0	1	4	4	18
400 - 500	0	0	4	0	1	10
500 - 900	0	1	8	0	1	17
900 - 1000	0	0	4	0	0	5
> 1000	0	0	7	0	0	7
<b>Max. velikost</b>	0	500-900	4674	200-400	500-900	3786
<b>Hmotnost částic</b>	0,0005 g			0,0005 g		

### 5.1.2.2 Sériový test účinnosti na GL

Stejně tak, jako v případě laboratorního testu, byla provedena dvě testovací vzduchová čištění na pracovišti gross leak. Jeden z bloků byl ponechán bez čištění jako referenční blok.

tab. 5-5: Vyhodnocení počtu částic čištění bloku č. 1 - referenční blok

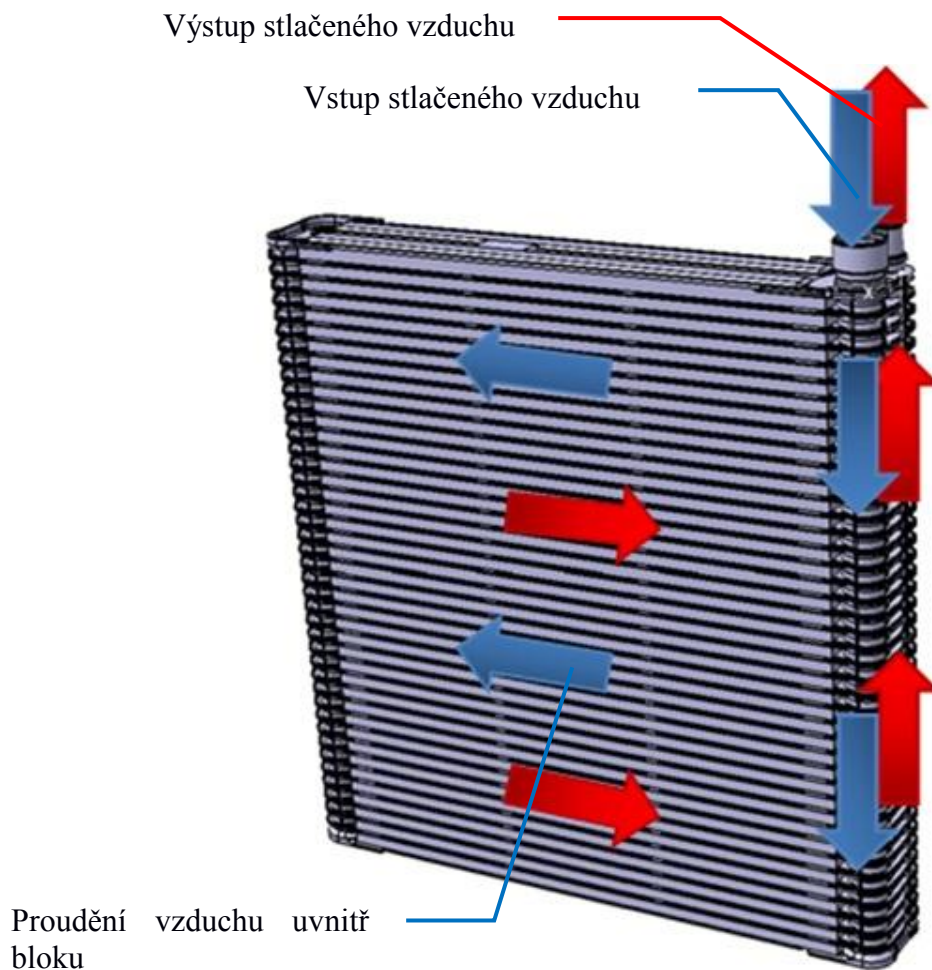
Počet částic na blok – vzorek č. 1			
Kategorie [ $\mu\text{m}$ ]	Metalické	Organické	Vlákna
200 – 400	0	1	3
400 – 500	0	0	5
500 – 900	0	1	18
900 – 1000	0	0	4
> 1000	0	0	21
Max velikost	0	599	3785
Hmotnost částic	1 mg		
Hmotnost zbytkového oleje	4,4 mg		

Další dva bloky ze stejné dávky byly umístěny na pracoviště gross leak a po doby 2 – 3 sekund profouknuty vzduchem o tlaku 20 barů. Hmotnost částic se poměrně snížila, nicméně na počtu částic se téměř nic nezměnilo. Průměrné hodnoty jsou srovnatelné s referenčním blokem č. 1.

tab. 5-6: Vyhodnocení počtu částic čištění bloku č. 2 a č. 3 – test ve výrobě

Počet částic na blok - vzorek č. 2				Počet částic na blok - vzorek č. 3		
Kategorie ( $\mu\text{m}$ )	Druh částic			Druh částic		
	Metalické	Organické	Vlákna	Metalické	Organické	Vlákna
200 - 400	3	0	8	0	0	2
400 - 500	0	0	4	0	0	5
500 - 900	1	0	19	2	1	21
900 - 1000	0	0	4	0	0	6
> 1000	0	0	20	0	0	21
Max. velikost	512	0	2651	612	514	2336
Hmotnost částic	0,6 mg			0,2 mg		
Hmotnost zbytkového oleje	5,4 mg			3,9 mg		

Na obr. 5-4 je schematicky znázorněno proudění vzduchu při čištění stlačeným vzduchem.



obr. 5-4: Schematické zobrazení čištění bloku vzduchem

Z výsledků testování není patrné žádné zlepšení. Zlepšení hodnot nevykazuje test laboratorní ani test ze sériové výroby. Vnitřní struktura bloku je natolik tvarově složitá, že proudící vzduch nedokáže vytěsnit vyskytující se nečistoty.

## 5.2 Změna dodavatele pracovních oděvů

Z analýzy pracovních oděvů můžeme pozorovat velmi rozdílné výsledky na otěr vláken, v některých případech až několikanásobné snížení náchylnosti na oddělení vláken. Snížení výskytu vláken v provozu lze výrazně podpořit další ochranná opatření, zamezující vniknutí nečistot na komponenty a do bloků výparníků.

Změna pracovních oděvů se týká celého provozu, tedy nejen výrobní linky LUCIE 1, ale dalších výrobních linek brazingu, finishingu a skladu. Novým pracovním oděvem by bylo potřeba vybavit cca 600 zaměstnanců. V současné době je uzavřena smlouva s nynějším dodavatelem do poloviny roku 2013 formou měsíčního nájmu včetně údržby a čištění oděvů. Je zde tedy prostor pro zapojení dalších dodavatelů do výběrového řízení. Značnou finanční zátěží je však podmínka současného dodavatele, který v případě vypovězení dodávky požaduje úhradu za zbývající životnost oblečení. Životnost současných oděvů je plánována na 2 roky, což znamená úhradu ve výši cca 1 200 000 Kč. Samotnou cenu za pronájem nových oděvů v antistatickém provedení lze snížit odebráním vyššího objemu. Z tohoto důvodu byla do testování zařazena firma KROK Hranice, s.r.o. dodávající ESD oděvy sesterskému závodu.

### 5.2.1 Cenové zhodnocení

Cenovou kalkulaci jednotlivých řešení provedla firma KROK Hranice, s.r.o., za účelem vytvoření cenové nabídky.

#### Současný stav pronájmu oděvů za rok

tab. 5-7: Cenová kalkulace současného pronájmu pracovních oděvů

	<b>Ks / osobu</b>	<b>Počet osob</b>	<b>Kus / týden [Kč]</b>	<b>Celkem za položku [Kč]</b>
MOI plášt'	2	234	5,99	145772,64
MOD triko nízká gramáž 150 g	5	613	3,39	540298,20
MOD blůza	2	569	6,32	373992,32
MOD mikina	2	96	5,36	53514,24
MOD kalhoty se šlemi	3	47	5,73	42012,36
Overall bílý polstrovaný	2	8	11,40	9484,80
MOD kalhoty s PC – spec. povrch	1	3	5,57	868,92
MOD kalhoty praktik line BA	3	10	5,57	8689,20
MOD kalhoty normální bílé do pasu	3	510	5,57	443149,20
			<b>Celkem:</b>	<b>1 617 781,88 Kč</b>

#### Navrhovaný stav pronájmu ESD oděvů za rok

tab. 5-8: Cenová kalkulace navrhované změny pronájmu pracovních ESD oděvů

	<b>Ks / osobu</b>	<b>Počet osob</b>	<b>Kus / týden [Kč]</b>	<b>Celkem za položku [Kč]</b>
MOI plášt'	2	234	5,99	145772,64
MOD triko nízká gramáž 150 g	5	613	3,88	618394,40
MOD blůza	2	569	6,32	373992,32
MOD mikina	2	96	6,16	61501,44
MOD kalhoty se šlemi	3	47	5,73	42012,36
Overall bílý polstrovaný	2	8	11,40	9484,80
MOD kalhoty s PC – spec. povrch	1	3	5,73	893,88
MOD kalhoty praktik line BA	3	10	5,73	8938,80
MOD kalhoty normální bílé do pasu	3	510	5,73	455878,80
			<b>Celkem:</b>	<b>1 716 869,44 Kč</b>

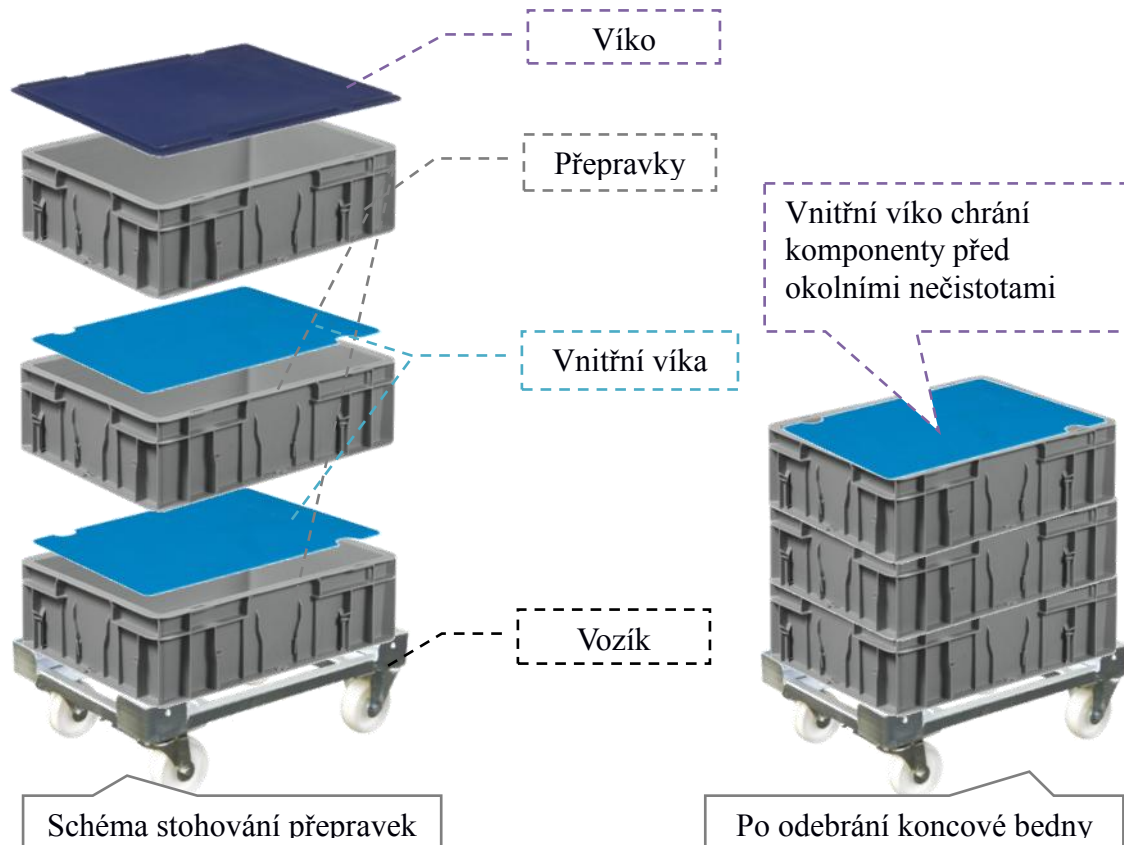
#### Zhodnocení cenové kalkulace

Roční navýšení nákladů.....**99 088 Kč**  
Jednorázová investice.....**1 200 000 Kč**

### 5.3 Změna metodiky skladování komponent a stohování přepravek

S problémem znečištění výrobní haly je spojeno skladování samotných komponentů. Na vyrobené komponenty, které jsou dočasně skladovány v přepravek, hrozí spad polétavých nečistot, především prachu a vláken. Jednotlivé komponenty jsou skladovány několik hodin, v určitých případech i několik dní (např. desky bypass, dělicí atd.). Zde je nutné zajistit dokonalé zakrytí komponentů a zajištění naprosté čistoty všech výrobků.

Možným řešením zakrytí všech komponentů během postupného odebírání jednotlivých přepravek je zavedení vnitřních vík mezi jednotlivými patry stohování. Vložením do každé přepravy vnitřního víka tak docílíme kompletního zakrytí komponentů i po odebrání vrchní přepravy.



obr. 5-5: Navrhovaná změna metodiky stohování KLT přepravek

#### 5.3.1 Cenové zhodnocení

Na lince LUCIE 1 je použito 60 vozíků šedých přepravek pro desky s naneseným fluxem a 70 vozíků zelených přepravek pro vylisované desky. Na každém vozíku je stohováno 24 přepravek. S předpokladem, že vnitřní víka nebudou použity na poslední vrchní přepravku, lze počet potřebných vík vypočítat následovně:

#### Potřebné množství kusů pro linku LUCIE 1:

Šedé přepravy:  $60 \text{ vozíků} \times 24 \text{ přepravek} - 60 \text{ vrchních vík} = 1\,380 \text{ vnitřních vík}$   
Zelené přepravy:  $70 \text{ vozíků} \times 24 \text{ přepravek} - 70 \text{ vrchních vík} = 1\,610 \text{ vnitřních vík}$   
Celkové potřebné množství vík: **2 990 vnitřních vík**

### **Předběžná cenová nabídka firmy PPO GROUP CZ, s.r.o.:**

Minimální odběr (dáno počtem kusů na paletu) .....	3 200 ks
Cena za kus .....	42,40 Kč/ks
Cena za paletu.....	180 Kč/ks
<b>Celková cena .....</b>	<b>165 915,20 Kč</b>

## **5.4 Skladování inner finů**

Jak již bylo popsáno v kapitole stohování přepravek pro inner finy, problém je zde v proudění vzduchu, které vzniká rozdílnou teplotou jednotlivých pater komponentů. Řešením tohoto problému je uzavření dna vozíku, např. navařenou plechovou deskou. Víka mezi jednotlivé přepravky umístit nelze vzhledem k nutnosti chlazení komponent.



obr. 5-6: Navrhovaná konstrukční změna přepravních vozíků pro stohování inner finů

## **5.5 Nebezpečí kontaminace komponentů nečistotami z přepravek**

V automobilovém průmyslu patří ke standardům pravidelné čištění přepravního materiálu. Vzhledem k vysokému znečištění přepravek používajících se ke skladování a přepravě komponentů, je možné řešení zavedení pravidelného čištění přepravek.

Zajištění čištění přepravek lze několika způsoby. Využití služeb subdodavatele, který zajistí svoz přepravek a jejich vyčištění. Cenová nabídka subdodavatele je uváděna v jednotkové ceně za vyčištěnou přepravku. Další možnou variantou je zajištění vlastního mycího stroje. Samotný stroj lze financovat v pravidelném nájmu nebo lze celý stroj odkoupit, čímž by se stal majetkem firmy.

Jednou variantou řešení je tedy prostřednictvím subdodavatele, zajišťující logistické služby včetně čištění logistického materiálu. Dodavatel je schopen potřebné množství přepravek přepravit do logistického centra a zde přepravky podrobit čistícímu procesu.

Cenové nabídky subdodavatelů se pohybují v rozmezí 11 Kč až 13 Kč za jednu přepravku. Na výrobní lince LUCIE 1 se pohybuje 3120 KLT přepravek, které je nutné pravidelně čistit. Vzhledem k množství nečistot nalezených v přepravkách je předběžný odhad mycího cyklu jeden měsíc. V tomto cyklu by byly vyčištěny všechny přepravky linky LUCIE 1. Čištění jedné dávky přepravek se pohybuje v řádech několika dnů, v některých případech i několik hodin. Dávka přepravek k čištění by tedy musela být co nejnižší, aby přepravky nechyběli ve výrobě. Častý svoz přepravek však zvyšuje jednotkovou cenu mytí. V dlouhodobém záměru by tak byla výhodnější varianta zvýšení počtu přepravek a samotné čištění rozdělit např. na dvě dávky.

Další variantou je nákup či pronájem samotného stroje. Náklady spojené s instalací stroje zavedení energetických rozvodů jsou v případě pronájmu a odkupu stejné. Rozdílem je pak jednorázová investice do nákupu stroje či pravidelný pronájem. V případě instalace mycího zařízení přímo do výrobní haly odpadá nutnost rozšíření počtu KLT, které budou čištěny průběžně a zároveň lze stroj využít i pro ostatní výrobní linky. V případě vlastního mycího zařízení lze cyklus mytí přepravek zkrátit např. na týden a zvýšit tak čistotu přepravek a komponentů do nich vkládaných.



obr. 5-7: Ukázka mycího stroje KLT přepravek firmy NERKON, s.r.o.

### 5.5.1 Náklady na provoz vlastního mycího zařízení

V případě vlastního či pronajatého stroje na mytí přepravek je nutné započíst do nákladů provozní režie, tady náklady na spotřebovanou vodu, elektrickou energii a přímé mzdy operátorů. Z technického listu nabízeného stroje PROGRESS 501- 400 lze definovat základní údaje. Elektrický příkon je 44 kW, spotřeba vody je maximálně 75 l/h, kapacita 80 – 130 KLT za hodinu dle velikosti. Pro velikost 400 x 300 mm je kapacita uvažována 100 KLT za hodinu provozu. Celkové množství 3120 KLT bude umyto za 31,2 hodin, tedy za 4,16 osmihodinové směny.

S ohledem na nízké vytížení stroje, pouze 4 směny v měsíci není toto řešení příliš vhodné. Pokud by se mycí cyklus změnil na 1 týden a k přeprávkám linky LUCIE 1 přibyla linka LUCIE 2 a připravovaná linka LUCIE 3, pak by stroj mohl být téměř plně vytížen.

tab. 5-9: Hodinová náročnost a využití stroje v týdenním intervalu čištění

	Počet KLT	Hodinová náročnost	Využití stroje
<b>LUCIE 1</b>	3 120	31,2	27,7 %
<b>LUCIE 1 a 2</b>	3120 + 3 200	63,2	56,2 %
<b>LUCIE 1 až 3</b>	3120 + 3 200 + 2 960	92,8	82,5 %
<b>Celkem / rok</b>	<b>445 440</b>	<b>4 450 h/rok</b>	<b>54,18 %</b>

Využití mycího stroje pro 3 plánované linky ve třisměnném provozu 5 pracovních dnů v týdnu je 82,5 %. Víkendové směny jsou omezeny pouze na výrobu neodkladných projektů a standardní výroba neprobíhá, předpokládá se tedy o víkendech jeho nečinnost. Celkové vytížení stroje je tedy 54,18 %.



S ohledem na relevantní srovnání jednotlivých variant bude nadále uvažováno čištění přepravek pro všechny linky LUCIE, tedy celkem 9 280 přepravek KLT.

#### Cenová nabídka firmy NERKON, s.r.o.:

V1 – PROGRESS 501, mycí a sušící modul 1,65 m..... 1 189 700 Kč

V2 – PROGRESS 501, mycí a sušící modul 2,15 m ..... 1 241 800 Kč

Obě varianty lze doplnit dále dalšími specializovanými moduly, to zde pro zjednodušení srovnávání není uvažováno.

tab. 5-10: Cenová kalkulace ročních nákladů při odkupu vlastního stroje

	Spotřeba	cena za jednotku	spotřeba za rok	náklady za rok
<b>Spotřeba el. energie</b>	44 kW	4,75 / kWh	12 672 kWh	21 137,5 Kč
<b>Spotřeba vody</b>	75 l/h	77 Kč / cm <sup>3</sup>	21,6 cm <sup>3</sup>	1 663 Kč
<b>Přímé mzdy operátorů</b>	2 op./stroj	80 Kč/hod	4 450 h	712 000 Kč
<b>Celkové roční náklady</b>				<b>734 800,5 Kč</b>

#### 5.5.2 Náklady na provoz pronajatého zařízení

Náklady na provoz pronajatého zařízení je totožný jako při odkupu vlastního stroje. Výhodou jsou nižší pořizovací náklady. Firma NERKON, s.r.o. podala nabídku pronájmu nového mycího stroje a použitého mycího stroje.

#### Cenová nabídka firmy NERKON, s.r.o.:

V1 – PROGRESS 501 nový, mycí a sušící modul 1,65 m..... 28 500 Kč bez DPH

V1 – PROGRESS 501 použitý, mycí a sušící modul 1,65 m..... 21 800 Kč bez DPH

tab. 5-11: Cenová kalkulace nákladů na provoz mycího stroje formou pronájmu

	Spotřeba	cena za jednotku	spotřeba za rok	náklady za rok
<b>Spotřeba el. energie</b>	44 kW	4,75 / kWh	12 672 kWh	21 137,5 Kč
<b>Spotřeba vody</b>	75 l/h	77 Kč / cm <sup>3</sup>	21,6 cm <sup>3</sup>	1 663 Kč
<b>Přímé mzdy operátorů</b>	2 op./stroj	80 Kč/hod	4 450 h	712 000 Kč
<b>Pronájem zařízení</b>	-	21 800 Kč	-	261 600 Kč
<b>Celkové roční náklady</b>				<b>996 400,5 Kč</b>

#### 5.5.3 Náklady na čištění beden subdodavatelem

Řešení mytí beden subdodavatelem řeší veškeré problémy s instalací a provozem mycího stroje. Dodavatel zajistí svoz přepravek do logistického centra, kde proběhne čištění beden a na zpět je dodá v horizontu dnů, v některých případech i hodin. Přepravky, které jsou odvezeny na čištění, však ve výrobním procesu budou scházet. Proto je nezbytné doplnit stav přepravek o výši jedné přepravní dávky. S ohledem na minimální náklady na dopravu jsou uvažovány dvě dopravní dávky. Je tedy potřeba doplnit 1 600 přepravek.

Měsíční náklady na mytí beden v týdenním intervalu (9280 přepravek x 11 Kč) ...102 080 Kč  
Roční náklady na mytí beden (102 080 Kč x 12 měsíců) .....1 224 960 Kč  
Náklady na zakoupení beden na pokrytí jedné dávky čištění ..... 256 000 Kč

#### 5.5.4 Finanční zhodnocení variant

tab. 5-12: Cenové zhodnocení navržených variant

Varianta	Roční náklady	Jednorázová investice
<b>Nákup nového zařízení</b>	734 800,5 Kč	1 189 700 Kč
<b>Pronájem použitého zařízení</b>	996 400,5 Kč	0 Kč
<b>Zajištění služby dodavatelem</b>	1 224 960 Kč	256 000 Kč

Výběr nejvhodnější varianty byl proveden použitím vážené bodovací metody. Kritéria jsou hodnocena na stupnici od 0 do 10, přičemž 0 = zcela nevyhovující, 10 = naprosto vyhovující. Každý faktor je ohodnocen vahou kritéria, celkový součet vah je roven 1. Hlavními faktory jsou prvotní náklady, pravidelné náklady, náklady na zajištění provozu, účinnosti a prostorová náročnost.

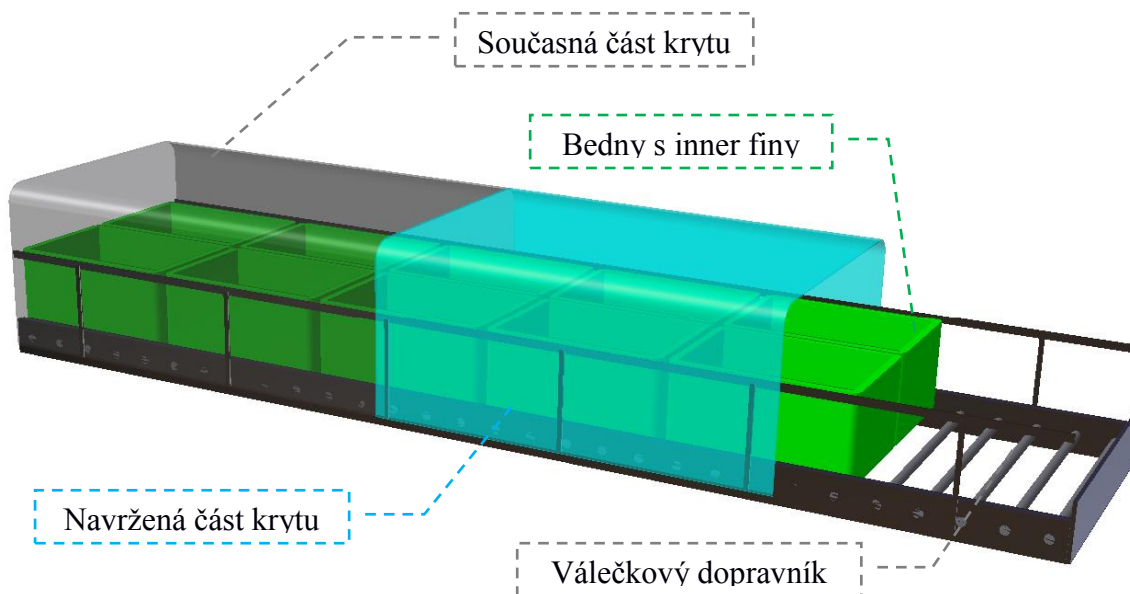
tab. 5-13: Vyhodnocení optimální varianty

Kritérium	Váha kritéria	Varianta		
		Nákup zařízení	Pronájem zařízení	Subdodavatel
Jednorázová investice	0,5	1	10	8
Roční investice	0,2	10	7	5
Náklady na zajištění provozu	0,05	5	5	10
Účinnost	0,1	10	10	8
Prostorová náročnost	0,15	3	3	8
<b>Celkem</b>	<b>1</b>	<b>4,2</b>	<b>8,1</b>	<b>7,5</b>
<b>Splnění požadavků</b>		<b>42 %</b>	<b>81 %</b>	<b>75 %</b>
<b>Pořadí</b>		<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

Za nejvýhodnější variantu lze považovat pronájem zařízení, ačkoli varianta dodávky subdodavatelem je nižší pouze o 5 %, a tak ji nelze zcela vyloučit. V současné době je linka LUCIE 3 zatím v přípravě, takže do dokončení linky 3 by bylo vhodnější řešení dodavatelem. Po spuštění LUCIE 3 pak využít pronájmu nabízeného zařízení firmy NERKON, s.r.o. Hlavním kritériem zde byla uvedena jednorázová investice. Postoj firmy k vysokým investicím není zcela kladný, proto je vhodnější se takovéto investici zcela vyhnout. Náklady na zajištění provozu označují nutnosti průběžných oprav a zásahů techniků, což u dodávek subdodavatelem zcela odpadá. Prostorová náročnost je u vlastního a pronajatého zařízení totožná, u varianty subdodavatele je prostorová náročnost podstatně nižší, nikoli však nulová. Pro zajištění plynulého chodu čištění je nutné rozšířit počet přepravek a tím zvýšit prostorovou náročnost na uskladnění přepravek.

## 5.6 Kryt zásobníku inner finů

Jedním z možných míst kontaminace inner finů je zásobník hotových výrobků finovacího stroje. Zásobník obsahuje prázdné obaly v jedné řadě, v řadě druhé pak hotové inner finy po odmaštění. Ke kontaminaci může docházet v okamžiku zaplnění celé válečkové trati zásobníku, kdy jsou okolnímu prostředí vystaveny 3 bedny s inner finy. Tento faktor kontaminace nelze zcela vyloučit, lze pouze omezit na jednu bednu. Konec válečkové trati musí být otevřen, aby umožnil snadnou manipulaci s bednami při vkládání prázdných obalů do zásobníku a při odebírání beden s komponenty. Schematický návrh krytu zásobníku je znázorněn na obr. 5-8.



obr. 5-8: Návrh zakrytí zásobníku inner finů

Účinnost tohoto opatření je však pouze částečná. Poslední bedna s komponenty bude vždy odkryta. Situace, kdy je zásobník zcela zaplněn, a okolnímu prostředí jsou vystaveny všechny 3 bedny, nastává nepravidelně a je závislá na obsluze stroje. V některých případech mohou být komponenty vystaveny spadu nečistot z ovzduší několik desítek minut, v jiných případech se jedná pouze o sekundy.

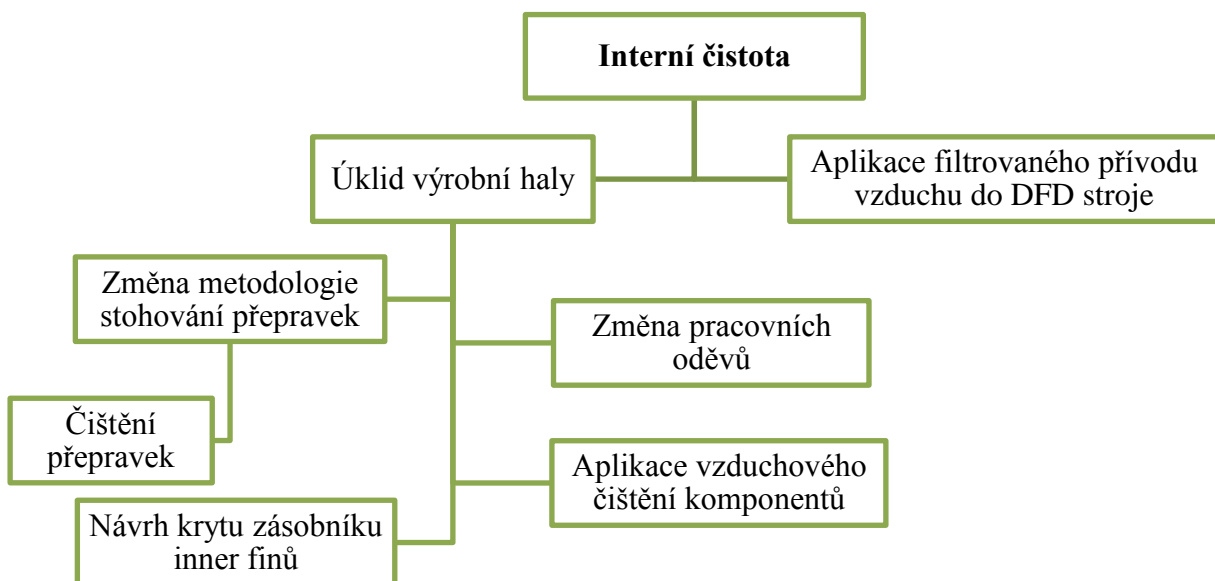


obr. 5-9: Současný stav zásobníku inner finů

## 6 Zhodnocení navržených řešení

K řešení interní čistoty bylo navrženo několik možných variant řešení. Jejich aplikací se předpokládá výrazné zlepšení stávajících hodnot. Analyzováno bylo celkem 7 faktorů, které mohou mít nejvyšší dopad na interní čistotu konečného výrobku. Tyto faktory byly analyzovány izolovaně, avšak jejich aplikace je vzájemně podmíněna. Možné vzájemné ovlivnění jednotlivých faktorů je znázorněno na obr. 6-1. Jedním z nejdůležitějších faktorů z pohledu organických vláken a organických částic je prach usazený ve střešní konstrukci výrobní haly. Odtud postupným spadem kontaminuje komponenty na každém místě výrobního procesu. Tento faktor z hlediska hierarchie ovlivňuje většinu analyzovaných faktorů. Hlubkové čištění haly by mělo být prvním krokem nápravných řešení interní čistoty. Bez nápravy tohoto faktoru je účinnost dalších opatření velmi omezená. Vzhledem k nepřetržitému provozu však nelze úklid naplánovat dříve, než jednou ročně v době odstávky. Četnost výskytu organických vláken byla také zvýšena v místech, kde se často pohybuje větší množství operátorů. Z tohoto důvodu byly provedeny série testů analyzující současné pracovní oděvy. Otěr vláken z testovaných oděvů byl poměrně vysoký, a proto byly testovány jiné alternativní oděvy, především antistatické ESD. Z výsledků byl vybrán konkurenční dodavatel KROK Hranice, s.r.o., který v hodnotách otěru vláken předčil současné pracovní oděvy až několikanásobně. Firma však v současné době nebude přecházet na alternativní pracovní oděvy vzhledem k současné smlouvě se stávajícím dodavatelem. Vypovězení smlouvy by pro firmu znamenalo uhrazení hodnoty zbývající životnosti všech používaných pracovních oděvů ve výši 1 200 000 Kč. Z finančních důvodů tak může být uplatněna tato varianta po uplynutí životnosti pracovních oděvů, což nastane až za 3 roky. Tento faktor neovlivňuje žádné další faktory, pouze má hlavní vliv na výskyt vláken na komponentech. Další opatření zabráňující kontaminaci komponentů ve výrobním procesu jsou převážně podřízené úklidu výrobní haly. Zakrytí všech přepravek s komponenty vnitřním víkem, aby nedocházelo ke kontaminaci ze spadu polétavých nečistot, aplikace čištění na transportní materiál komponentů či přímé čištění komponentů přímo ve výrobním procesu. Ke všem navrženým variantám řešení byla zpracována finanční kalkulace případných nákladů.

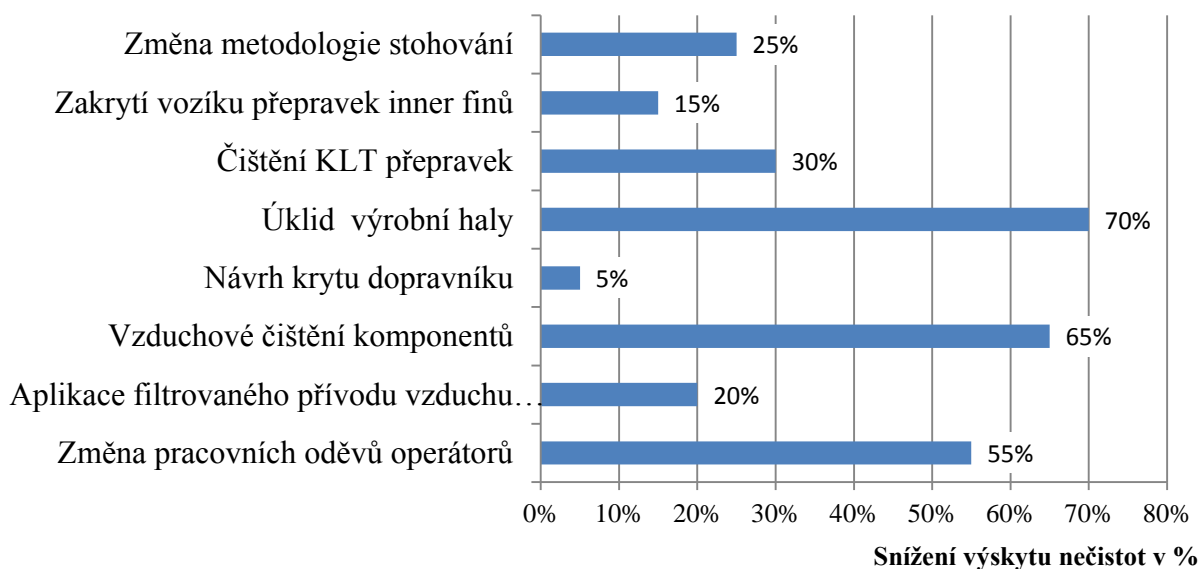
Jedním z faktorů, který je nezávislý na úklidu ve výrobní hale, je aplikace filtrovaného vzduchu do DFD stroje. Tento faktor byl experimentálně otestován na lince 6, která disponuje vlastním přívodem vzduchu. Zde byly hodnoty výskytu vláken nižší, než je to u linky LUCIE.



obr. 6-1: Hierarchická struktura faktorů čistoty a jejich vzájemné ovlivňování

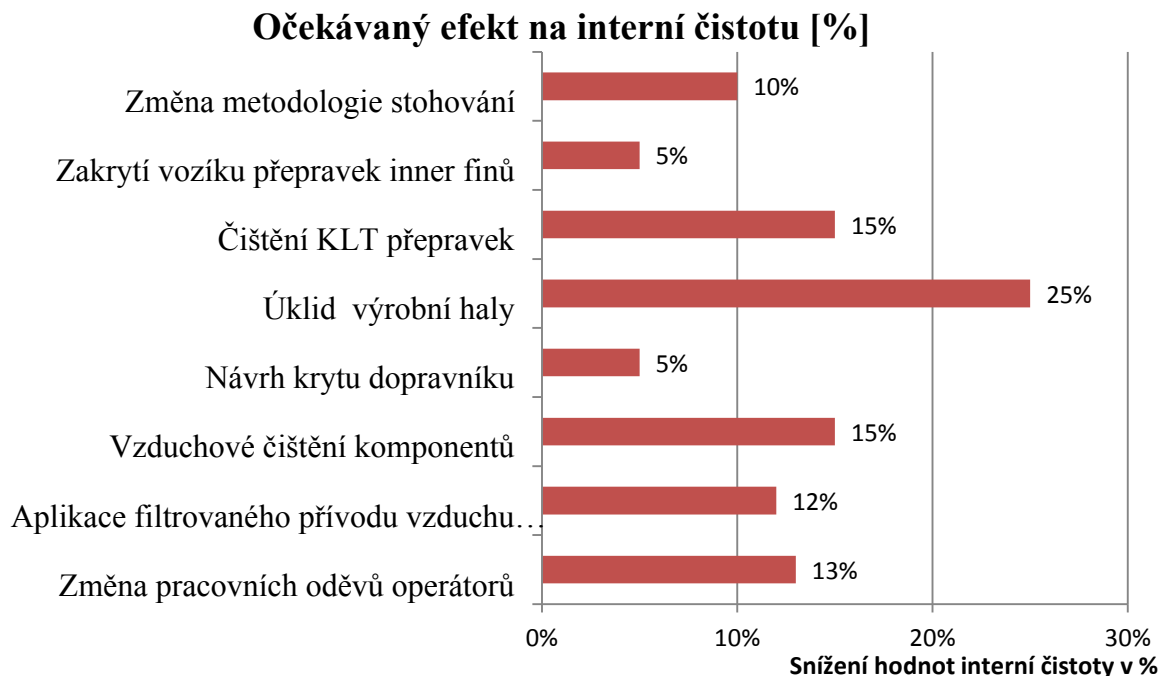
V následujících grafech jsou zhodnoceny předpokládané dopady zavedení jednotlivých variant řešení. Na obr. 6-2 je v grafu zobrazen očekávaný efekt zlepšení daného faktoru. V tomto zlepšení není uvažováno ovlivnění jinými faktory. Změna metodologie stohování přepravek s využitím vnitřních vík může zlepšit faktor kontaminace z ovzduší o cca 25 %. Tento faktor výrazně ovlivní faktor prašnosti ovzduší, kdy při nízké prašnosti lze účinnosti tohoto řešení předpokládat až o 20 - 30 % vyšší. Zmíněná hodnota respektuje současný stav a možné zlepšení za stávajících podmínek. Aplikace zakrytí vozíků pro přepravky inner finů je ohodnoceno na 15 %. Tato změna nebude mít velký podíl na faktoru znečištění inner finů z ovzduší, avšak za předpokladu nízké prašnosti lze předpokládat zvýšení účinnosti o 5 - 10 %. Čištění KLT přepravek snižuje možnost kontaminace produktu z přepravního obalu o 30 %. Tuto hodnotu lze dále zvyšovat kratšími cykly čištění přepravek. V případě neustálého čištění a zaručení naprosté čistoty přepravky lze tuto hodnotu dále zvýšit o 20 - 30 %. Tato hodnota je také ovlivněna prašností ovzduší. Za současného stavu je přepravka kontaminována polétavými nečistotami do 24 hod. Návrh a aplikace krytů dopravníků a zásobníků je ohodnocen pouze 5 %. Toto nízké hodnocení je způsobeno nemožností aplikace krytů bezprostředně nad komponenty z ergonomických a funkčních požadavků. Vzduchové čištění komponent vykazuje velice slušné výsledky a výrazné zlepšení. Tento faktor není příliš ovlivněn okolními faktory a tak lze hodnotu 65 % považovat za konečnou bez možnosti dalšího zlepšení. Tato hodnota je dána tvarem a konstrukcí samotného komponentu. Aplikace filtrovaného přívodu do DFD stroje LUCIE je klasifikována 20 %. Poměrně nízké číslo je dáno různou technologií nanášení fluxu porovnávaných testů na lince 6 a LUCIE 1. Pro přesnější ohodnocení tohoto faktoru by musela být provedena zkušební implementace filtru, což by bylo finančně nákladné. Změna pracovních oděvů operátorů je významným faktorem především ve výskytu vláken ve výrobcích. Snižováním otěru vláken lze dosáhnout výrazně lepších hodnot interní čistoty, především v oblasti textilních vláken. Tento faktor je silně ovlivněn nečistotami ve výrobní hale. Pokud neproběhne hloubkový úklid výrobní haly, vlákna z předešlých pracovních oděvů budou stále usazena na konstrukci haly a stále budou uvolňována do ovzduší. Za současného stavu tak nelze očekávat lepší zlepšení než o 55 %. Za předpokladu úklidu haly lze předpokládat zvýšení hodnoty o dalších 30 - 40 %.

### Očekávaný efekt snížení nečistot jednotlivých faktorů [%]



obr. 6-2: Očekávaný efekt dopadu interní čistoty na zkoumaný faktor

V grafu na obr. 6-3 je zobrazen celkový dopad jednotlivých variant řešení na interní čistotu. Nejvýznamnějším faktorem je hloubkový úklid výrobní haly 25 %. Dalším výrazným zlepšením disponují varianty čištění KLT přepravek a aplikace vzduchového čištění komponentů. Naopak nejnižším dopadem na interní čistotu lze ohodnotit řešení krytů dopravníků a zásobníků a aplikace zakrytí vozíku inner finů. Veškeré zde uvedené hodnoty jsou klasifikovány za předpokladu zavedení veškerých možných opatření.



obr. 6-3: Celkový dopad na interní čistotu jednotlivých variant řešení

Zásadním faktorem interní čistoty je tedy jednoznačně prašnost ovzduší ve výrobní hale. Jedním z prvních nápravných kroků by měl být zaměřen na hloubkové čištění výrobní haly. Po aplikaci tohoto opatření je možné aplikaci dalších výrazných opatření ke snížení hodnot celkové interní čistoty výparníku.

## 7 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo nalezení zdroje nečistot uvnitř výparníku a navržení nápravných řešení. V kapitole 2 byly vytyčeny cíle diplomové práce na základě potřeby podniku. Tato kapitola také pojednává o pozici interní čistoty v oblasti kvality výrobku. V kapitole 3 je představeno portfolio podniku, tedy vývojové řady výparníkového bloku a jeho komponenty. V této kapitole je v krátkosti představen celý chladicí okruh, jeho komponenty a funkce. V další kapitole je již kompletní analýza současného stavu interní čistoty výrobku. Analýza současného stavu identifikovala několik zdrojů nečistot a klíčové faktory, které mají největší podíl na celkovém výsledku interní čistoty. Hlavním přínosem analýzy bylo vyvrácení zažitého paradigmatu, dle kterého byly doposud řešeny problémy interní čistoty. Současná teorie předpokládala rozpad a vyhoření veškerých organických vláken a částic během procesu pájení v pájecí peci. Toto tvrzení bylo vyvráceno testem v kapitole 4.6. V důsledku omezenému přístupu kyslíku do prostoru pece nedochází k hoření a organické částice a vlákna pouze zuhelnatí a částečně se rozpadnou. Tento fakt byl důležitým zjištěním vzhledem k zaměření analýzy vzniku nečistot. Testů na interní čistotu proběhlo již v řádu stovek, většina testů však až v konečném výrobku výparníkového bloku. Většina analýzy tedy byla zaměřena na výrobní proces před pecí, tedy na výrobu jednotlivých komponentů výparníku. Stávající a nové přísnější zákaznické specifikace vedly ke vzniku potřeby firmy řešit aktuální problém interní čistoty. Tato práce odhalila některé problémy a navrhla potřebná opatření, aby bylo možné splnit zákaznické specifikace. Navržená opatření jsou uvedena v kapitole 5. Úskalím implementace některých z navržených řešení, jsou však finanční důvody. Implementace jakéhokoli opatření nepovede ke zvýšení produktivity, ke snížení nákladů či zvýšení prodejní ceny výrobku. Tyto investice tedy nemají z finančního hlediska žádnou návratnost. Nedodržování zákaznických specifikací však může vést ke ztrátě zákazníka, případně ke ztrátě dobrého jména produktu/podniku. Výsledky práce byly průběžně prezentovány zákazníkům a vedení společnosti. Vedení společnosti společně se zákazníky v průběhu řešení interní čistoty dohodlo několik výjimek ve specifikacích, což vedlo k uzavření problému řešit interní čistotu vzhledem ke stávajícím specifikacím. Zásadním faktem v problému výskytu vláken bylo zjištění materiálového složení. Během analyzování byl proveden test pomocí infračervené stereoskopie, kterým bylo zjištěno složení jednotlivých vláken. Složení většiny vláken bylo vyhodnoceno na bázi celulózy, některá s příměsí PES. Vlákna na bázi celulózy lze obecně charakterizovat jako bavlnu, která svými mechanickými a fyzikálními vlastnostmi nepředstavuje velkou hrozbu pro ostatní komponenty chladicího okruhu. Fyzikální vlastnosti bavlny lze určit např. jemností, při  $T = 0,5 - 0,15$  jsou vlákna označována jako jemná až normální. Stejně tak vlastnosti PES jsou v oblasti jemnosti  $T = 0,01 - 0,1$  označována jako mikrovlákna. S ohledem na vlastnosti vláken nalézající se ve výrobním procesu firma v současné době neuvažuje o implementaci navržených řešení. Výskyt ostatních nečistot, jako jsou např. metalické a organické částice, nejsou v tuto chvíli prioritní záležitostí s ohledem na výsledky a zákaznické specifikace. V poslední kapitole jsou uvedeny hodnocení jednotlivých navržených opatření. Jednotlivé faktory byly řešeny izolovaně, avšak ve skutečnosti se vzájemně ovlivňují. Proto byl sestaven hierarchický řetězec faktorů se vzájemnými vazbami. Nejvýše postaveným faktorem, který ovlivňuje většinu ostatních, je jednoznačně prašnost ovzduší ve výrobní hale. Tento faktor lze zlepšit pravidelným hloubkovým úklidem, včetně odsátí prachu ze stropní konstrukce. Všechna navržená opatření byla finančně zhodnocena a připravena k implementaci. Tato práce slouží pouze jako doporučení dalších kroků, které jsou potřeba vykonat ke zlepšení současného stavu.

V této diplomové práci byly použity výsledky z projektu OP VK č. CZ.1.07/2.3.00/09.0163

## 8 Použitá literatura

- [1] CHYSKÝ, J. *Klimatizace*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1987. 232 s.
- [2] NOŽIČKA, J. *Základy termomechaniky*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 2004. 187 s.
- [3] KOVAČ, M., BUDA, J., ŠIMŠÍK, D. *Projektovanie výrobných systémov*. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1991. ISBN 80-05-00709-4.
- [4] VIGNER, M., KRÁL, M., ZELENKA, A. *Metodika projektování výrobních procesů*. 1. vyd. Praha: Alfa 1984.
- [5] KORECKÝ, M., TRKOVSKÝ, V. *Management rizik projektů: se zaměřením na projekty v průmyslových podnicích*. 1. vyd. Praha: 2011. ISBN 978-80-247-3221-3.
- [6] BLAŽEK, A., ŠUTÁ, Š. *Vlastnosti textilních vláken*. Bratislava: ALFA, 1982.
- [7] NENADÁL, J. *Moderní management jakosti: principy, postupy, metody*. Vyd. 1. Praha: Management Press, 2008, 377 s. ISBN 978-80-7261-186-7.
- [8] Edl, M. *Řízení životního cyklu produktu (PLM)*. Plzeň: Smart Motion, 2012. ISBN 978-80-87539-04-0.
- [9] Bureš, M., Šrajer, V., Görner, T. *Projektování výrobních systémů a DP*. Plzeň: Smart Motion, 2012. ISBN 978-80-87539-10-1
- [10] ZELENKA, A. *Projektování výrobních procesů a systémů*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2007. 136 s
- [11] KOUT, J. *Výroba automobilových komponentů a její konkurenceschopnost*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2009.
- [12] MIZUNO, S. *Řízení jakosti*. Praha: Victoria Publishing, 1998. 301 s. ISBN 80-85605-38-4.
- [13] NENADÁL, J. *Moderní systémy řízení jakosti*. Praha: Management Press, 1998. 283 s. ISBN 80-7169-955-1.
- [14] SYNEK a kol., M. *Nauka o podniku*. Praha: Grada Publishing, 1994. 383 s. ISBN 80-7079-892-0.
- [15] BOBÁK, R., TUČEK, D. *Výrobní systémy*. 2. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006. 298 s. ISBN 80-7318-381-1.
- [16] Fitzner, K., Müller, B., Lußky, J., Küchen, V. *Definition of cleanliness: ducts*. Berlin: Technical University of Berlin, 1999. 28s.
- [17] Hayashi, M., Sakai, S. *Mass Production Process for All Aluminum Drawn Cup Type Evaporators*. Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. *Technical Review*. 1996, Vol. 33. Dostupné z: <http://202.228.55.2/en/technology/review/pdf/e332/e332078.pdf>.
- [18] PLACHÁ, R. *Příprava projektu nové výrobní linky chladicího modulu*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. 2010. 90s.



