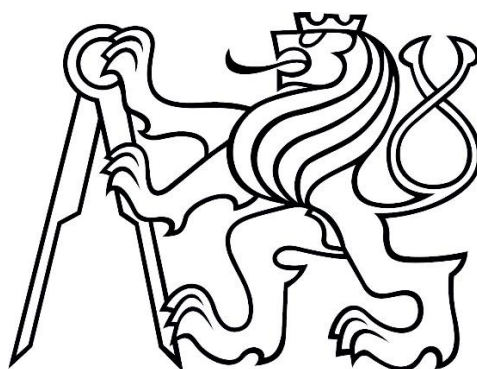


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STROJNÍ



## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Optimalizace výroby PLV  
(tlakového hraničního ventilu)

Praha, 2015

Autor: SVOBODA Václav

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou diplomovou práci zpracoval samostatně a souhlasím s tím, že její výsledky mohou být dále využity dle uvážení společnosti BOSCH Diesel s.r.o. se sídlem v Jihlavě, v České Republice. Dle dohody mezi ČVUT Praha a společností BOSCH Diesel s.r.o. je tato práce neveřejná.

Datum.....

Podpis.....

## Poděkování

Rád bych poděkoval všem, kteří mi pomáhali při vytváření této práce. Především pak vedoucímu mé bakalářské práce panu doc. Ing. Vratislavu Preclíkovi, CSc. za cenné připomínky a společnosti BOSCH Diesel s.r.o. za umožnění tuto práci zpracovat. Dále pak panu Ing. Martinovi Vlčkovi za podporu a zhodnocení této práce.

# Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá optimalizací výroby (montáže) Tlakového hraničního ventilu PLV z hlediska optimalizace rozmístění strojů a pracovišť „Layout“ a optimalizace materiálového toku. V práci je postupováno od analýzy stávajícího stavu montáže PLV, stanovení potenciálů a rizik stávajícího stavu. Následuje zpracování návrhu optimalizace a předpokládané přínosy. Hlavním cílem optimalizace je zvýšení produktivity a redukce rozpracované výroby a efektivní využití pracovní plochy.

# Abstract

The bachelor thesis is concerned with PLV manufacturing optimization (assembly) comprising of machine placement optimization and optimization of workplace layout and material flow. The basis of the bachelor thesis is current state analysis of PLV assembly, to determine opportunities and risks of current state. Following steps is to suggest optimization and expected asset. The main aim of optimization is to increase productivity, decrease unfinished manufacturing and effective using of work surface.

# Obsah

1	ÚVOD	2
2	POPIS FUNKCE <b>PLV</b> V SYSTÉMU Comon Rail	3
3	PŘEHLED GENERACÍ <b>PLV</b>	6
4	PŘEHLED KONSTRUKCE <b>PLV</b>	10
5	ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU MONTÁŽE <b>PLV</b>	27
6	OPTIMALIZACE MONTÁŽNÍHO PROCESU <b>PLV</b>	37
7	ZÁVĚR	44

Seznam příloh:

- 1) VSM ve formátu A3
- 2) VSD ve formátu A3

Seznam použitých zkratk:

PLV	Tlakový hraniční ventil
PCV	Tlakový regulační ventil
OEE	Využitelnost pracovního času stroje
FOL	Tokově orientovaný Layout
Layout	Rozmístění strojů a pracovišť
VSM	Mapování hodnotového toku ( <i>Value Stream Mapping</i> )
VSD	Navrhování hodnotového toku ( <i>Value Stream Design</i> )
KLT	Označení pro obalový materiál ( <i>Plastová standardizovaná přepravka</i> )
POT	Čistý pracovní čas za jeden den [Min.]
LLD	Návrh štíhlé linky ( <b>Lean Line Design</b> )

# 1. ÚVOD

Neustálé požadavky na nižší spotřebu a snížení obsahu škodlivin ve výfukových plynech zvyšují nároky na motor a vstřikovací systém. Pro splnění těchto, stále se zvyšujících, nároků, bylo nutné vyvinout nový vstřikovací systém. Tento systém musí zajistit vysoký vstřikovací tlak, který je nutnou podmínkou pro jemné rozprášení paliva v trysce. Zároveň musí umožňovat velice přesné dávkování vstřikovaného množství, přesný průběh vstřikování a také možnost pilotních a následných vstřiků. Systém, který splňuje tyto požadavky, pro naftové motory se jmenuje Common Rail.

Zásobníkový systém Common Rail pracuje na principu zásobníku vysoce stlačeného paliva, čím je toto palivo neustále připraveno ke vstřikování. První generace systému Common Rail byla uvedena na trh v roce 1997 společností BOSCH.

Výrobou součástí tohoto systému v ČR se zabývá společnost BOSCH Diesel s.r.o. se sídlem v Jihlavě. Součásti tohoto systému se v Jihlavském závodě vyrábějí od samotného počátku, tedy od roku 1997. Mezi základní součásti systému Common Rail vyráběné v Jihlavském závodě patří čerpadlo (*Common*) a zásobník stlačeného paliva (*Rail*) a jednotlivé komponenty pro tyto dvě základní součásti systému Common Rail.

Tato Bakalářská práce se zabývá výrobou jedné z komponent zásobníku stlačeného paliva a tou je tlakový hraniční ventil (*PLV*). Cílem této Bakalářské práce je zanalyzovat stávající výrobní proces PLV, který je zaveden v dceřiném závodě v Německu ve městě Norimberk, a navrhnou optimalizaci tohoto procesu před přesunutím výroby tohoto produktu do závodu v Jihlavě.

V práci je postupováno od seznámení se s funkcí PLV v systému Common Rail, přes přehled vyráběných generací a přehled jejich konstrukce k následné analýze současného stavu montáže až k návrhu optimalizace výroby PLV.

## 2. POPIS FUNKCE KOMPONENTY *PLV* V SYSTÉMU Common Rail

### 2.1 Základní rozdělení systémů Common Rail

V systému Common Rail je oddělené vytváření tlaku a vstřikování. Vstřikování je umožněno díky určité zásobě stlačeného paliva v tlakovém zásobníku (*Railu*). Nepřetržitě pracující čerpadlo, poháněné motorem, vytváří požadovaný vstřikovací tlak. Tlak v *Railu* je čerpadlem udržován nezávisle na otáčkách motoru a vstřikovaném množství.

Pro potřeby této Bakalářské práce bude nejlepší rozdělení na základě regulace tlaku v *Rail*. V případě dělení podle regulace tlaku, se systém Common Rail dělí na tři typy:

#### a) Regulace na straně vysokého tlaku

U systému používaného především pro osobní vozidla je tlak v *Railu* regulován pomocí regulačního tlakového ventilu (*PCV*). Palivo, které není využito pro vstřikování, odtéká přes regulační tlakový ventil (*PCV*) do nízkotlakého okruhu. Výhodou tohoto způsobu regulace je rychlá reakce na změnu podmínek, jako je například změna zatížení motoru. „Nevýhodou“ je, že v případě této regulace se musí stlačovat i palivo, které není nutné pro chod motoru. Tímto se zvyšuje výkon potřebný pro pohon čerpadla a tím i spotřeba paliva. Regulace na straně vysokého tlaku byla používána především u prvních generací systémů Common Rail. Tento systém je schématicky zobrazen na straně 3. (*Obr. 2.1.1a*).

#### b) Regulace množství na sací straně

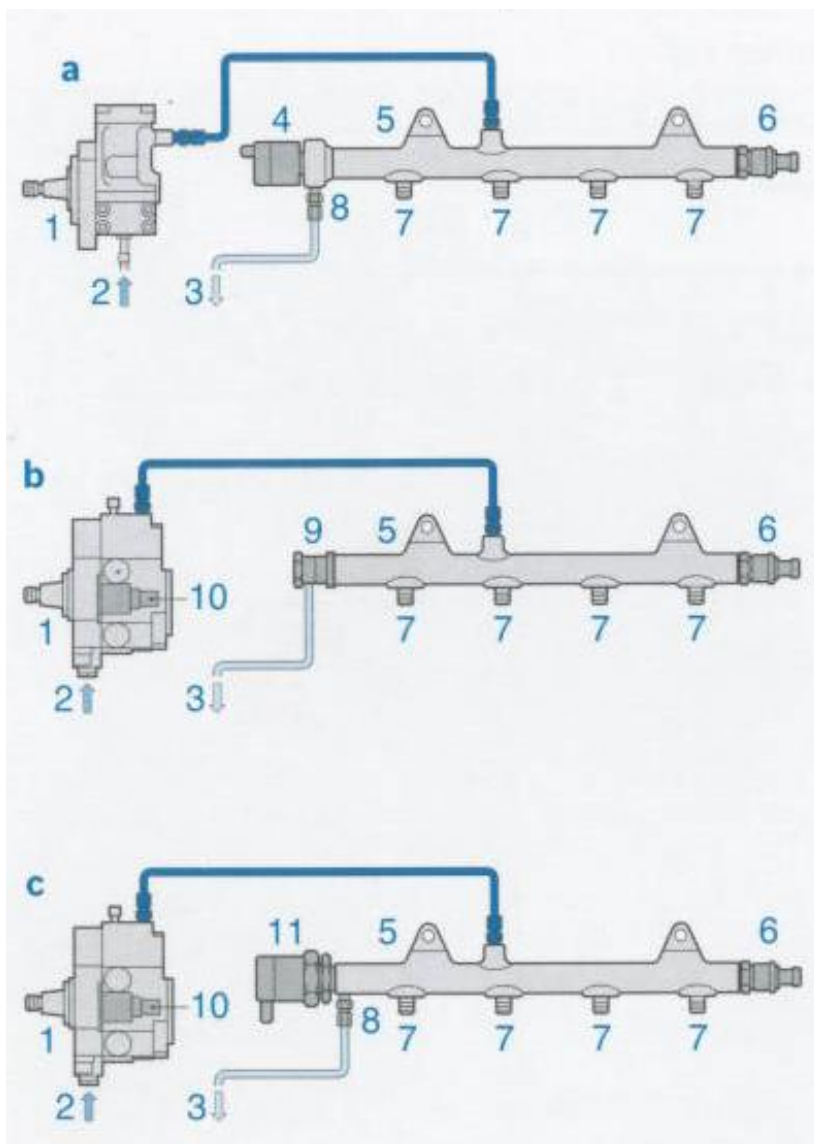
Regulace množství na sací straně je regulace množství paliva před sáním do vysokotlakého čerpadla. Tímto způsobem je zajištěno, že vysokotlaké čerpadlo dodává do tlakového zásobníku pouze takové množství paliva, aby byl dosažen optimální vstřikovací tlak požadovaný systémem. Pro případ, že dojde k poruše této regulace je tlakový zásobník opatřen tlakovým hraničním ventilem (*PLV*), který zabrání nepřipustnému nárůstu tlaku v zásobníku.

Výhodou tohoto systému je, že stlačováno vysokotlakým čerpadlem je pouze množství paliva, které je potřebné pro chod motoru, což oproti regulaci na straně vysokého tlaku přináší úsporu paliva a zároveň snižuje i teplotu paliva vracejícího se zpětný potrubím do palivové nádrže. Nevýhodou je rychlost

reakce na požadavky systému. Tento systém je schématicky zobrazen na straně 3. (Obr. 2.1.1b).

### c) Dvojitý regulační systém

Dvojitý regulační systém v zásadě kombinuje obě předchozí formy regulace. To znamená, že primární regulace je provedena na sací straně a přesný požadavek systému je doregulován pomocí tlakového regulačního ventilu (PCV) na straně vysokého tlaku. Tento systém je schématicky zobrazen na straně 3. (Obr. 2.1.1c).



**Obr. 2.1.1a**  
Regulace na straně vysokého tlaku

**Obr. 2.1.1b**  
Regulace množství na sací straně

**Obr. 2.1.1c**  
Dvojitý regulační systém

#### Popisek:

- 1- Vysokotlaké čerpadlo
- 2- Přívod paliva
- 3- Zpětné palivové potrubí
- 4- Regulační tlakový ventil (PCV)
- 5- Vysokotlaký zásobník (Rail)
- 6- Snímač tlaku
- 7- Přípojky ke vstřikovačům
- 8- Přípojka zpětného palivového potrubí
- 9- Tlakový hraniční ventil (PLV)
- 10- Dávkovací jednotka
- 11- Regulační tlakový ventil (PCV)

Obr. 2.1.1: Dělení systému Common Rail dle regulace; Zdroj[1]



Pro potřebu této Bakalářské práce je podstatná varianta regulace množství na sací straně, neboť tato varianta obsahuje komponentu tlakový hraniční ventil (PLV), jehož výrobou se tato Bakalářská práce zabývá. V kapitole 2.2 bude tedy vysvětlena funkce PLV v systému Common Rail s regulací množství na sací straně.

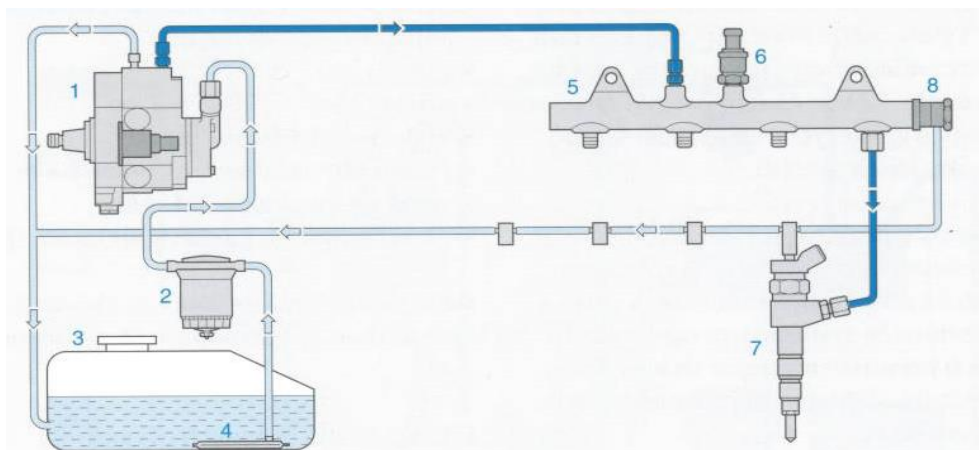
## **2.2 Funkce PLV v systému Common Rail s regulací množství na sací straně**

Jak již bylo nastíněno v kapitole 2.1, je primární funkcí tlakového hraničního ventilu v systému Common Rail je zabezpečení systému proti přetlakování. Tato funkce je zajištěna mechanicky. Sedlo ventilu je uzavřeno pístem, který je do sedla ventilu zatlačován tlačnou pružinou. Síla tlačné pružiny je nastavena, tak aby tlak v Railu při normálním provozním tlaku, nedovolila odtlačení pístu ze sedla ventilu a tím otevření PLV a odtlakování Railu. Pouze v případě, že tlak v Railu stoupne nad povolenou mez, což je zároveň otvírací tlak pro PLV, tak dojde k jeho otevření a tím k zabránění poškození celého systému na vysokotlaké části. Tato funkce je primární a je společná pro všechny generace PLV.

Sekundární funkcí PLV generace 2., 4. a 5. je funkce nouzové jízdy (*limp home*). Tato funkce PLV nastává v případě, kdy dojde k poruše regulace množství paliva na sací straně a tím k neregulování tlaku v tlakovém zásobníku. Konstrukce PLV umožní po jeho otevření převzít funkci regulace tlaku ve vysokotlakém zásobníku a tím umožnit pokračování v jízdě. Tato funkce je pouze nouzová a umožňuje pouze dojetí do nejbližšího servisu případně dokončit cestu.

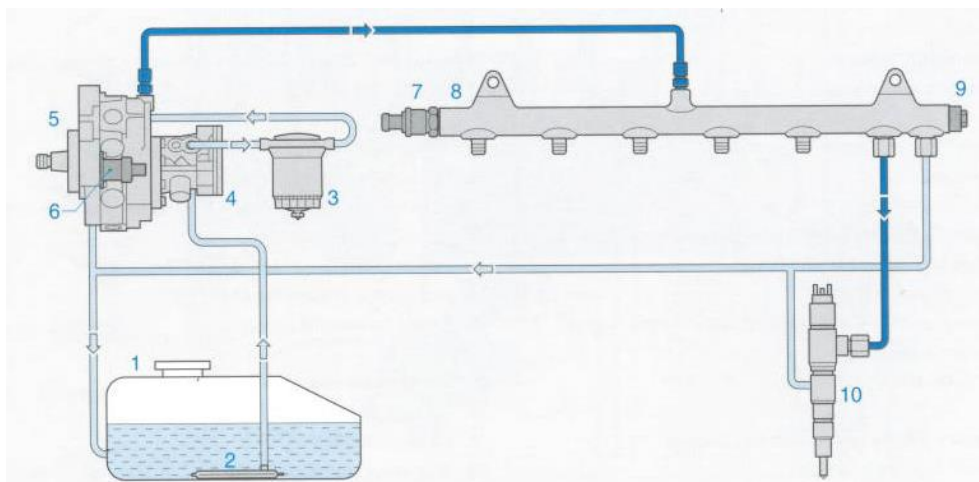
Palivo, které se po otevření ventilu dostane do PLV jde přepadovým kanálem do zpětného potrubí a je odvedeno zpět do palivové nádrže.

U PLV generací 1. a 2. je zpětné potrubí napojeno přímo do tělesa ventilu PLV. U generací 3., 4. a 5. je PLV integrováno od vysokotlakého zásobníku (*Railu*) a zpětné potrubí je napojeno přímo na Rail. Na straně 5 (*Obr. 2.2.1*) je schematicky znázorněn vstříkovací systém s PLV generace 1. a 2. a Na straně 5 (*Obr. 2.2.2*) je schematicky znázorněn systém s PLV generace 3., 4. a 5..



**Popisek:** 1-Vysokotlaké čerpadlo; 2-Palivový filtr; 3-Palivová nádrž; 4-Předřadný filtr; 5-Vysokotlaký zásobník (Rail); 6-Snímač tlaku; 7-Vstřikovač; 8-Tlakový hraniční ventil (PLV)

*Obr. 2.2.1: Systém CR s PLV generace 1. a 2.; Zdroj[1]*



**Popisek:** 1-Palivová nádrž; 2-Předřadný filtr; 3-Palivový filtr; 4-Podávací zubové čerpadlo; 5-Vysokotlaké čerpadlo; 6-Dávkovací jednotka; 7-Snímač tlaku; 8-Vysokotlaký zásobník (Rail); 9-Tlakový hraniční ventil (PLV)

*Obr. 2.2.2: Systém CR s PLV generace 3., 4. a 5.; Zdroj[1]*

## 3. PŘEHLED GENERACÍ PLV

### 3.1 PLV 1. generace (PLV1-xx)

Tlakový hraniční ventil 1. generace se rozdělují na dvě základní varianty. Rozdělení je podle systémového tlaku a logika značení je PLV1-**14** a PLV1-**16** (číslo za pomlčkou je označení systémového tlaku vyděleného 100. To znamená například u PLV1-**14**, že systémový tlak je  $14 \times 100 = 1400 \text{ bar}$ ). Přehled jednotlivých typových čísel, včetně přehledu použitých komponent a důležitých dokumentů, je uveden na stráně číslo 8. (Tab. 2.2.1).

### 3.2 PLV 2. generace (PLV2-xx)

Tlakový hraniční ventil 2. generace se rozděluje na dvě základní varianty. Rozdělení je podle systémového tlaku a logika značení je PLV2-**14** a PLV2-**16** (*číslo za pomlčkou je označení systémového tlaku vyděleného 100. To znamená například u PLV2-14 je systémový tlak  $14 \times 100 = 1400 \text{ bar}$* ). Přehled jednotlivých typových čísel, včetně přehledu použitých komponent a důležitých dokumentů, je uveden na stráně číslo 8. (Tab. 2.2.2).

### 3.3 PLV 3. generace (PLV3-xx)

Tlakový hraniční ventil 3. generace se rozděluje na dvě základní varianty. Rozdělení je podle systémového tlaku a logika značení je PLV3-**14** a PLV3-**16** (*číslo za pomlčkou je označení systémového tlaku vyděleného 100. To znamená například u PLV3-14, že systémový tlak je  $14 \times 100 = 1400 \text{ bar}$* ). Přehled jednotlivých typových čísel, včetně přehledu použitých komponent a důležitých dokumentů, je uveden na stráně číslo 8. (Tab. 2.2.3).

### 3.4 PLV 4. generace (PLV4-xx)

Tlakový hraniční ventil 4. generace se rozděluje na pět základních variant. Rozdělení je podle systémového tlaku a logika značení je PLV4-**9**, PLV4-**11**, PLV4-**14**, PLV4-**16** a PLV4-**18** (*číslo za pomlčkou je označení systémového tlaku vyděleného 100. To znamená například u PLV4-14, že systémový tlak je  $14 \times 100 = 1400 \text{ bar}$* ). Přehled jednotlivých typových čísel, včetně přehledu použitých komponent a důležitých dokumentů, je uveden na stráně číslo 9. (Tab. 2.2.4).

### 3.5 PLV 5. generace (PLV5-xx)

Tlakový hraniční ventil 3. generace se rozděluje na dvě základní varianty. Rozdělení je podle systémového tlaku a logika značení je PLV5-**22**, (*číslo za pomlčkou je označení systémového tlaku vyděleného 100. To znamená například u PLV5-22, že systémový tlak je  $22 \times 100 = 2200 \text{ bar}$* ). Přehled jednotlivých typových čísel, včetně přehledu použitých komponent a důležitých dokumentů, je uveden na stráně číslo 9. (Tab. 2.2.4).

Přehled typových čísel a komponentů PLV1																
Generace	Typové číslo	Systémový tlak [bar]	Tlak pro kontrolu těsnosti [bar]	Nastavovací otvírací tlak [bar]	Otvírací tlak pro pole [bar]	Povolena netěsnost při montáži [l/h]	Povolena netěsnost pro pole	Nabídkový výkres	Povrchová úprava	Těleso ventilu	Píst ventilu	Doraz ventilu (13-náct tříd)	Tlačná pružina	Závítová redukce Heli Coll	Těsnící kroužek	Zakaznické připojení
PLV1-14	F 00R 000 644	1400	1550	1750-100	1850-250	≤ 1	≤ 1,2	A 401 310 004	Cr6	F 00R 000 631	F 00R 000 626	F 00R 000 033	F 00R 000 355	1 110 000 191	2 916 710 670	1 110 010 115
	1 110 010 030							A 445 040 030	ZnNi	1 110 010 114		F 00R 000 034				
	1 110 010 031							A 445 040 037	ZnNi	1 110 010 114		F 00R 000 035				
	F 00R 000 756							A 401 310 014	Cr6	F 00R 000 631		F 00R 000 036				
	1 110 010 033							A 445 040 038	ZnNi	1 110 010 114		F 00R 000 378				
	1 110 010 037							A 445 040 046	ZnNi	1 110 010 118		F 00R 000 379				
F 00R 001 048	A 401 310 024	Cr6	F 00R 000 705	F 00R 000 797												
PLV1-16	F 00R 000 632	1600	1750	1950-100	2050-250	≤ 1	≤ 1,2	A 401 310 006	Cr6	F 00R 000 631	F 00R 000 706	F 00R 000 798	F 00R 000 706	1 110 000 191		
	1 110 010 029							A 445 040 039	ZnNi	1 110 010 114		F 00R 000 799				
	F 00R 000 629							A 445 040 031	ZnNi	1 110 010 114		F 00R 000 800				
	F 00R 000 862							A 401 310 007	Cr6	F 00R 000 705		F 00R 000 801				
								A 401 310 012	Cr6	F 00R 000 631		F 00R 001 059				
												F 00R 001 060				

Tab. 2.2.1.; Přehled PLV1

Přehled typových čísel a komponentů PLV2																	
Generace	Typové číslo	Systémový tlak [bar]	Tlak pro kontrolu těsnosti [bar]	Nastavovací otvírací tlak [bar]	Otvírací tlak pro pole [bar]	Povolena netěsnost při montáži [l/h]	Povolena netěsnost pro pole [l/h]	Nabídkový výkres	Povrchová úprava	Těleso ventilu	Píst ventilu 1	Píst ventilu 2	Doraz ventilu (9 tříd)	Tlačná pružina	Těsnící kroužek	Zakaznické připojení	Závítová vložka
PLV2-14	F 00R 000 761	1400	1550	1750-100	1850-250	≤ 1	≤ 1,2	A 401 310 008	Cr6	F 00R 000 758	F 00R 000 563	F 00R 000 760	F 00R 000 666	F 00R 000 759	1 110 010 701	F 00R 000 774	
	F 00R 000 775							A 401 310 015	Cr6	F 00R 000 758			F 00R 000 667				
	1 110 010 035							A 445 040 041	ZnNi	1 110 010 109			F 00R 000 668				
PLV2-16	1 110 010 007	1600	1750	1950-100	2050-250	≤ 1	≤ 1,2	A 401 310 023	Cr6	F 00R 000 758	F 00R 000 439	F 00R 000 674	F 00R 000 669	F 00R 000 439	1 110 010 701	1 110 010 116	1 110 010 006
	1 110 010 020							A 445 040 042	ZnNi	1 110 010 109			F 00R 000 670				
	1 110 010 008							A 401 310 009	Cr6	F 00R 000 758			F 00R 000 671				
								A 445 040 033	ZnNi	1 110 010 109			F 00R 000 672				
	1 110 010 021												F 00R 000 673				

Tab. 2.2.2.; Přehled PLV2

Přehled typových čísel a komponentů PLV3																
Generace	Typové číslo	Systémový tlak [bar]	Tlak pro kontrolu těsnosti [bar]	Nastavovací otvírací tlak [bar]	Otvírací tlak pro pole [bar]	Povolena netěsnost při montáži [l/h]	Povolena netěsnost pro pole	Nabídkový výkres	Povrchová úprava	Těleso ventilu	Sedlo ventilu	Píst ventilu	Vymezovací podložka (7 tříd)	Tlačná pružina	O-kroužek	
PLV3-14	F 00R 000 741	1400	1550	1750-100	1800-200	≤ 1	≤ 1,2	A 445 040 004	Cr6	F 00R 000 727	F 00R 001 330	F 00R 001 331	F 00R 000 731	F 00R 000 738	F 00R 000 739	
	1 110 010 017							A 445 040 019	ZnNi	1 110 010 106			F 00R 000 732			
PLV3-16	F 00R 001 166	1600	1750	1950-100	2000-200	≤ 1	≤ 1,2	A 445 040 005	Cr6	F 00R 000 727	F 00R 001 330	F 00R 001 331	F 00R 000 733	F 00R 001 165	F 00R 000 739	
	1 110 010 018							A 445 040 020	ZnDISP	1 110 010 105			F 00R 000 734			
	1 110 010 019							A 445 040 029					F 00R 000 735			
	1 110 010 045							A 445 040 100	ZnNi	1 110 010 106			F 00R 000 736			
	0 281 006 195							A 445 040 044					F 00R 000 737			

Tab. 2.2.3.; Přehled PLV3

Přehled typových čísel a komponentů PLV4																						
Generace	Typové číslo	Systémový tlak [bar]	Tlak pro kontrolu těsnosti [bar]	Nastavovací otvírací tlak [bar]	Otvírací tlak pro pole [bar]	Povolená netěsnost při montáži [l/h]	Povolená netěsnost pro pole [l/h]	Nabídkový výkres	Povrchová úprava	Těleso ventilu	Sedlo ventilu	Píst ventilu	Talířová podložka (13-náct tříd)	Tlačná pružina	O-kroužek							
PLV4-11	1 110 010 016	1100	1250	1450-100	1500-200			A 445 040 014	ZnNi	1 110 010 110 1 110 010 111	1 110 010 407			1 110 010 306								
	1 110 010 010							Cr6	1 110 010 101													
PLV4-14	1 110 010 023	1400	1550	1750-100	1800-200			A 445 040 035	ZnNi	1 110 010 110 1 110 010 111	1 110 010 406			1 110 010 302								
	1 110 010 014							Cr6	1 110 010 101 1 110 010 103													
	1 110 010 027							ZnNi	1 110 010 110 1 110 010 111	1 110 010 407												
	1 110 010 009							Cr6	1 110 010 101													
	1 110 010 022							ZnNi	1 110 010 110 1 110 010 111													
PLV4-16	1 110 010 015	1600	1750	1950-100	2000-200			A 445 040 009	Cr6	1 110 010 101	1 110 010 406			1 110 010 301								
	1 110 010 028							ZnNi	1 110 010 110 1 110 010 111													
	0 281 006 565							Cr6	1 110 010 101 1 110 010 103	1 110 010 407												
	1 110 010 011							ZnNi	1 110 010 110 1 110 010 111													
	1 110 010 024							Cr6	1 110 010 101 1 110 010 103													
	PLV4-18							1 110 010 012	1800	1950	2150-100	2200-200			A 445 040 018	Cr6	1 110 010 101 1 110 010 103	1 110 010 407			1 110 010 304	
								1 110 010 025							ZnNi	1 110 010 110 1 110 010 111						
								1 110 010 013							Cr6	1 110 010 101 1 110 010 103	1 110 010 407					
								1 110 010 026							ZnNi	1 110 010 110 1 110 010 111						
								F 00N 010 071							Cr6	1 110 010 101 1 110 010 103						
0 281 006 389		ZnNi	1 110 010 110 1 110 010 111	1 110 010 407																		
1 110 010 042		ZnDISP	1 110 010 102 1 110 010 104																			
0 281 006 393		ZnNi	1 110 010 110 1 110 010 111																			
		ZnDISP	1 110 010 102 1 110 010 104																			
		A 445 040 028																				
	A 445 040 127																					
	A 445 040 079																					
	A 445 040 072																					
	A 445 040 086																					

Tab. 2.2.4.; Přehled PLV4

Přehled typových čísel a komponentů PLV5															
Generace	Typové číslo	Systémový tlak [bar]	Tlak pro kontrolu těsnosti [bar]	Nastavovací otvírací tlak [bar]	Otvírací tlak pro pole [bar]	Povolená netěsnost při montáži [l/h]	Povolená netěsnost pro pole [l/h]	Nabídkový výkres	Povrchová úprava	Těleso ventilu	Sedlo ventilu	Píst ventilu	Talířová podložka (13-náct tříd)	Tlačná pružina	O-kroužek
PLV5-22	F 00N 010 001	2200	2400	2750-200	2800-400	< 0,5	< 1,2	A 445 040 065	ZnNi	F 00N 010 002	F 00N 010 003	F 00N 010 004		F 00N 010 019	F 00R 000 739
	0 281 006 260							A 445 040 080							
													F 00N 010 005 F 00N 010 006 F 00N 010 007 F 00N 010 008 F 00N 010 009 F 00N 010 010 F 00N 010 011 F 00N 010 012 F 00N 010 013 F 00N 010 014 F 00N 010 015		

Tab. 2.2.5.; Přehled PLV5

## 4. PŘEHLED KONSTRUKCE PLV

Konstrukci můžeme hodnotit z mnoha úhlů pohledu, konstrukce z pohledu vyrobiteľnosti jednotlivých komponent. Konstrukce z hlediska zabezpečení funkčnosti smontovaného celku atd.. Pokud bychom měli popsat všechny konstrukční pohledy, byla by tato kapitola jistě zajímavá, ale z hlediska výsledku, na který se orientuje tato práce, by to nebylo příliš podstatné. Proto se budu orientovat na konstrukci z pohledu montáž, neboť o optimalizaci montážního procesu výroby jde v této práci. Přesto zde uvedu několik informací o zajištění funkčnosti a o zabezpečení kvality komponentů pro montáž.

Funkčnost daného celku (v našem případě PLV) je ve firmě BOSCH testována dlouhodobým procesem a to již od stádia prvních funkčních vzorků. K ověření zda navržená konstrukce splňuje požadované parametry definované zákazníkem a zda dosahuje požadované životnosti, slouží vzorky označené jako A-vzorek a B-vzorek. Poté co je konstrukce odsouhlasena a výsledky testů jsou pozitivně uzavřeny, dochází ke zmrazení konstrukce. Do této doby bylo možné v případě potřeby konstrukci upravovat tak, aby výsledný produkt splnil vše, co je pro něj předepsáno. A-vzorky a B-vzorky nemusí být vyráběn ani testován na sériovém zařízení, které se plánuje pro budoucí sériovou produkci.

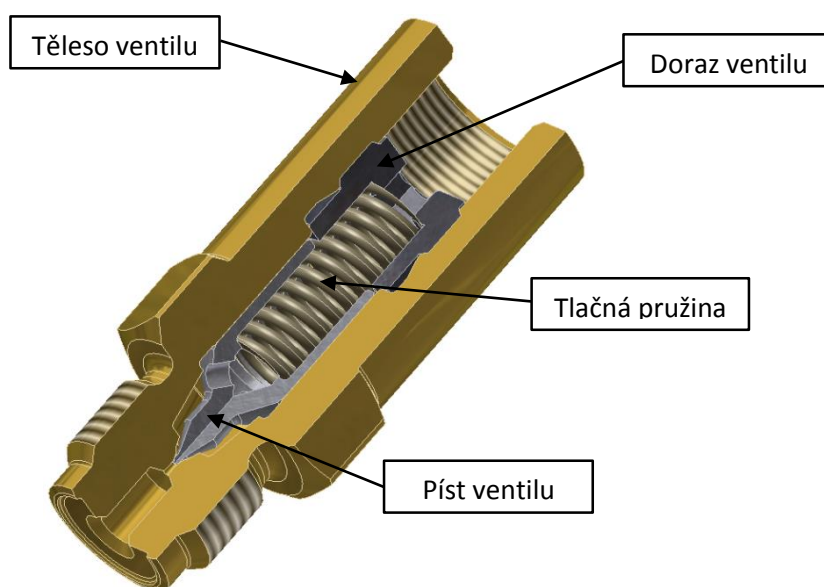
Po zmrazení výsledné konstrukce se odstartuje proces výroby vzorků označených jako C-vzorek. U C-vzorků by měly být již z 90% použity budoucí sériové výrobní procesy a to včetně dodavatelů případných komponentů. V případě, že toto z různých příčin není možné zajistit anebo byla zjištěna nutnost dodatečné konstrukční změny, pak je nutné vystavit na tuto „odchylku“ speciální „Uvolnění vzorku“, která podléhá schválení pověřeným vývojovým pracovníkem. Bez schválené odchylky není možné tuto úpravu v konstrukci či v použití nesériového procesu uskutečnit. V této fázi se také uvolňují plánovaní dodavatelé pro nakupované komponenty z hlediska kvality a stability výrobního procesu a jsou také definovány podmínky vstupní kontroly kvality pro jednotlivé nakupované dílce.

Po odzkoušení prakticky sériového stavu budoucího výrobku následuje výroba vzorku s označením D-vzorek. D-vzorek je v zásadě před série a splňuje stav budoucího sériového výrobku, jak pokud jde o nakupované dílce tak z pohledu externích a interních procesů. A po odzkoušení a schválení D-vzorku dochází k uvolnění do sériové výroby.

Tímto procesem je zajištěno, že výrobky v sériové výrobě splňují požadavky jak na jakost, tak funkčnost. Protože, v případě výroby Tlakového hraničního ventilu PLV jsou veškeré dílce nakupovány od externích dodavatelů a při dodání do výrobního závodu podléhají vstupní kontrole, budeme na tyto komponenty pohlížet jako na 100% dobré vstupy do montážního procesu.

Jak jsem již uvedl, dále se budeme zaměřovat na konstrukci z hlediska procesu montáže a seřízení PLV.

#### 4.1 Konstrukce PLV1-XX (z hlediska montáže a seřízení)

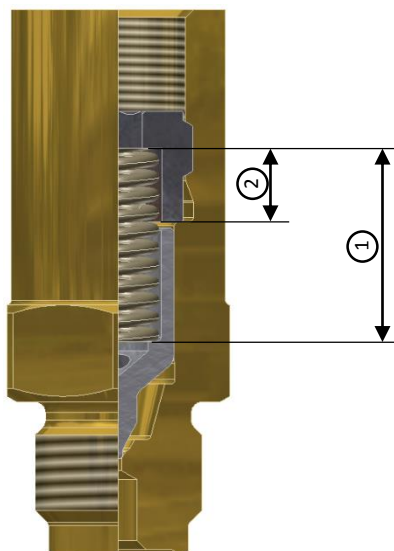


Obr. 4.1.1: Řez PLV1-XX

Jak již bylo uvedeno PLV1 je bezpečnostní prvek systému Common Rail a tato funkce je mechanická. To znamená bez jakéhokoliv řízení. V případě PLV1-XX se jedná pouze o funkci přetlakového ventilu, jde tedy o pojistný ventil, který se při dosažení otvíracího tlaku otevře, tím umožní odtlakování celého systému.

Tato funkce je zajištěna nastavením (stlačením) tlačné pružiny, tak aby síla, kterou pružina tlačí píst ventilu do sedla ventilu, byla větší nebo rovna minimálnímu tlaku kapaliny předepsané pro jeho otevření a zároveň tak aby síla, kterou pružina tlačí píst ventilu do sedla ventilu, byla menší nebo rovna maximálnímu tlaku kapaliny předepsanému pro jeho otevření. Konstrukce je patrná z obrázku 4.1.1.

Z hlediska montáže a nastavení správného otvíracího tlaku je tedy nejdůležitějším rozměrovým řetězcem vzdálenost mezi dosedací plochou pro pružinu v pístu ventilu a dosedací plochou pro pružinu v dorazu ventilu. Rozměrový řetězec je na Obrázku 4.1.2 označen číslem 1. Kompenzačním členem pro řetězec 1 je hloubka pro pružinu v dorazu pro pružinu. Kompenzační člen je na obrázku 4.1.2 označen číslem 2. Doraz ventilu je k dispozici ve 13-nácti třídách (viz *Tabulka 2.2.1*).



Obr. 4.1.2: Rozměrový řetězec a kompenzační člen PLV1-XX

Aby se minimalizovala nutnost výměny třídy dorazu ventilu a předepsaný otvírací tlak byl po první funkční zkoušce v předepsané toleranci, jsou ještě tlačné pružiny dodávány od dodavatele rozměřeny do tříd. V jednom balení musí být pouze jedna třída pružiny. Přehled tříd tlačných pružin je v tabulce 4.1.1.

Typ. č. pružiny	F00R000355	F00R000706
Síla F1 [N]	93	108
Tolerance +/- [N]	2,5	2,5
Třída 1. [N]	90,5-91,4	105,5-106,4
Třída 2. [N]	91,5-92,4	106,5-107,4
Třída 3. [N]	92,5-93,4	107,5-108,4
Třída 4. [N]	93,5-94,4	108,5-109,4
Třída 5. [N]	94,5-95,5	109,5-110,5

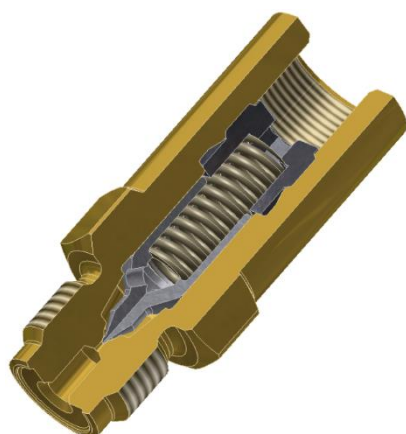
Tab. 4.1.1.; Přehled tříd tlačných pružin PLV1-XX

Díky tomuto opatření je PLV1-XX (z hlediska otvíracího tlaku) v 70% ve stanovené toleranci pro otvírací tlak již po první zkoušce. Pro PLV, která nejsou ve stanovené toleranci, dochází k vícepráci v podobě výměny dorazu ventilu tak, aby se otvírací tlak nastavil dle požadavku. Pro snížení otvíracího tlaku doraz ventilu s větší hloubkou zahloubení pro pružinu a pro zvýšení tlaku s menší hloubkou zahloubení pro pružinu.



Z hlediska montážního procesu lze rozdělit PLV1-XX do 3 skupin:

**a) PLV1-XX bez dodatečného komponentu na připojení přepadu**



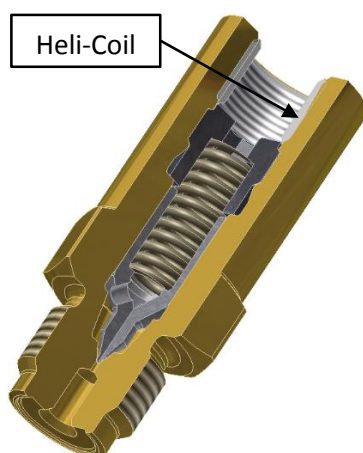
Typová čísla PLV1-XX (Varianta "a")
F 00R 000 644
1 110 010 030
1 110 010 037
F 00R 001 048
1 110 010 032
F 00R 000 629
F 00R 000 862

**Poznámka:**

Rozdíly mezi typovými čísly v podobě povrchové úpravy, různých typových čísel těles a pružin (viz Tab. 2.2.1) nemají na montážní proces významnější vliv a proto se jimi nebudeme zabývat a dále budeme z hlediska montáže považovat všechna typová čísla jako Variantu "1a".

Obr. 4.1.3: PLV1-XX Varianta „1a“

**b) PLV1-XX se závitovou vložkou Heli-Coil**



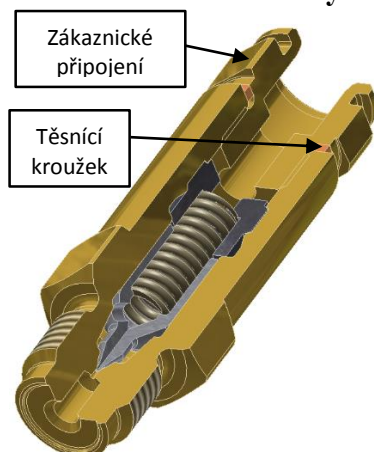
Typová čísla PLV1-XX Varianta "b"
F 00R 000 756
1 110 010 033
F 00R 000 632
1 110 010 029

**Poznámka:**

Rozdíly mezi typovými čísly v podobě povrchové úpravy, různých typových čísel těles a pružin (viz Tab. 2.2.1) nemají na montážní proces významnější vliv a proto se jimi nebudeme zabývat a dále budeme z hlediska montáže považovat všechna typová čísla jako Variantu "1b".

Obr. 4.1.3: PLV1-XX Varianta „1b“

**c) PLV1-XX se zákaznickým připojením**



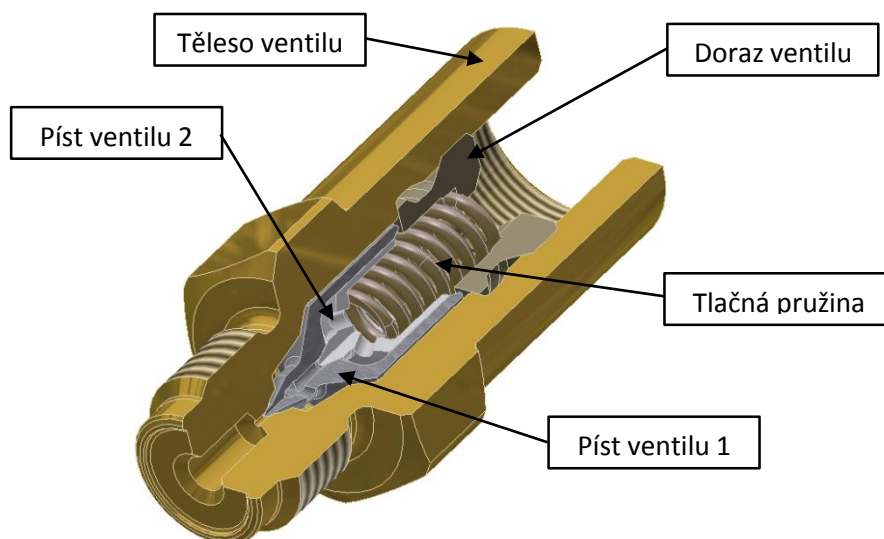
Typová čísla PLV1-XX Varianta "c"
1 110 010 031

**Poznámka:**

Rozdíly mezi typovými čísly v podobě povrchové úpravy, různých typových čísel těles a pružin (viz Tab. 2.2.1) nemají na montážní proces významnější vliv a proto se jimi nebudeme zabývat a dále budeme z hlediska montáže považovat všechna typová čísla jako Variantu "1c".

Obr. 4.1.4: PLV1-XX Varianta „1c“

## 4.2 Konstrukce PLV2-XX (z hlediska montáže a seřízení)

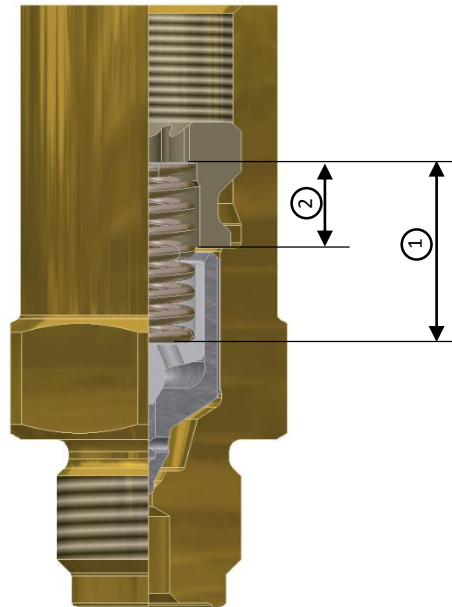


Obr. 4.2.1: Řez PLV2-XX

Stejně tak jako u PLV1-XX je základní funkcí PLV2-XX přetlakový ventil pro ochranu systému Common Rail proti přetlakování. Rozdíl je v dodatečné funkci, kterou je nouzová jízda „*limp home*“. Tato funkce zajišťuje, jak již bylo uvedeno v kapitole 2.2, regulaci tlaku v systému v případě poruchy elektronické regulace a možnost pokračovat v jízdě do nejbližšího servisu anebo jízdu dokončí.

Z důvodu zajištění této dodatečné funkce je PLV2-XX konstruováno jako dvojstupňové. První stupeň (*píst ventilu 1*) se otevře při přetlakování systému a jeho funkce je stejná jako v případě PLV1-XX. Pokud, ale tlak neklesá pod stanovenou hranici, dochází k otevření druhého stupně (*píst ventilu 2*) a průměr otvoru v pístu 1, který je utěsněn pístem 2, je navržen tak, že dovoluje projít právě takovému množství paliva, aby provozní tlak systému byl zachován.

Z hlediska montáže a nastavení správného otevíracího tlaku a tím i ke správné funkci nouzové jízdy je, stejně jako u PLV1-XX nejdůležitějším rozměrovým řetězcem vzdálenost mezi dosedací plochou pro pružinu v pístu ventilu 2 a dosedací plochou pro pružinu v dorazu ventilu. Rozměrový řetězec je na Obrázku 4.2.2 označen číslem 1. Kompenzačním členem pro řetězec 1 je hloubka pro pružinu v dorazu pro pružinu. Kompenzační člen je na obrázku 4.2.2 označen číslem 2. Doraz ventilu je k dispozici v 9-ti třídách (viz *Tabulka 2.2.2*).



Obr. 4.2.2: Rozměrový řetězec a kompenzační člen PLV2-XX

Stejně jako u PLV1-XX z důvodu, aby se minimalizovala nutnost výměny třídy dorazu ventilu a předepsaný otvírací tlak byl po první funkční zkoušce v předepsané toleranci, jsou ještě tlačné pružiny dodávány od dodavatele rozměřeny do tříd.

V jednom balení musí být pouze jedna třída pružiny. Přehled tříd tlačných pružin je v tabulce 4.2.1.

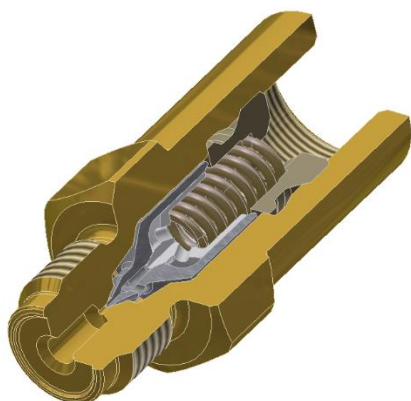
Typ. č. pružiny	F00R000439	F00R000759
Síla F1 [N]	110,5	97
Tolerance +/- [N]	3	2,7
Třída 1. [N]	107,5-108,5	94,3-95,3
Třída 2. [N]	108,6-109,8	95,4-96,4
Třída 3. [N]	109,9-111,1	96,5-97,5
Třída 4. [N]	111,2-112,4	97,6-98,6
Třída 5. [N]	112,5-113,5	98,7-99,7

Tab. 4.2.1.; Přehled tříd tlačných pružin PLV2-XX

Stejně jako u PLV1-XX i u PLV2-XX se hodnota kusů dobrých, díky tomuto opatření, při prvním testu pohybuje okolo 70%. Pokud není otvírací tlak v pořádku, vyměňuje se doraz ventilu stejně, jak bylo popsáno v kapitole 4.1. Pro snížení otvíracího tlaku doraz ventilu s větší hloubkou zahloubení pro pružinu a pro zvýšení tlaku s menší hloubkou zahloubení pro pružinu.

Stejně tak jako u PLV1-XX, tak i v případě PLV2-XX si můžeme rozdělit konstrukci z hlediska montáže na tři varianty:

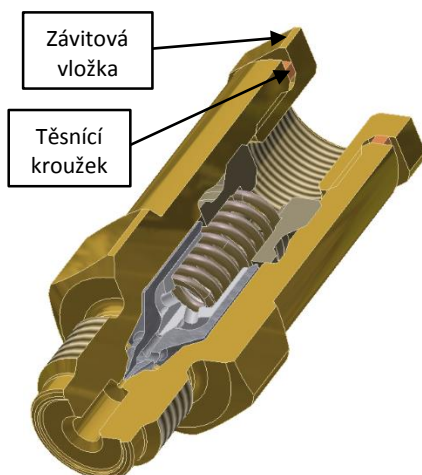
a) PLV2-XX bez dodatečného komponentu na pripojení pŕepadu



Obr. 4.2.3: PLV2-XX Varianta „2a“

Typová čísla PLV2-XX (Varianta "a")	<b>Poznámka:</b> Rozdíly mezi typovými čísly v podobě povrchové úpravy, různých typových čísel těles a pružin (viz Tab. 2.2.2) nemají na montážní proces významnější vliv a proto se jimi nebudeme zabývat a dále budeme z hlediska montáže považovat všechna typová čísla jako Variantu "2a".
F 00R 000 761	
1 110 010 008	
1 110 010 021	

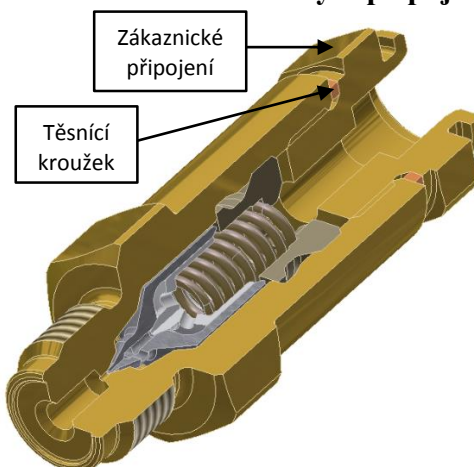
b) PLV2-XX se závitovou vložkou na pripojení pŕepadu



Obr. 4.2.4: PLV2-XX Varianta „2b“

Typová čísla PLV2-XX (Varianta "b")	<b>Poznámka:</b> Rozdíly mezi typovými čísly v podobě povrchové úpravy, různých typových čísel těles a pružin (viz Tab. 2.2.2) nemají na montážní proces významnější vliv a proto se jimi nebudeme zabývat a dále budeme z hlediska montáže považovat všechna typová čísla jako Variantu "2b".
1 110 010 007	
1 110 010 020	

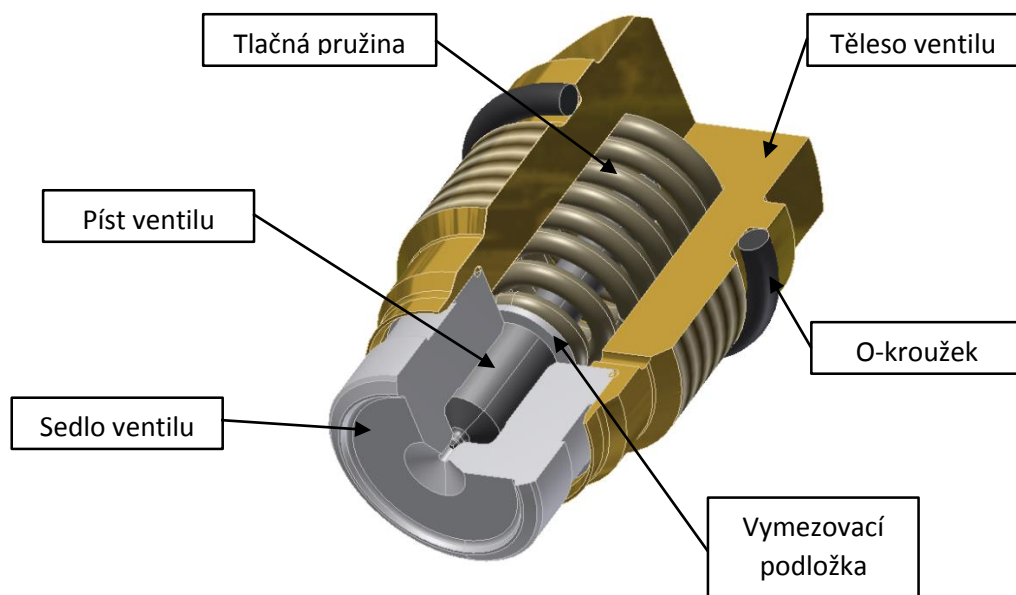
c) PLV2-XX se zákaznickým pripojením



Obr. 4.2.5: PLV2-XX Varianta „2c“

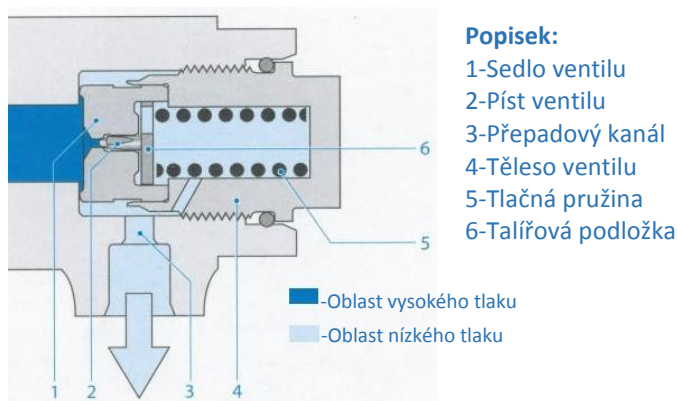
Typová čísla PLV2-XX (Varianta "c")	<b>Poznámka:</b> Rozdíly mezi typovými čísly v podobě povrchové úpravy, různých typových čísel těles a pružin (viz Tab. 2.2.2) nemají na montážní proces významnější vliv a proto se jimi nebudeme zabývat a dále budeme z hlediska montáže považovat všechna typová čísla jako Variantu "2c".
F 00R 000 775	
1 110 010 035	

### 4.3 Konstrukce PLV3-XX (z hlediska montáže a seřízení)



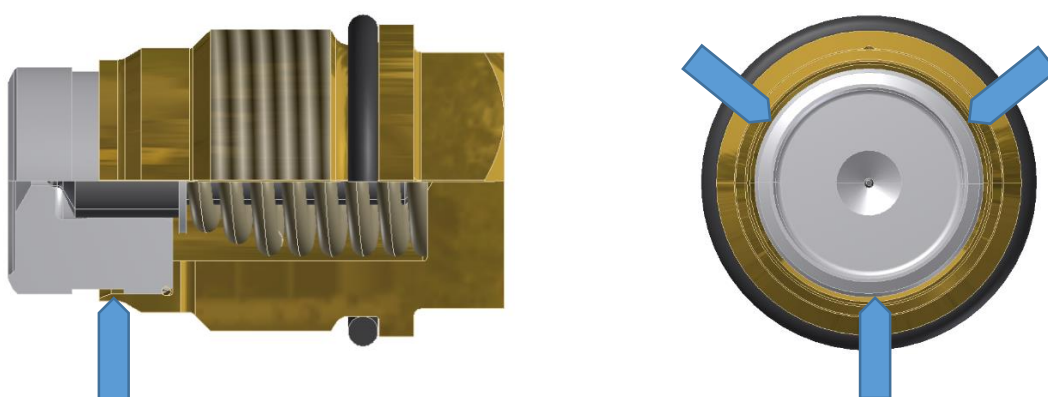
Obr. 4.3.1: Řez PLV3-XX

Stejně tak jako u všech PLV je i u PLV3-XX základní funkcí ochrana systému Common Rail proti přetlaku. PLV3-XX nemá, stejně tak jako PLV1-XX, dodatečnou funkci nouzové jízdy „limp home“. Jedná se tedy opět pouze o přetlakový ventil. Jak je z obrázku patrné, základní novinkou u PLV3-XX je, že se jedná o první generaci PLV, která je integrována do tlakového zásobníku „Rail“. Díky tomuto řešení není již nutné při montáži PLV řešit otázku napojení na přepad. V případě zašroubování do tlakového zásobníku „Rail“ dojde k utěsnění nízkotlakové oblasti pomocí O-kroužku a kapalina je, při otevření PLV, odváděna otvorem v tlakovém zásobníku do napojení pro přepad. Toto je schematicky zobrazeno na obrázku 4.3.2: *Integrované PLV do tlakového zásobníku „Rail“*.



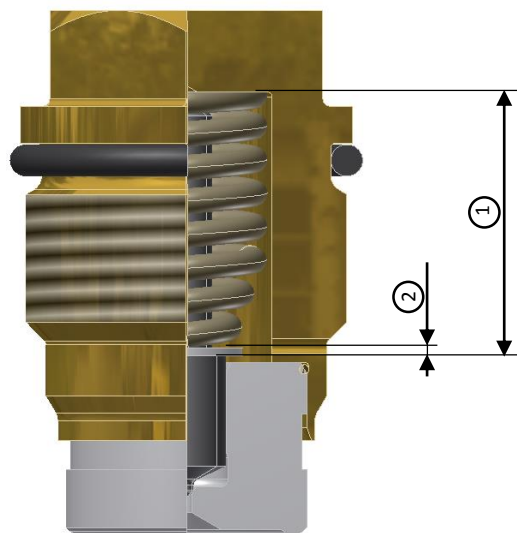
Obr. 4.3.2: Integrované PLV do tlakového zásobníku „Rail“

Další novinkou, která byla se zavedením PLV3-XX zavedena je změna zajištění komponentů po smontování. Do generace 2. byla tato funkce zajištěna pomocí šroubovaného dorazu ventilu, od generace 3. je funkce zajištění komponentů po smontování zajištěna pomocí tří temovacích bodů po obvodu PLV, které jsou rovnoměrně rozmístěny po 120°. Umístění těchto bodů je znázorněno na obrázku 4.3.3. Protože, po zatemování není již možné PLV opět demontovat, je tato funkce integrována do stanice pro funkční zkoušku PLV a k zatemování dojde pouze tehdy, pokud je PLV na funkčním testu vyhodnoceno jako dobré.



Obr. 4.3.3: Umístění temovacích bodů na integrovaném PLV

Z hlediska montáže a nastavení správného otevíracího tlaku je u PLV3-XX důležitý rozměrový řetězec mezi plochou pro vymezovací podložku na pístu ventilu a dosedací plochou pro tlačnou pružinu v tělese ventilu. Jako kompenzační člen pro správné nastavení stlačení tlačné pružiny je síla vymezovací podložky (*třída vymezovací podložky*). Rozměrový řetězec je na obrázku 4.3.4 označen číslem 1 a kompenzační člen číslem 2.



Obr. 4.3.4: Rozměrový řetězec a kompenzační člen PLV3-XX

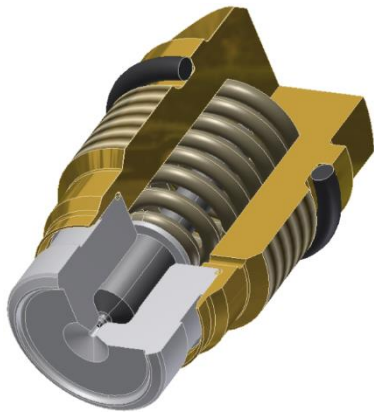
Stejně jako u předešlých generací je i u PLV3-XX dodávána tlačná pružina od dodavatele rozměřena do několika tříd, tak aby byla zvýšena pravděpodobnost, že první výsledek funkčního testu bude v pořádku. Díky tomuto opatření a zároveň zlepšení přesnosti výroby sedla ventilu je pravděpodobnost pozitivního prvního testu 90%. Přehled tříd pružiny je uveden v tabulce 4.3.1..

Typ. č. pružiny	F00R000738	F00R001165
Síla F1 [N]	98,1	111
Tolerance +/- [N]	2,7	3,5
Třída 1. [N]	95,4-96,4	107,5-108,8
Třída 2. [N]	96,5-97,5	108,9-110,2
Třída 3. [N]	97,6-98,6	110,3-111,7
Třída 4. [N]	98,7-99,8	111,8-113,1
Třída 5. [N]	99,9-100,8	113,2-114,5

Tab. 4.3.1.; Přehled tříd tlačných pružin PLV3-XX

U PLV3-XX je dělení konstrukce z hlediska montáž a funkční zkoušky velice jednoduché neboť existují pouze dvě varianty. Varianta s O-kroužkem a varianta bez O-kroužku. I přes tuto jednoduchost v rozdělení variant si tyto varianty graficky uvedeme, aby přehled byl úplný:

a) PLV3-XX s O-kroužkem



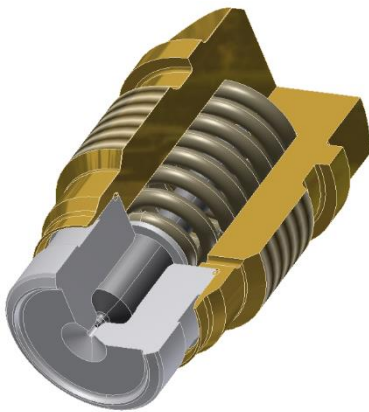
Obr. 4.3.5: PLV3-XX Varianta „3a“

Typové číslo PLV3-XX (Varianta "a")
F 00R 000 741
1 110 010 017
F 00R 001 166
1 110 010 018
1 110 010 019
1 110 010 045

**Poznámka:**

Rozdíly mezi typovými čísly v podobě povrchové úpravy, různých typových čísel těles a pružin (viz Tab. 2.2.3) nemají na montážní proces významnější vliv a proto se jimi nebudeme zabývat a dále budeme z hlediska montáže považovat všechna typová čísla jako Variantu "3a".

b) PLV3-XX bez O-kroužkem



Obr. 4.3.5: PLV3-XX Varianta „3b“

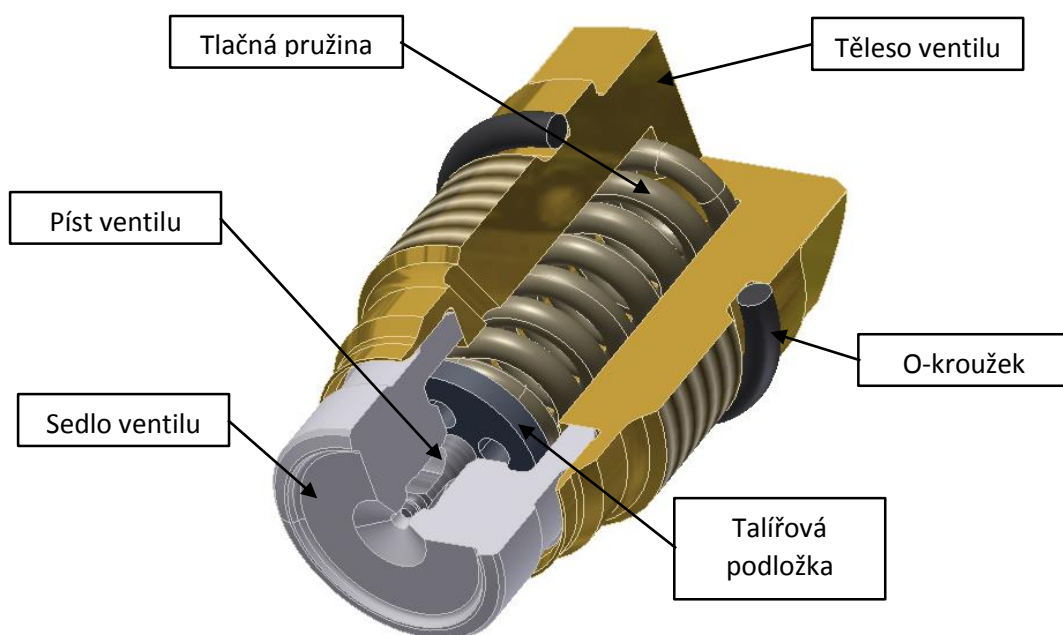
Typové číslo PLV3-XX (Varianta "b")
0 281 006 195

**Poznámka:**

Důvodem proč je toto PLV vyráběno bez O-kroužku je, že je dodáváno jako produkt do externího závodu mimo koncern BOSCH a O-kroužek si na základě dohody montuje zákazník. Dále budeme z hlediska montáže považovat toto typové číslo jako Variantu "3b".



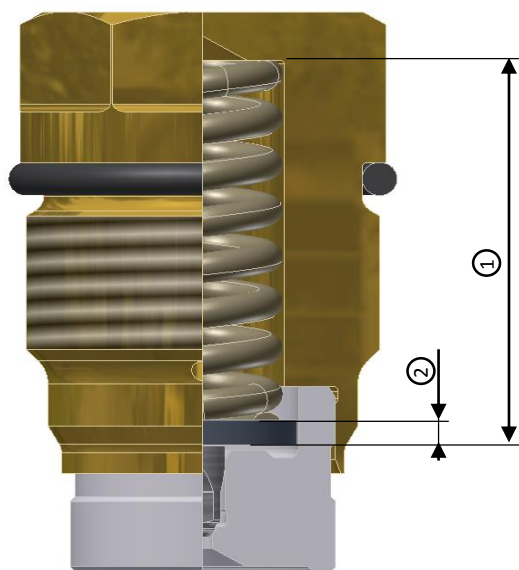
#### 4.4 Konstrukce PLV4-XX (z hlediska montáže a seřízení)



Obr. 4.4.1: Řez PLV4-XX

PLV4-XX je další vývojovou generací integrovaného PLV. Stejně jako u všech předcházejících generací je jeho primární funkce přetlakový ventil. Zároveň se u této generace vrací funkce nouzové jízdy „limp home“. Tato funkce je zajištěna ploškami na pístu ventilu, které v závislosti na zdvihu mění průřez mezi sedlem ventilu a pístem ventilu, tím se mechanicky reguluje tlak ve vysokotlakém zásobníku „Rail“. Stejně tak jako u předešlé generace PLV3-XX se komponenty po montáži zajišťují pomocí tří temovacích bodů a to až po dobrém výsledku funkčního testu. Umístění těchto bodů je stejné jako u PLV3-XX, které je vyobrazeno na obrázku 4.3.3 na straně 18.

U PLV4-XX jsou poprvé použity u každého typu dvě alternativy tělesa ventilu (viz tabulka 2.2.4 na straně 9). Tyto alternativy se mezi sebou liší pouze hloubkou pro tlačnou pružinu a tento rozdíl je 0,2 mm a slouží k tomu, aby při seřizování byly využívány všechny třídy talířových podložek. Je to jeden z dodatečných parametrů k rozměrovému řetězci ovlivňující nastavení otvíracího tlaku. Tento rozměrový řetězec je tvořen vrcholem površky na pístu ventilu a plochu pro pružinu v tělese ventilu. Tento řetězec je na obrázku 4.4.2 číslem 1 a kompenzační člen v podobě síly talířové podložky je na obrázku 4.4.2 označen číslem 2.



Obr. 4.4.2: Rozměrový řetězec a kompenzační člen

Také u PLV4-XX jsou, z důvodu zvýšení pravděpodobnosti dobrého výsledku po první funkční zkoušce, pružiny u dodavatele rozměřeny do tříd. Přičemž jedno balení může obsahovat pouze jednu třídu daného typu pružiny. U PLV4-XX je dobrý výsledek první zkoušky dosažen průměrně u 90% PLV.

Přehled tříd pružin pro PLV4-XX je uveden v tabulce 4.4.1:

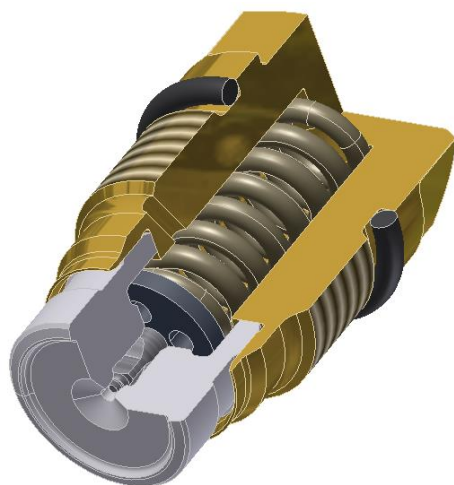
Typ. č. pružiny	1110010301	1110010302	1110010303	1110010304	1110010306
Síla F1 [N]	145	130	160	152	105
Tolerance +/- [N]	5	5	5	5	5
Třída 1. [N]	140-140,8	125-125,8	155-155,80	147-147,8	100-100,8
Třída 2. [N]	140,81-141,50	125,81-126,5	155,81-156,5	147,81-148,5	100,81-101,5
Třída 3. [N]	141,51-142,2	126,51-127,2	156,51-157,2	148,51-149,2	101,51-102,2
Třída 4. [N]	142,21-142,9	127,21-127,9	157,21-157,9	149,21-149,9	102,21-102,9
Třída 5. [N]	142,91-143,6	127,91-128,6	157,91-158,6	149,91-150,6	102,91-103,6
Třída 6. [N]	143,61-144,3	128,61-129,30	158,61-159,3	150,61-151,3	103,61-104,3
Třída 7. [N]	144,31-145	129,31-130	159,31-160	151,31-152	104,31-105
Třída 8. [N]	145,01-145,7	130,01-130,7	160,01-160,7	152,01-152,7	105,01-105,7
Třída 9. [N]	145,71-146,4	130,71-131,4	160,71-161,4	152,71-153,4	105,71-106,4
Třída 10. [N]	146,41-147,1	131,41-132,1	161,41-162,1	153,41-154,1	106,41-107,1
Třída 11. [N]	147,11-147,8	132,11-132,8	162,11-162,8	154,11-154,8	107,11-107,8
Třída 12. [N]	147,81-148,50	132,81-133,5	162,81-163,5	154,81-155,5	107,81-108,5
Třída 13. [N]	148,51-149,2	133,51-134,2	163,51-164,2	155,51-156,2	108,51-109,2
Třída 14. [N]	149,21-150	134,21-135	164,21-165	156,21-157	109,21-110

Tab. 4.4.1.; Přehled tříd tlačných pružin PLV4-XX

Stejně tak jako u PLV3-XX je u PLV4-XX dělení konstrukce s ohledem montážní proces velice jednoduché, neboť i u PLV4-XX jsou pouze dvě varianty. Varianta s O-kroužkem a varianta bez O-kroužku.

Pro úplnost přehledu si i u PLV4-XX tyto varianty zde uvedeme:

**a) PLV4-XX s O-kroužkem**



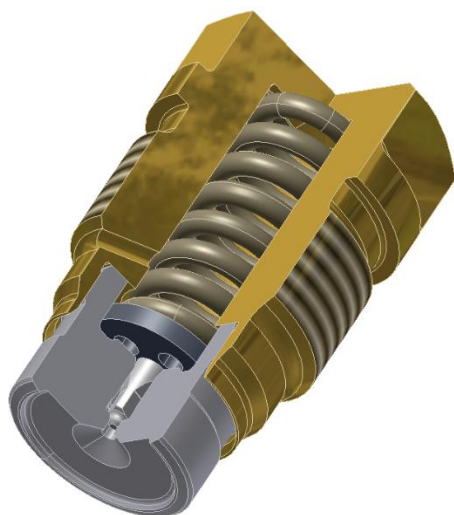
Typová čísla PLV4-XX (Varianta "a")
1 110 010 016
1 110 010 010
1 110 010 023
1 110 010 014
1 110 010 027
1 110 010 009
1 110 010 022
1 110 010 015
1 110 010 028
0 281 006 565
1 110 010 011
1 110 010 024
1 110 010 012
1 110 010 025
1 110 010 013
1 110 010 026
F 00N 010 071
0 281 006 389
1 110 010 042

**Poznámka:**

Rozdíly mezi typovými čísly v podobě povrchové úpravy, různých typových čísel těles a pružin (viz Tab. 2.2.4) nemají na montážní proces významnější vliv a proto se jimi nebudeme zabývat a dále budeme z hlediska montáže považovat všechna typová čísla jako Variantu "4a".

Obr. 4.4.3: PLV4-XX Varianta „4a“

**b) PLV4-XX bez O-kroužku**

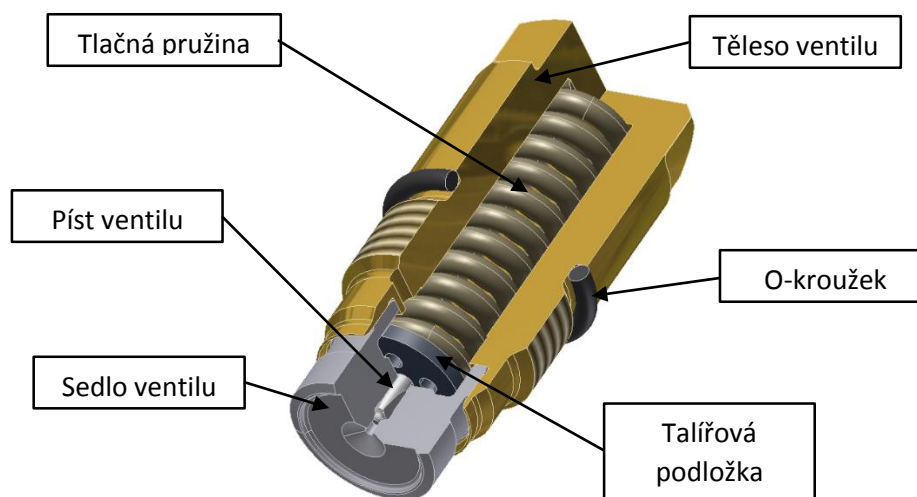


Typové číslo PLV4-XX (Varianta "a")
0 281 006 393

**Poznámka:**

Důvodem proč je toto PLV vyráběno bez O-kroužku je, že je dodáváno jako produkt do externího závodu mimo koncern BOSCH a O-kroužek si na základě dohody montuje zákazník. Dále budeme z hlediska montáže považovat toto typové číslo jako Variantu "4b".

#### 4.5 Konstrukce PLV5-XX (z hlediska montáže a seřízení)

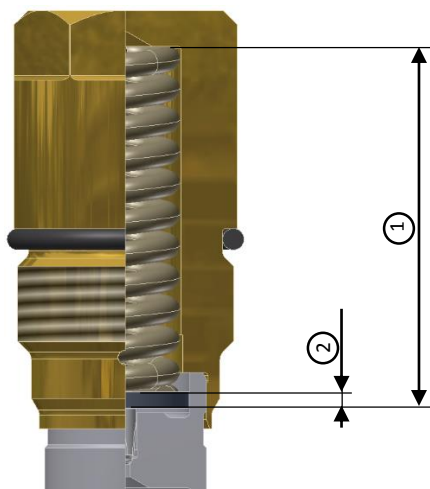


Obr. 4.5.1: Řez PLV5-XX

Zatím poslední generací PLV je generace číslo 5. Tato generace je označována jako PLV5-XX. Pátá generace se v německém závodě nevyráběla a její výroba bude zahájena až v závodě v Jihlavě.

Prvním z PLV páté generace je ventil s označením PLV5-22. Funkce tohoto ventilu jsou shodné s generací čtvrtou. To znamená přetlakový ventil s funkcí nouzové jízdy „limp home“. Stejně tak i způsob zajištění komponentů po montáži pomocí třech temovacích bodů stejný jako u předešlých generací (viz obrázek 4.3.3).

Také u PLV5-XX je rozhodující pro nastavení správného otvíracího tlaku rozměrový řetězec mezi vrcholem površky na pístu ventilu a plochou pro pružinu v tělese ventilu a kompenzační člen je síla talířové podložky. Na obrázku 4.5.2 je rozměrový řetězec označen číslem 2 a kompenzační člen číslem 1.



Obr. 4.5.2: Rozměrový řetězec a kompenzační člen PLV5-XX

Stejně tak jako u předešlých generací také u PLV5-XX je tlačná pružina dodávána od dodavatele ve třídách dle síly. Pravděpodobnost dobrého výsledku po prvním funkčním testu je u PLV5-XX v průměru 80%.

Přehled tříd pružin pro PLV4-XX je uveden v tabulce 4.5.1:

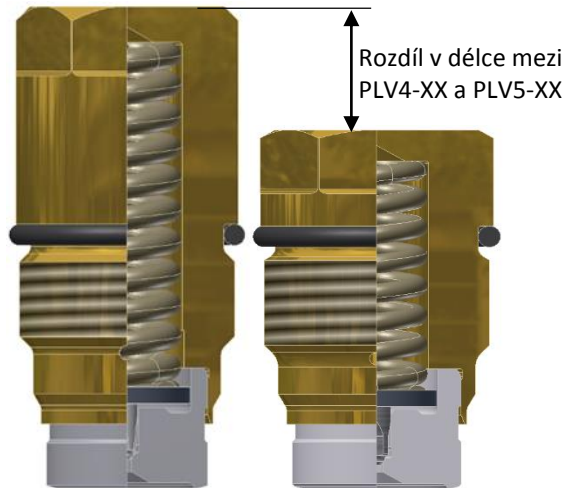
Typ. č. pružiny	F00N010019
Síla Fv [N]	264
Tolerance +/- [N]	5
Třída 1. [N]	259-260,42
Třída 2. [N]	260,43-261,85
Třída 3. [N]	261,86-263,28
Třída 4. [N]	263,29-264,71
Třída 5. [N]	264,72-266,14
Třída 6. [N]	266,15-267,57
Třída 7. [N]	267,58-269,00

Tab. 4.5.1.; Přehled tříd tlačných pružin PLV5-XX

Jak již bylo uvedeno, PLV5-XX není součástí projektu stěhování, přesto bude do konečného návrh montážního procesu zahrnut. V následující části si rozebereme podstatné konstrukční rozdíly mezi generací PLV5-22 a předešlou generací PLV4-XX.

#### a) PLV5-XX (podstatné konstrukční rozdíly oproti PLV4-XX)

Základním rozdílem proti PLV4-XX je otvírací tlak, který je v případě PLV5-22 definován na 2750 bar  $\pm$  200 bar (pro seřízení), přičemž nejvyšší dosavadní otvírací tlak u čtvrté generace byl 2150 bar  $\pm$  100 bar. Tento rozdíl je hlavním důvodem proč nebylo možné ventil PLV5-22 začít vyrábět na aktuálním zařízení v německém závodě, neboť zkušební stanice, které byly v německém závodě k dispozici, nejsou schopny dosahovat takto vysokých tlaků. Proto při plánování výroby PLV5-22 byla v rámci projektu tohoto typu zaplánována nová zkušební stanice, která tento tlak generovat umí. Zároveň bylo rozhodnuto o tom, že nová zkušební stanice musí být flexibilní. To znamená, že mimo PLV5 musí být schopna testovat také generace PLV3-XX a PLV4-XX. Toto bylo docíleno vyměnitelnými přípravky pro vkládání PLV do stanice, které kompenzují hlavní konstrukční rozdíl mezi generacemi čtyři a pět a tou je celková délka, jak je patrné z obrázku 4.5.3 na straně 25.



Obr. 4.5.3: Porovnání PLV5-XX a PLV4-XX

Jak je z obrázku 4.5.3 dobře patrné, mezi PLV5-XX a PLV4-XX není z hlediska montáže mimo již zmiňované celkové délky žádný podstatný rozdíl. I pokud se jedná o zajištění komponentů pomocí třech temovacích bodů (viz obrázek 4.3.3), tak je použito stejné. Také u PLV5-XX proběhne zatemování až po dobrém výsledku funkčního testu.

Tak že, pro budoucí stav procesu montáže není třeba vymýšlet žádné nové procesy a můžeme uvažovat se stejnými procesy jako na PLV4-XX. Jediná věc, kterou bude nutné zohlednit je, že v případě přeseřizování mezi typem PLV5-XX a ostatními typy PLV bude nutná vyměňovat také přípravky a tato doba musí být do času pro přeseřizování započtena.

Přesto, že v případě PLV5-XX se budeme zabývat pouze jedním typem a to PLV5-22 číslo F00N010001, tak pro zachování značení i zde si tento ventil označíme jako Variantu „5a“.

Tímto jsme uzavřeli přehled všech vyráběných typů PLV kterými se budeme v rámci optimalizace výrobního procesu dále zabývat. V následující kapitole bude analyzován stávající proces výroby PLV v německém závodě z hlediska rozmístění strojů a materiálového toku a uváděny potenciály a možná zlepšení.

## 5. ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU MONTÁŽE PLV

### 5.1. Popis způsobu analyzování

Jak již bylo uvedeno, v následující kapitole se budu zabývat analýzou stávajícího stavu montáže. Tato analýza se bude soustředit na rozmístění strojů a pracovišť „Layout“. Na materiálový tok výrobou a na pohyby personálu a řízení výroby.

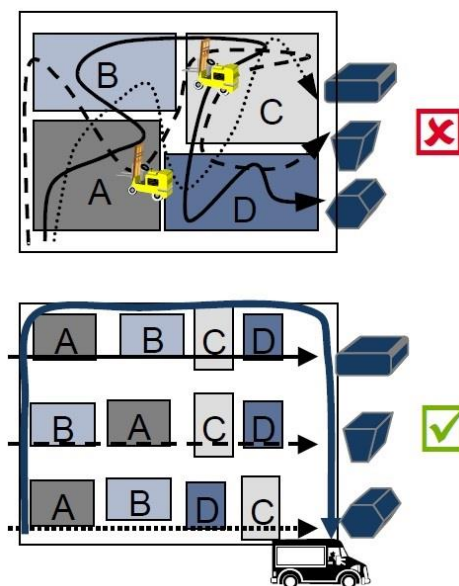
Hlavním body analýzy jsou následující body:

#### a) Tokově orientované rozmístění strojů a pracovišť „FOL“

V implementační směrnici pro BPS „Bosch Produkt System“ jsou pro tokově orientovanou výrobu stanoveny tyto základní vlastnosti:

- Tokově orientované uspořádání strojů a pracovišť je základním prvkem plánování dílny či továrny
- Jednotlivé stroje a pracoviště jsou uspořádány v úzké konfiguraci a ve výrobním toku, tak aby se minimalizovaly nutné transporty a maximalizovala transparentnost procesu.
- Tokově orientovaný Layout je podmínkou pro materiálový tok s minimálními dobami zpracování a minimálními zásobami materiálu.
- Fyzická logistika je synchronizována a standardizována k rytmu výroby.

Příklad dobrého a špatného řešení Layoutu z hlediska orientace je na obrázku 5.1.1.



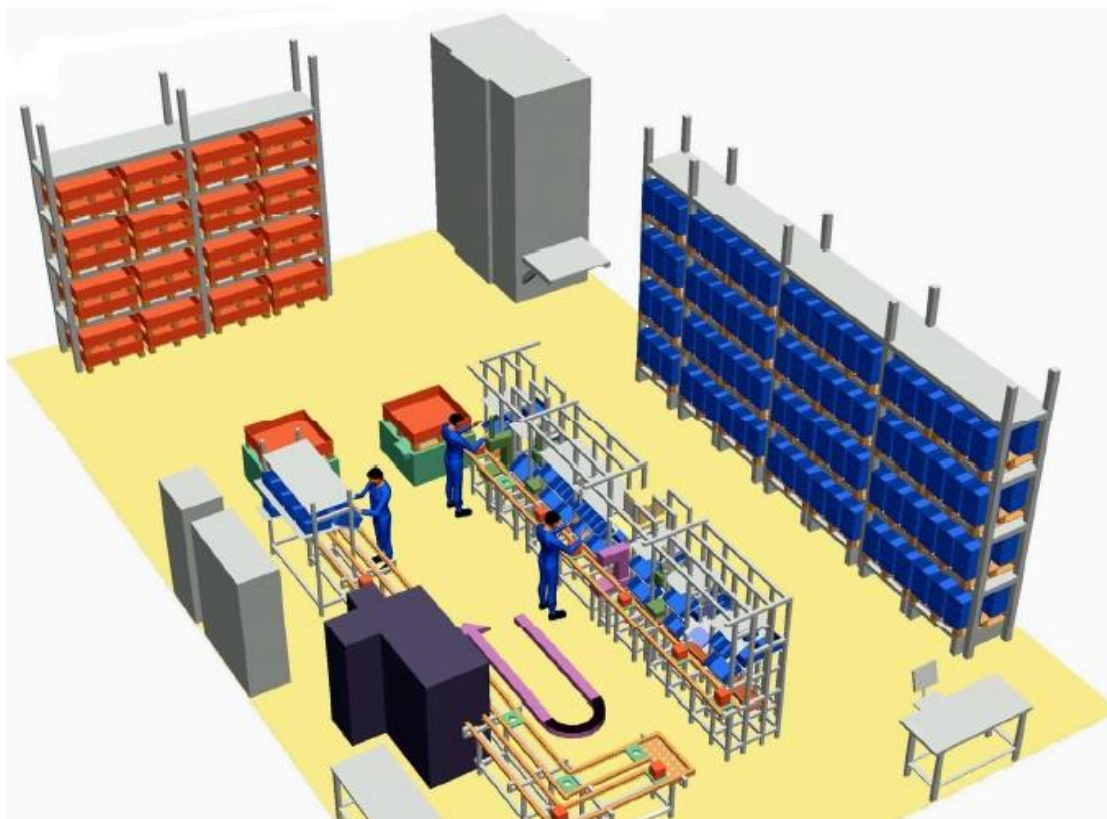
Obr. 5.1.1: Příklad špatného a dobrého řešení tokově orientovaného Layoutu; Zdroj[2]

## b) Štíhle výrobní procesy

Výrobní pracoviště a linky jsou uspořádány tak, aby byly po směru hlavního toku materiálu a podporovali zásobování bez ztrát.

- Plánování výstupu materiálu k cestám kde probíhá fyzická logistiky
- Je nutné vzít v úvahu i zpětné odebírání prázdných obalů od komponentů
- Pokud to situace umožňuje, naplánovat zakládání komponentů z venku, mimo oblast práce montážního dělníka. Nepřerušování práce v momentě doplňování materiálu.

Příklad štíhlého procesu je uveden na obrázku 5.1.2.



Obr. 5.1.2: Příklad štíhlého výrobního procesu; Zdroj[2]

## c) Minimalizace rozpracovaná výroby

V neposlední řadě je nutné se zaměřit na minimalizování výrobků v rozpracovaném stavu. Rozpracovaná výroba blokuje kapitál a působí ekonomické ztráty. Zároveň v případě, že bude zjištěn např. výstupní kontrolou nedostatek, je velké riziko, že již rozpracovaná výroba, je také postižena a tím byly náklady na výrobu vynaloženy zbytečně.

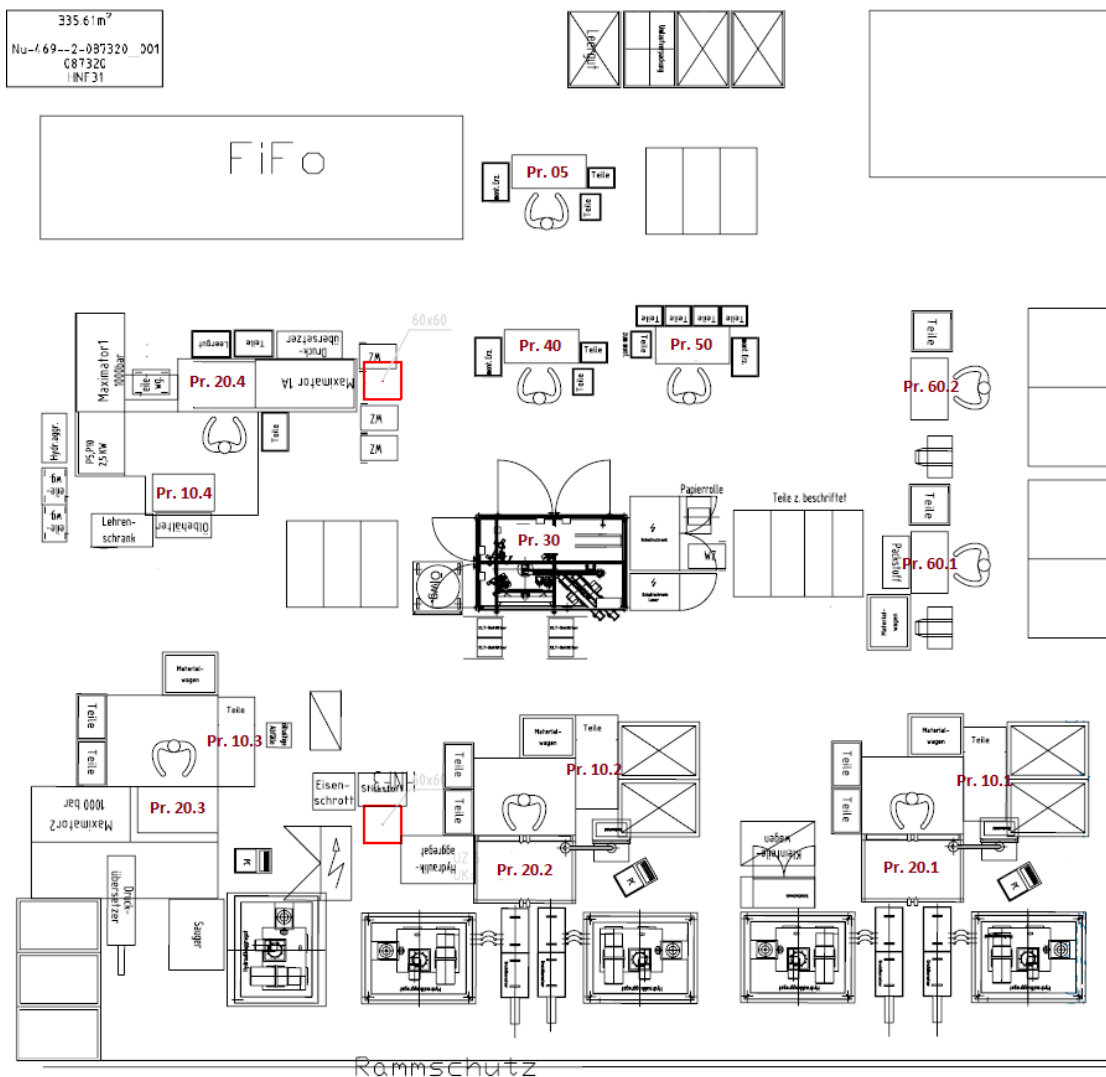


Zároveň je zde potřeba ploch pro skladování rozpracované výroby, což také působí ztrátu v podobě plochy, která není využívána na tvorbu přidané hodnoty a je blokována rozpracovanou výrobou.

## 5.2. Analýza stávajícího stavu výroby

### a) Rozmístění pracovišť a strojů ve výrobě, VSM

Na obrázku 5.2.1 je zobrazen aktuální Layout výroby PLV v německém závodě s označením jednotlivých pracovišť a strojů.



Obr. 5.2.1: Rozmístění pracovišť „Layout“ Německo

V následujících přehledových tabulkách jsou uvedeny průběhy výroby pro jednotlivé varianty PLV tak jak byly uvedeny v kapitole 4.

<b>Montáž PLV1-XX</b>			
<b>Varianta</b>	<b>Pracoviště</b>	<b>Popis činnosti</b>	<b>Čas taktu/ks [sec.]</b>
1a	Pr. 10.4	Ruční montáž komponentů a šroubování dorazu ventilu pomocí pneumatického šroubováku. Dodatečná činnost seřízení otvácího tlaku pomocí výměny třídy dorazu ventilu v 30% (oprava není součástí času cyklu)	22,9
1b			
1c			
1a	Pr. 20.4	Funkční automatická funkční zkouška PLV1	22,8
1b			
1c			
1a	Pr. 30	Laserový popis a kontrola popisu kamerou	5,7
1b			
1c			
1b	Pr. 40	Montáž Helicoll vložky u varianty 1b.	26,1
1c		Montáž zákaznického připojení u varianty 1c	19,1
1a	Pr. 60.1 Pr. 60.2	Vizuální kontrola a balení	15,6
1b			
1c			

Tab. 5.2.1.; Přehled operací a pracovišť PLV1-XX

<b>Montáž PLV2-XX</b>			
<b>Varianta</b>	<b>Pracoviště</b>	<b>Popis činnosti</b>	<b>Čas taktu/ks [sec.]</b>
2a	Pr. 10.4	Ruční montáž komponentů a šroubování dorazu ventilu pomocí pneumatického šroubováku. Dodatečná činnost seřízení otvácího tlaku pomocí výměny třídy dorazu ventilu v 30% (oprava není součástí času taktu)	22,9
2b			
2c			
2a	Pr. 20.4	Funkční automatická funkční zkouška PLV2	22,8
2b			
2c			
2a	Pr. 30	Laserový popis a kontrola popisu kamerou	5,7
2b			
2c			
2b	Pr. 40	Montáž závitové vložky u varianty 2b	19,1
2c		Montáž zákaznického připojení u varianty 2c	19,1
2b	Pr. 50	Zkouška těsnosti závitové vložky u varianty 2b a nebo zákaznického připojení u varianty 2c. Provádí se pouze u typu 1110010020 a 1110010035.	9,1
2c			
2a	Pr. 60.1 Pr. 60.2	Vizuální kontrola a balení	15,6
2b			
2c			

Tab. 5.2.2.; Přehled operací a pracovišť PLV2-XX

<b>Montáž PLV3-XX</b>			
<b>Varianta</b>	<b>Pracoviště</b>	<b>Popis činnosti</b>	<b>Čas taktu/ks [sec.]</b>
<b>3a</b>	Pr. 10.1 Pr. 10.2 Pr. 10.3	Ruční montáž komponentů. Dodatečná činnost seřízení otvácího tlaku pomocí výměny třídy dorazu ventilu v 10% (oprava není součástí času taktu)	13,9
<b>3b</b>			
<b>3a</b>	Pr. 20.1 Pr. 20.2 (2 ks současně) Pr. 20.3 (2 ks současně)	Funkční automatická funkční zkouška PLV3 Montáž O-kroužku	25,6
<b>3b</b>		Funkční automatická funkční zkouška PLV3	28,6
<b>3a</b>	Pr. 30	Laserový popis a kontrola popisu kamerou, Kontrola přítomnosti O-kroužku	5,7
<b>3b</b>		Laserový popis a kontrola popisu kamerou, Kontrola nepřítomnosti O-kroužku	
<b>3a</b>	Pr. 60.1 Pr. 60.2	Vizuální kontrola a balení	6,8
<b>3b</b>			

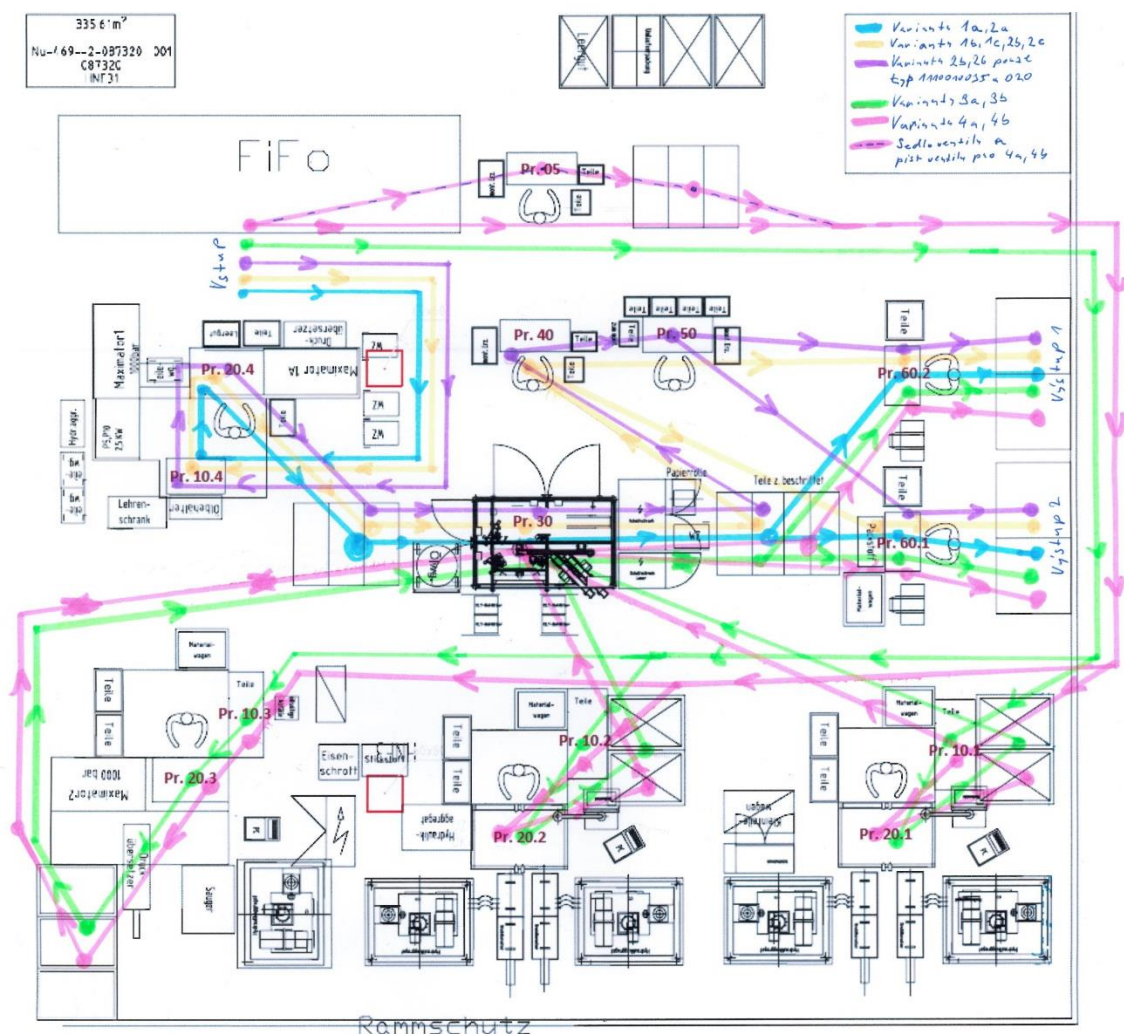
Tab. 5.2.3.; Přehled operací a pracovišť PLV3-XX

<b>Montáž PLV4-XX</b>			
<b>Varianta</b>	<b>Pracoviště</b>	<b>Popis činnosti</b>	<b>Čas taktu/ks [sec.]</b>
<b>3a</b>	Pr. 05	Ruční montáž pistu ventilu do sedla ventilu	1,5
<b>3b</b>			
<b>3a</b>	Pr. 10.1 Pr. 10.2 Pr. 10.3	Ruční montáž komponentů. Dodatečná činnost seřízení otvácího tlaku pomocí výměny třídy dorazu ventilu v 10% (oprava není součástí času taktu)	13,9
<b>3b</b>			
<b>3a</b>	Pr. 20.1 Pr. 20.2 (2 ks současně) Pr. 20.3 (2 ks současně)	Funkční automatická funkční zkouška PLV4 Montáž O-kroužku	30,3
<b>3b</b>		Funkční automatická funkční zkouška PLV4 Montáž O-kroužku	33,3
<b>3a</b>	Pr. 30	Laserový popis a kontrola popisu kamerou, Kontrola přítomnosti O-kroužku	5,7
<b>3b</b>		Laserový popis a kontrola popisu kamerou, Kontrola nepřítomnosti O-kroužku	
<b>3a</b>	Pr. 60.1 Pr. 60.2	Vizuální kontrola a balení	9,2
<b>3b</b>			

Tab. 5.2.4.; Přehled operací a pracovišť PLV4-XX

Časy taktů jednotlivých pracovišť jsou stanoveny na základě naměřených hodnot pomocí časového snímku a jedná se tedy o průměrné hodnoty z třiceti po sobě jdoucích měření.

Na následující straně jsou v Layoutu vyznačeny pohyby materiálu pro jednotlivé varianty. Z tohoto trasování je možné vyhodnotit tok materiálu výrobou a následně vyhodnotit je-li materiálový tok optimální.



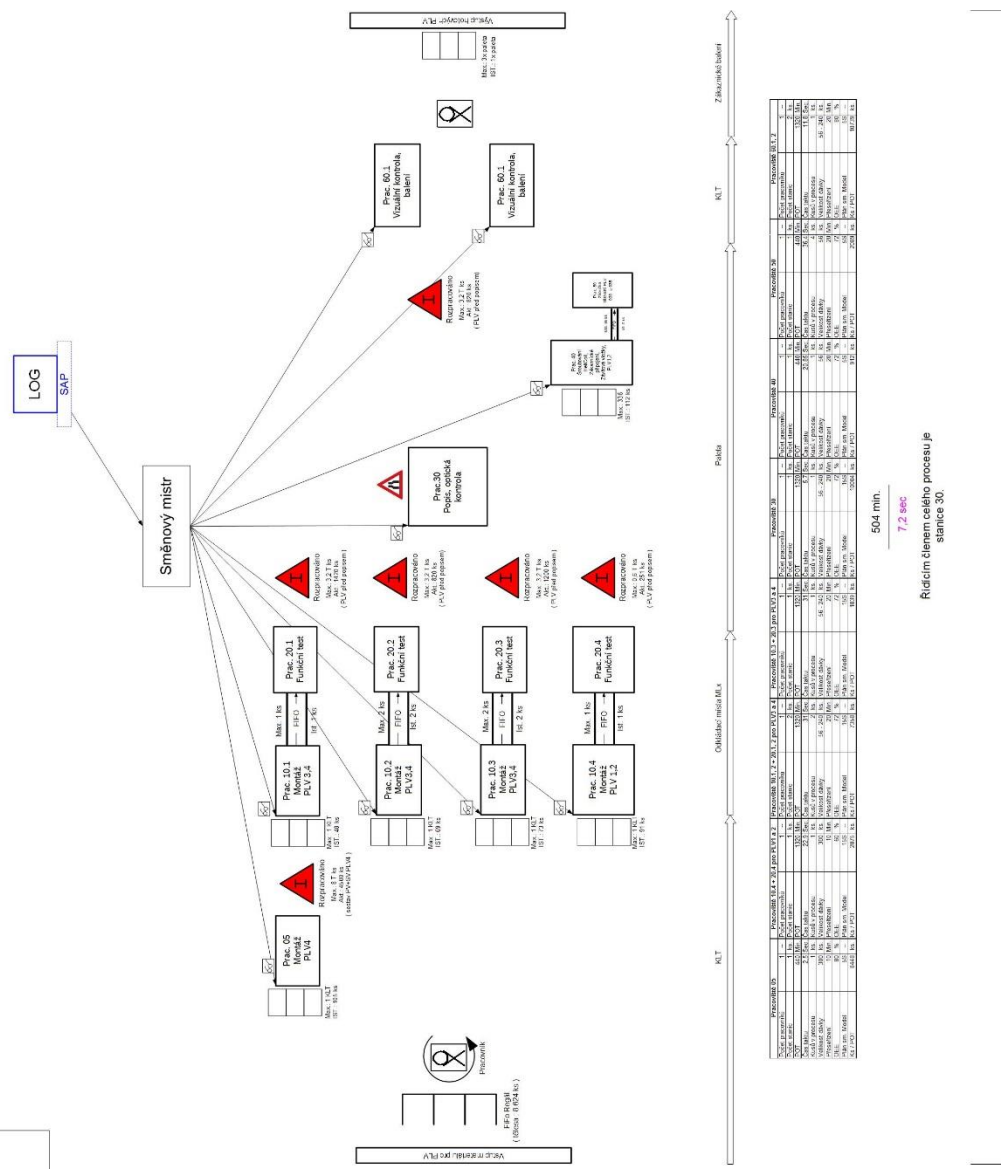
Obr. 5.2.2: Trasování Layoutu Německo

Z výše uvedeného obrázku je patrné, že trasování materiálu není navrženo optimálním způsobem. A to především z následujících důvodů:

- ⇒ Materiálové dráhy se kříží
- ⇒ Množství skladovacích míst s rozpracovanou výrobou
- ⇒ Veškerý materiál se setkává na pracovišti číslo 30, což je nebezpečné z důvodu možného ochromení celé výroby v případě poruch této stanice.

Na následující straně je výrobní proces znázorněn pomocí nástroje VSM, tento obraz umožní analyzovat proces z pohledu rozpracované výroby a z pohledu výrobků v procesu. Viz obrázek 5.2.3:

Název oblasti:  
NuP1 – Německo  
Montáž PLV  
VSM 01 / 2014






































Obr. 5.2.3: VSM výroby v Německu

Jako odpojení procesu jsem použil FiFo regál pro vstup komponentů a odesílací plocha pro hotová PLV. Procesy logistiky a cest od dodavatelů komponent a cest k zákazníkům nejsou v analýze zahrnuty.

Pro pochopení je na straně 34 na obrázku 5.2.4 uveden krátký přehled používaných symbolů a jejich vysvětlení.

## Symboly používané při VSD a VSM

 <p><b>Plánování zakázek a dodávek</b> obvykle LOG. (Computersystem se zadá ve spodní části symbolu).</p> <p><b>Cesta Kanbanu</b> Zukazuje cestu kanbanové karty. Používá se společně se symbolem kanbanové karty.</p>  <p><b>Výrobní Kanban</b> Kanban-Karta, která Procezu dovoluje vyrábět definované množství daného definovaného dílce (SNR).</p>  <p><b>Transportní Kanban</b> Kanbanová Karta, jež dovoluje zásobovací (např. Milkrunu) odběr definovaného množství daného dílce (SNR) z určeného odběrového místa (např. Supermarketu) a jeho transport k místu spotřeby.</p>  <p><b>FIFO ztluk vytvořených dávek</b> Tímto se udává pořadí výroby při řízení spotřebou. Vyrábět pouze, když je dosaženo definované množství (dávka)</p>  <p><b>Úzké místo</b> Symbol pro označení <b>úzkého</b> místa v hodnotovém toku.</p>  <p><b>Elektronický Informační tok</b> Informace ve formě elekt. signálu (např. DFÜ, e-mail, SAP atd.) Uvést pravidelný aktualizací cyklus (např. výhled, četnost přepracování, frozen zone, atd.)</p>  <p><b>Manuální informační tok</b> Informace ve formě listin (např. výrobní plán, výřisek z počítače atd.) Uvést obrat zásob(předběžný a fixní přehled) uvést pravidelný aktualizací cyklus v textové formě info obdelniku (např. výhled, četnost aktualizace, frozen zone, atd.)</p>	 <p><b>Nivelizační tabule</b> Rozdělení plánovaného výrobní množství pro určité období do malých dávek podle pravidelného, opakujícího se vzoru, který je určen pro definovanou Periodu (např. 1x měsíc).</p>  <p><b>„Go See“- řízení</b> Pracovníci jdou často a nepravidelně na místo, aby neplánované změnil na základě aktuálních zásob vývoj výroby a aby se informovali o stavu výroby.</p>  <p><b>Kanbanová sběrná schránka</b> Definované místo ke krátkodobému sběru uvolněných kanban karet. Uvolněné Kanban karty se sbírají a milkrun je transportuje při následujícím cyklu na definované místo.</p>  <p><b>Zásoba</b> Zásoba dílců (také sklad, regálový sklad atd.) nebo zásoba mezi procesy. Max. množství v ks udává standard pro zásobu. V případě že není standard udává se aktuální stav – zásoba je nedefinovaná</p>  <p><b>Blokovaná zásoba</b> Zásoba dílců, které nejsou uvolněné pro další proces (Kvalita, zkoušky atd...) Nutno zapsat počet ks a jak dlouho bude blokáce trvat.</p>  <p><b>Pojistná zásoba</b> Zásoba dílců k zajištění výroby ve výjimečných situacích. Nutný údaj v ks a do kdy bude zásoba spotřebována.</p>  <p><b>Vychystávací plocha</b> Tato plocha je určena pro materiál EZ, který je připraven k transportu mimo závod. Jedna Transportní jednotka (např. 1 LKW-Nakládká)</p>  <p><b>Vychystávací plocha - interní</b> Tato plocha je definovaná množstvím a dobou spotřeby (např. pro materiál k interní přepravě nebo k dalšímu zpracování). Používá se v řízení výroby plánem.</p>	 <p><b>Vysokozdvížený vozík</b> Vysokozdvížený vozík jako symbol pro transport.</p>  <p><b>Loď</b> Loď jako symbol pro transport. Doprava-frekvence, množství, vzdálenost a další data udávat v datovém poli.</p>  <p><b>Vlak</b> Vlak jako symbol pro transport. Používá se v kombinaci se šipkou. Doprava-frekvence, množství, vzdálenost a další data udávat v datovém poli.</p>  <p><b>Nákladní auto</b> Nákladní auto jako symbol pro Transport Používá se v kombinaci se šipkou. Dodavatel k RB; RB k dodavateli nebo RB k zákazníkovi. Doprava-frekvence a další data zachovat v datovém poli.</p>  <p><b>Letadlo</b> Letadlo jako symbol pro transport Doprava-frekvence, množství, vzdálenost a další data udávat v datovém poli.</p>  <p><b>Manipulant s vozikem</b> Pracovník, který transportuje materiál pomocí vozíku. Pracovník bez pevných tras a pevného jízdního řádu.</p>  <p><b>Zásobovač (Point of use Provider)</b> Pracovník má pevné trasy, ale bez jízdního řádu.</p>  <p><b>Interní Milkrun</b> Cyklické zásobování materiálem. Tento milkrun má <b>pravidelný</b> jízdní řád a pevné dané trasy.</p>  <p><b>Externí Milkrun-mezi závody</b> Cyklické zásobování materiálem. Tento milkrun pravidelný jízdní řád a pevné dané trasy.</p>																																				
 <p><b>Cross-Dock – vychystávací plocha</b> Materiál se zde neskládá, ale po dodávce je přidělen na vychystávací plochu (shipping lane). Plocha pro synchronizaci rozdílné frekvencovaných zásobovacích cyklů (např. dodavatel dodává 1x denně do Cross-Docku; Cross Dock dodává 4x denně). Zásoba max. 1 pracovní den</p>  <p><b>Čas přidávané hodnoty</b> Udává čas přidávané hodnoty jednoho procesu. Je umístěn přímo pod symbolem datového pole procesu.</p>  <p><b>Čas který nepřidává hodnotu</b> Udává čas procesního kroku, který nepřidává hodnotu. Je umístěn pod symbolem zásob.</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>SNR</td><td>1</td></tr> <tr><td>SNR</td><td>2</td></tr> <tr><td>SNR</td><td>3</td></tr> <tr><td>SNR</td><td>4</td></tr> </table> <p><b>Datové pole Material B</b> Udává se k symbolu „zásobovač“ (Point of use Provider).</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Pracovník</td><td>1</td></tr> <tr><td>SNR</td><td>2</td></tr> </table> <p><b>Datové pole Material C</b> Udává se k symbolu „manipulant s vozikem“.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>TY</td><td>1</td></tr> <tr><td>ST</td><td>2</td></tr> <tr><td>OSZ</td><td>3</td></tr> <tr><td>POZEMNÁ Z</td><td>4</td></tr> <tr><td>POZEMNÁ A</td><td>5</td></tr> </table> <p><b>Datové pole procesu</b> Udávati typické ukazatele dle Global Standardu VSP. Vždy označení hodnota a jednotka (např. OEE 95%) Uspořádat pod příslušnými procesy.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Zásoba</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td></tr> </table> <p><b>Kompaktní datové pole</b> Toto pole je pro zásobu</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Co 1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td></tr> </table> <p><b>Datové pole Materiál D</b> Udává se k symbolu vychystávací plocha.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Proces</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td></tr> </table> <p><b>Procesz-Kasten</b> Používá se pro výrobní procesy (nebo pro několik sloučených jednotlivých kroků, např. „montáž“) Připojte k datovému poli „Proces“ a vyplňte dle Global Standard VSP.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Value</td><td>1</td></tr> </table> <p><b>Informační pole</b> Všeobecná data. Použití pro popsání úkolů, např. Informační tok, transport atd.</p>  <p><b>Push materiálový tok</b> Materiál, který bude vyráběn a dopravován, předtím než materiál následující proces požaduje. Pravidlo u řízení prostřednictvím plánování výroby. Použití symbolu pouze interně.</p>	SNR	1	SNR	2	SNR	3	SNR	4	Pracovník	1	SNR	2	TY	1	ST	2	OSZ	3	POZEMNÁ Z	4	POZEMNÁ A	5	Zásoba	1	1	2	Co 1	1	1	2	Proces	1	1	2	Value	1	 <p><b>FIFO - (First in – First out) dráha</b> Zařízení k omezení zásob a zabezpečení FIFO-materiálového toku mezi dvěma procesy. Nutné uvést max. počet kusů. Po dosažení max.počtu kusů se zastaví předchozí proces!</p>  <p><b>Externí proces</b> Zákazník, dodavatel a externí proces</p>  <p><b>Transport</b> Transport „Dodavatel =&gt; RB“, „RB=&gt; externí Proces“ nebo „RB =&gt; Zákazník“</p>  <p><b>CIP-Blesk</b> Vyzdvihuje v hodnotovém toku Potenciál ke zlepšení. Body se přenesou do OPL a použije se systematicka PDCA.</p>  <p><b>Odběr</b> Pull odběr materiálu, převážně ze supermarketu (zákazník odebírá „definované“) Symbol „odběr“ může být kombinován se symbolem „Milkrun“.</p>  <p><b>Supermarket</b> Definovaná zásoba dílců, která slouží danému procesu k řízení výroby. Symbol uspořádání: Otevřená strana symbolu je k dodavateli.</p>  <p><b>Tvorba dávek</b> Tvorba dávků je tvořená skrze box pro tvorbu dávků. Box pro tvorbu dávků má definovaný počet výrobních kanbanů. Pokud bude počet dosažen, přenesou se box na <u>fifo</u> skluz.</p>
SNR	1																																					
SNR	2																																					
SNR	3																																					
SNR	4																																					
Pracovník	1																																					
SNR	2																																					
TY	1																																					
ST	2																																					
OSZ	3																																					
POZEMNÁ Z	4																																					
POZEMNÁ A	5																																					
Zásoba	1																																					
1	2																																					
Co 1	1																																					
1	2																																					
Proces	1																																					
1	2																																					
Value	1																																					

Obr. 5.2.4: VSD a VSM Symboly; Zdroj [3]

### b) Shrnutí analyzy procesu výroby PLV

Jak je patrné z provedené analyzy, rozmístění pracovišť není postaveno dle orientovaného toku výroby. Dráhy materiálu se kříží. Zároveň je na místě upozornit na kvalitativní riziko v podobě PLV bez laserového popisu mezi pracovišti 20-X a pracovištěm 30. Neboť, po montáži jsou PLV, u kterých je použito stejných těles a která se liší pouze tlačnou pružinou, od sebe pouhým

okem neodlišitelné a v případě záměny popisu přepravního KLT je zde riziko záměny a tím může dojít k zákaznické reklamaci.

Dalším parametrem analýzy byl počet kusů v procesu výroby (rozpracovaná výroba) dle zjištění z VSM (*Value Stream Mapping*) je v procesu výroby a rozpracováno v jeden okamžik cca 5000 kusů PLV. Tato rozpracovanost jednak zvyšuje náklady na skladování a plochy pro skladování. Zároveň v případě nalezení výrobní vady je zde riziko zvýšeného počtu zmetků, které nebyly včas odhaleny.

Další riziko plynoucí z výsledků analýzy je riziko ochromení celé výroby z důvodu poruchy pracoviště číslo 30. Tato stanice není v procesu nijak nahraditelná a v případě poruchy je ohrožena celá výroba a tím i dodávky k zákazníkům.

### c) Výpočet počtu pracovníků a produktivity na jednoho pracovníka

Počet pracovníků na jednotlivých pracovištích přepočítaný na počet kusů řídicího členu, v našem případě pracoviště 30 (počet kusů za POT: 10004 ks).

#### - Pracoviště 05:

Pracoviště je v provozu pouze jednu směnu za den (POT) a počet kusů odpovídá potřebám montáže PLV4. Pro výpočet použijeme potřebu

**1 pracovník / 3 směny = 0,33 pracovníka / hodinu**

#### - Pracoviště 10.XX + 20.XX (všechny dohromady):

$2075/22 + 7358/22 + 7358/22 + 1839/22 =$

$=94,32 + 334,45 + 334,45 + 83,59 = 846,81$  kus za hodinu

$(10004/22) / 846,81 = 0,537 \Rightarrow 4 \times 0,537 = \mathbf{2,148}$  pracovníka / hodinu

#### - Pracoviště 30:

Řídící člen  $\Rightarrow$  **1 pracovník na hodinu**

#### - Pracoviště 040 a 050:

Pracoviště jsou v provozu pouze jednu směnu za den (POT) a počet kusů odpovídá potřebám montáže PLV4. Pro výpočet použijeme potřebu

**2 pracovník / 3 směny  $\Rightarrow$  0,66 pracovníka na hodinu**

- **Pracoviště 60.XX (všechny dohromady):**  
 $10004 / 10739 = 0,932$   
 $2 \text{ pracovníků} \times 0,932 = \mathbf{1,86 \text{ pracovníků na hodinu}}$
  
- **Neproduktivní pracovníci:**  
 Seřizovač na každé směně => **1 pracovník na hodinu**  
 Směnový mistr => **1 pracovník na hodinu**
  
- **Pracovníci celkem a produktivita (teoretická):**  
 $0,33 + 2,148 + 1 + 0,66 + 1,86 + 1 + 1 = 7,998 \Rightarrow \mathbf{8 \text{ pracovníků na hodinu}}$   
 $(10004 / 22) / 8 = \mathbf{56,84 \text{ ks/ Pracovník hodinu}}$
  
- **Pracovníci a produktivita (skutečnost dle aktuálního stavu)**  
**Dle aktuálního stavu je na směně přítomno 9 pracovníků to znamená, že plánování personálu není prováděno efektivně a tím je skutečná produktivita pouze 50,52 kusů / pracovník hodinu.**

Z hlediska plánování personálu je situace velice nepřehledná neboť pro efektivní využití pracovního času by bylo nutné pro každého pracovníka a každý den plánovat speciální plán a to je z hlediska efektivity velice nepřehledné.

V další kapitole bude uveden návrh na optimalizaci tohoto stavu.



## 6. OPTIMALIZACE MONTÁŽNÍHO PROCESU PLV

### 6.1 Základní myšlenka optimalizace

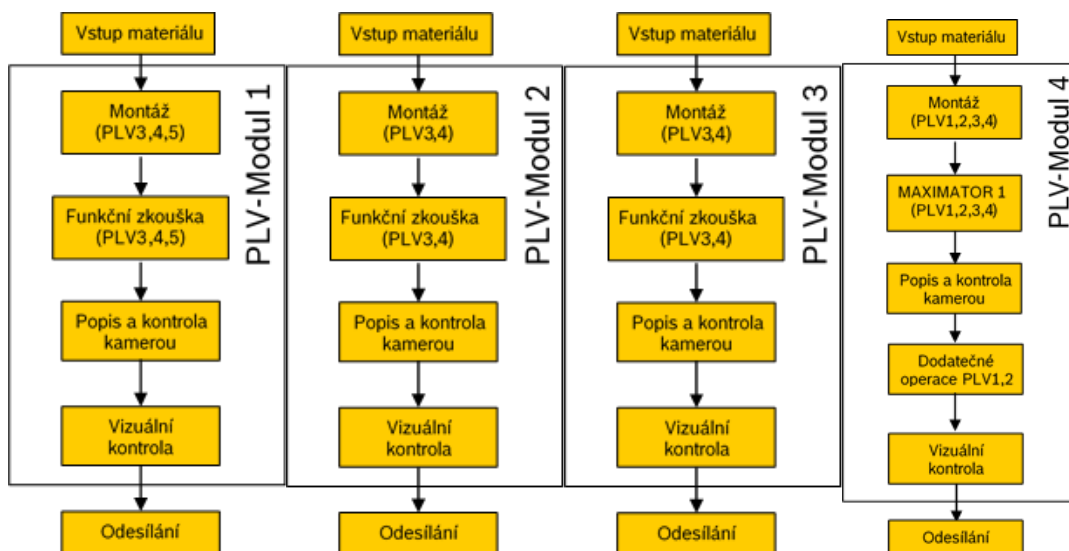
Základní myšlenka optimalizace vychází s procesem LLD (Lean Line Design) „Štíhlá výrobní linka“. Základní myšlenkou je minimalizace kusů v procesu a výrobní flexibilita.

Návrh řešení je, aktuální montážní linku rozdělit do výrobních modulů, které budou na sobě výrobně nezávislé. Tímto řešením odstraníme problém s možným ochromením výroby z důvodu poruch stanice 30, neboť každý výrobní modul bude opatřen vlastní popisovací stanicí s integrovanou kontrolou popisu pomocí kamery.

Uvažovaný návrh je v nákresu vyobrazen na obrázku 6.1.1. Do návrhu byla zahrnuta i nová funkční stanice pro PLV5-XX. Jak již bylo uvedeno na straně 25, PLV5-XX se v německém závodě nevyráběl, ale z důvodu že po přestěhování již ve výrobním programu bude, budeme při optimalizaci uvažovat i tento typ PLV.

Funkční stanice je objednána v rámci projektu nového náběhu, tak že nebudou náklady na tuto stanicí uvažovat jako parametr pro rozhodování o optimalizaci aktuálního stavu.

#### Navrhovaný stav



Obr. 6.1.1: Aktuální a navrhovaný stav montáže

Plánované časy taktů po optimalizaci pro jednotlivé varianty a moduly:

<b>Montáž PLV1-XX (ML4-PLV)</b>			
Varianta	Pracoviště	Popis činnosti	Čas taktu/ks [sec.]
1a	Pr. 10.4	Ruční montáž komponentů a šroubování dorazu ventilu pomocí pneumatického šroubováku. Dodatečná činnost seřízení otvračího tlaku pomocí výměny třídy dorazu ventilu v 30% (oprava není součástí času cyklu)	22,9
1b			
1c			
1a	Pr. 20.4	Funkční automatická funkční zkouška PLV1 (Automatický strojní čas 22,8 sec.)	7,9
1b			
1c			
1a	Pr. 30.4	Laserový popis a kontrola popisu kamerou	11,8
1b			
1c			
1b	Pr. 40.4	Montáž Helicoll vložky u varianty 1b.	26,1
1c		Montáž zákaznického připojení u varianty 1c	19,1
1a	Pr. 60.4	Vizuální kontrola a balení	23,3
1b			
1c			
Suma varianta 1a			65,9
Suma varianta 1b			92
Suma varianta 1c			85

Tab. 6.1.1.; Přehled operací a pracovišť PLV1-XX (modul 4)

<b>Montáž PLV2-XX (ML4-PLV)</b>			
Varianta	Pracoviště	Popis činnosti	Čas taktu/ks [sec.]
2a	Pr. 10.4	Ruční montáž komponentů a šroubování dorazu ventilu pomocí pneumatického šroubováku. Dodatečná činnost seřízení otvračího tlaku pomocí výměny třídy dorazu ventilu v 30% (oprava není součástí času taktu)	23,8
2b			
2c			
2a	Pr. 20.4	Funkční automatická funkční zkouška PLV2 (Automatický strojní čas 28,7 sec.)	7,9
2b			
2c			
2a	Pr. 30.4	Laserový popis a kontrola popisu kamerou	11,8
2b			
2c			
2b	Pr. 40.4	Montáž závitové vložky u varianty 2b	19,1
2c		Montáž zákaznického připojení u varianty 2c	19,1
2b	Pr. 50.4	Zkouška těsnosti závitové vložky u varianty 2b a nebo zákaznického připojení u varianty 2c. Provádí se pouze u typu 1110010020 a 1110010035.	9,1
2c			
2a			
2b	Pr. 60.4	Vizuální kontrola a balení	23,3
2c			
2c			
Suma varianta 2a			66,8
Suma varianta 2b			85,9
Suma varianta 2b, 2c s Pr.50.4			95
Suma varianta 2b, 2c s Pr.50.4			95

Tab. 6.1.2.; Přehled operací a pracovišť PLV2-XX (modul 4)

<b>Montáž PLV3-XX (ML1-PLV)</b>			
Varianta	Pracoviště	Popis činnosti	Čas taktu/ks [sec.]
3a	Pr. 10.1 Pracovník 1	Ruční montáž komponentů. Dodatečná činnost seřízení otvračího tlaku pomocí výměny třídy dorazu ventilu v 10% (oprava není součástí času taktu)	12,3
3b			
3a	Pr. 20.1 Pracovník 1	Funkční automatická funkční zkouška PLV3 Montáž O-kroužku	10,9
3b		Funkční automatická funkční zkouška PLV3	8,9
3a	Pr. 30.4 Pracovník 2	Laserový popis a kontrola popisu kamerou, Kontrola přítomnosti O-kroužku	19,3
3b		Laserový popis a kontrola popisu kamerou, Kontrola nepřítomnosti O-kroužku	
3a	Pr. 40.4 Pracovník 2	Vizuální kontrola a balení	11
3b			
Takt Pracovník 1			23,2
Takt Pracovník 2			30,3
Takt modulu + normované činnosti			31,6

Tab. 6.1.3.; Přehled operací a pracovišť PLV3-XX (modul 1)

<b>Montáž PLV3-XX (ML2-PLV, ML3-PLV)</b>			
Varianta	Pracoviště	Popis činnosti	Čas taktu/2ks [sec.]
3a	Pr. 10.2 nebo 10.3 Pracovník 1	Ruční montáž komponentů. Dodatečná činnost seřízení otvračího tlaku pomocí výměny třídy dorazu ventilu v 10% (oprava není součástí času taktu)	28,2
3b			
3a	Pr. 20.2 nebo 20.3 Pracovník 1	Funkční automatická funkční zkouška PLV3 (Automatický strojní čas 24 sec.)	11,6
3b			
3a	Pr. 30.2 nebo 30.3 Pracovník 2	Montáž O-kroužku, laserový popis a kontrola popisu kamerou, Kontrola přítomnosti O-kroužku	11,2
3b		Laserový popis a kontrola popisu kamerou, Kontrola nepřítomnosti O-kroužku	8,2
3a	Pr. 40.2 nebo 40.3 Pracovník 2	Vizuální kontrola a balení	16,5
3b			
<b>Takt Pracovník 1</b>			39,8
<b>Takt Pracovník 2</b>			27,7
<b>Takt modulu + normované činnosti</b>			39,8
<b>Takt modulu na 1 kus</b>			19,9

Tab. 6.1.4.; Přehled operací a pracovišť PLV3-XX (modul 2 a modul 3)

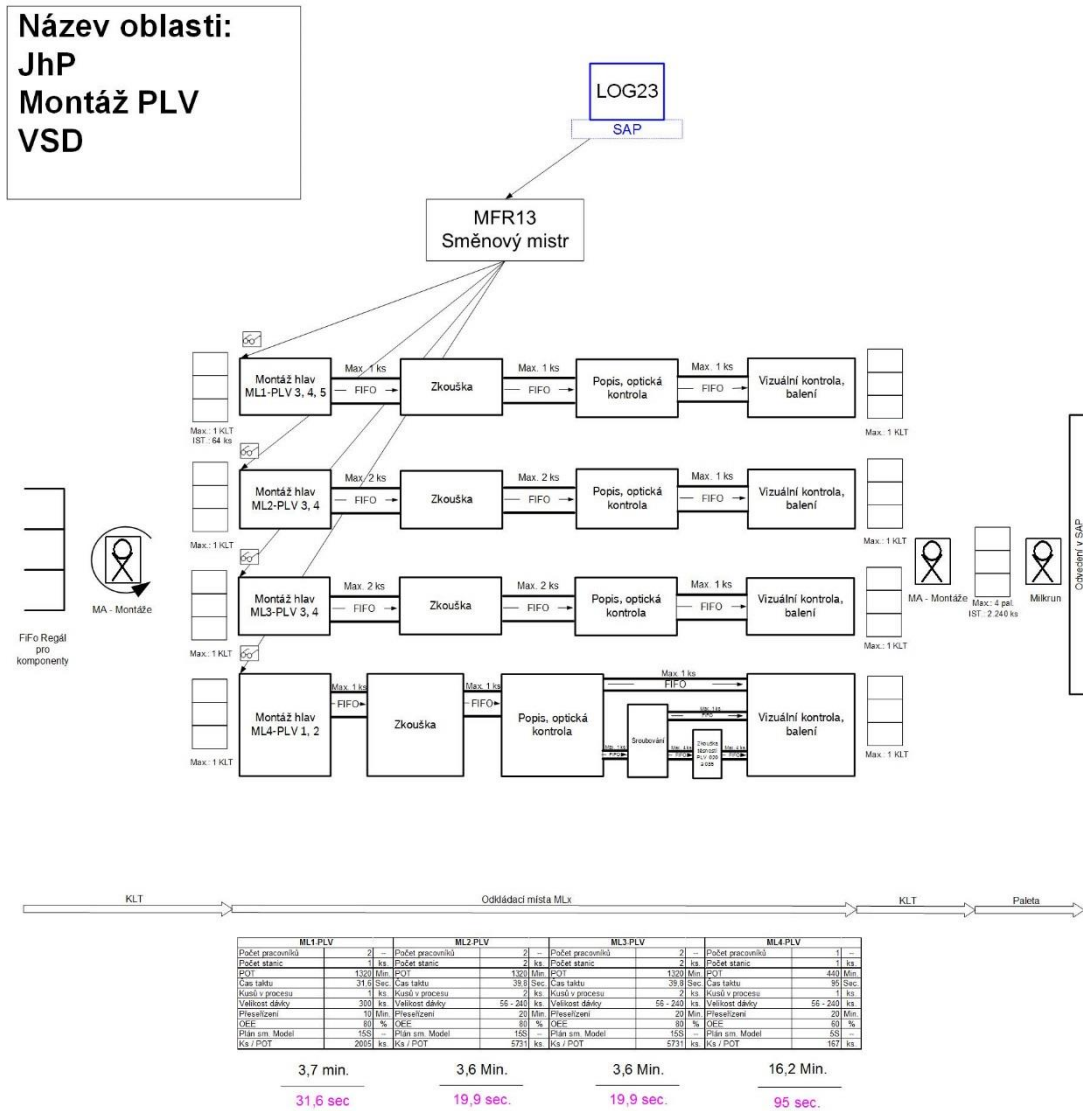
<b>Montáž PLV4-XX a PLV5-XX (ML1-PLV)</b>			
Varianta	Pracoviště	Popis činnosti	[sec.]
3a	Pr. 10.1 Pracovník 1	Ruční montáž komponentů. Dodatečná činnost seřízení otvračího tlaku pomocí výměny třídy dorazu ventilu v 10% pro PLV4 a 20% pro PLV5 (oprava není součástí času taktu)	18,8
3b			
3a	Pr. 20.1 Pracovník 1	Funkční automatická funkční zkouška PLV4 a PLV5 (Automatický strojní čas 24 sec.) Montáž O-kroužku	10,9
3b		Funkční automatická funkční zkouška PLV4 a PLV5 (Automatický strojní čas 24 sec.)	8,9
3a	Pr. 30.4 Pracovník 2	Laserový popis a kontrola popisu kamerou, Kontrola přítomnosti O-kroužku	13,7
3b		Laserový popis a kontrola popisu kamerou, Kontrola nepřítomnosti O-kroužku	
3a	Pr. 40.4 Pracovník 2	Vizuální kontrola a balení	11,4
3b			
<b>Takt Pracovník 1</b>			29,7
<b>Takt Pracovník 2</b>			25,1
<b>Takt modulu + normované činnosti</b>			31,6

Tab. 6.1.5.; Přehled operací a pracovišť PLV4-XX a PLV5-XX (modul 1)

<b>Montáž PLV4-XX (ML2-PLV, ML3-PLV)</b>			
Varianta	Pracoviště	Popis činnosti	Čas taktu/2ks [sec.]
3a	Pr. 10.2 nebo 10.3 Pracovník 1	Ruční montáž komponentů. Dodatečná činnost seřízení otvračího tlaku pomocí výměny třídy dorazu ventilu v 10% (oprava není součástí času taktu)	28,2
3b			
3a	Pr. 20.2 nebo 20.3 Pracovník 1	Funkční automatická funkční zkouška PLV4 (Automatický strojní čas 24 sec.)	11,6
3b			
3a	Pr. 30.2 nebo 30.3 Pracovník 2	Montáž O-kroužku, laserový popis a kontrola popisu kamerou, Kontrola přítomnosti O-kroužku	11,2
3b		Laserový popis a kontrola popisu kamerou, Kontrola nepřítomnosti O-kroužku	8,2
3a	Pr. 40.2 nebo 40.3 Pracovník 2	Vizuální kontrola a balení	16,5
3b			
<b>Takt Pracovník 1</b>			39,8
<b>Takt Pracovník 2</b>			27,7
<b>Takt modulu + normované činnosti</b>			39,8
<b>Takt modulu na 1 kus</b>			19,9

Tab. 6.1.6.; Přehled operací a pracovišť PLV4-XX (modul 1 a modul 2)

Navržené řešení zobrazené pomocí nástroje VSD (*Value Stream Desing*). Jedná se o nástroj používající stejné symboly jako VSM (symboly uvedeny na straně 34. Na rozdíl od VSM se ve VSD plánuje, navrhuje budoucí stav.



Obr. 6.1.2: Navrhovaný stav montáže

Výpočet taktu pro výrobu jednoho kusu PLV:

- Součet kusů za POT  
 $2005 + 5731 + 5731 + 167 = 13634$  kusů za POT (den)
- Takt na jeden kus PLV  
 $(1320 \times 60) / 13634 = \mathbf{5,8 \text{ Sec.}}$

Při realizaci navrženého stavu bude každých 5,8 sekund vyroben jeden kus PLV.

## 6.2 Potřeba pracovníků a produktivita

a) ML1-PLV

2 pracovníci na hodinu

b) ML2-PLV

2 pracovníci na hodinu

c) ML3-PLV

2 pracovníci na hodinu

d) ML4-PLV

Práce na jednu směnu je dostatečná na pokrytí potřeby PLV1 a 2.

Pro výpočet je použito 0,33 pracovníka za hodinu

e) Seřizovači jsou započítány v počtu produktivních pracovníků, neboť je plánováno, že bude produktivní.

f) Směnový mistr 1 pracovník

Celková potřeba personálu na hodinu je

$(2 \times 3) + 0,33 + 1 = 7,33$  pracovníků => **8 pracovníků na hodinu**

### Produktivita:

ML1-PLV:  $((2005/3)/7,5)/2,33 = 38,24$  ks / pracovník hodinu

ML2-PLV:  $((5731/3)/7,5)/2,33 = 109,3$  ks / pracovník hodinu

ML3-PLV:  $((5731/3)/7,5)/2,33 = 109,3$  ks / pracovník hodinu

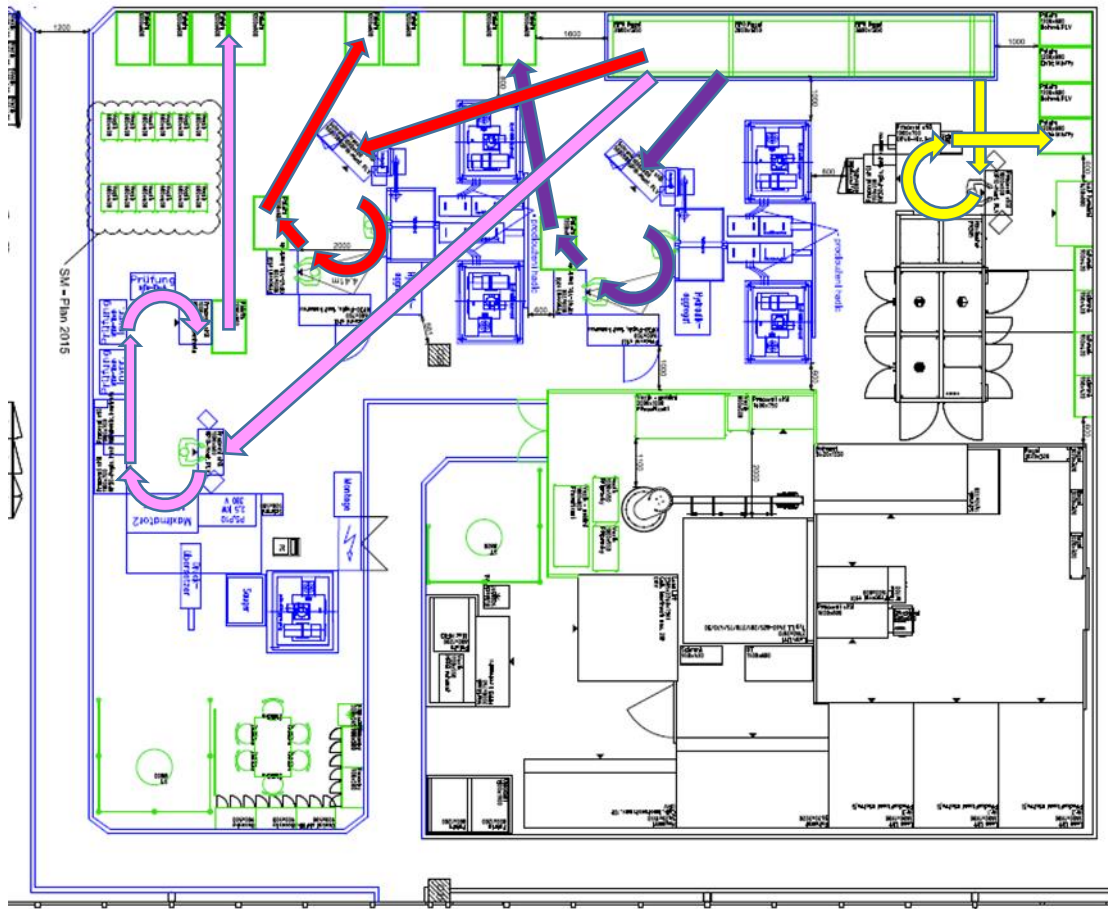
ML4-PLV:  $(167/7,5)/1 = 22,26$  ks / pracovník hodinu

Průměrná produktivita:

$(38,24+109,3+109,3+22,26)/4 = \mathbf{Ø69,77}$  ks / pracovník hodina



## 6.4 Návrh trasování materiálu po optimalizaci



Obr. 6.4.1: Trasování materiálu

Při návrhu nového rozmístění bylo uvažováno i s novým trasováním materiálu a byla vybírána nejlepší možná varianta. Bohužel trasa zásobování materiálem pro ML4-PLV nebylo možné navrhnout optimálněji neboť návrh by limitován tvarem plochy určené pro výrobu PLV.

## 6.5 Souhrn navrhované optimalizace

V případě realizovaných návrhů optimalizace výroby PLV bude dosaženo následujících výsledků.

- a) Maximální možná optimalizace materiálového toku
- b) Zvýšení produktivity na jednoho pracovníka z 50,52 kusů na pracovníka hodinu na 69,77 na pracovníka hodinu.
- c) Úspora plochy pro výrobu ve výši 100 m<sup>2</sup>

- d) Snížení počtu kusů v procesu a rozpracované výroby z cca 5000 kusů na 328 kusů.
- e) Počet pracovníků nutných pro výrobu je možné redukovat z aktuálního počtu 9 pracovníků na 8 pracovníků na směnu.

Nutná podmínka realizace je dodatečná investice do nákupu:

- ⇒ 3 kusy popisovacích strojů s integrovanou funkcí kontroly popisu
- ⇒ 3 kusy nově navržených montážních pracovišť 10.XX neboť v návrhu je uvažováno, že operace z pracoviště 05 bude přesunuta na pracoviště 10.XX.
- ⇒ 3 kusy nově navržených pracovišť na vizuální kontrolu a balení

Dle předběžné nabídky od interního oddělení výroby strojů a zařízení bude nutná investice představovat částku okolo 500 000,- €.

Před realizací je tedy nutno provést investiční propočet zda je investice rentabilní a následně provést schválení investice.

## **7. ZÁVĚR**

Smyslem práce bylo analyzovat stávající stav montáže Tlakového hraničního ventilu PLV a navrhnout optimalizaci této výroby před přesunem z německého závodu do závodu Jihlava v České Republice.

Výsledek této práce a navržená optimalizační opatření byla předložena vedení společnosti BOSCH Diesel s.r.o. a byla přijata. Následně byl proveden investiční propočet, na jehož výsledku bylo patrné, že navrhovaná opatření se i přes nemalou investici ve výši půl milionu euro společnosti vyplatí a bylo rozhodnuto o realizaci.

Realizace projektu byla dokončena v dubnu roku 2015.



SEZNAM ZDROJŮ:

- [1] ISENBURG, R., at all. Dipl.-Ing. *Systém vstřikování s tlakovým zásobníkem Common Rail pro vznětové motory.*  
Vydavatel Praha: Robert Bosch odbytová spol. s.r.o., 2005  
ISBN 80-903132-7-2
  
- [2] ROBERT BOSCH GmbH., Implementation Guideline  
Flow Oriented Layout (FOL), Version 2, rok 2011
  
- [3] ROBERT BOSCH GmbH., Interní pracovní návod BPS, Intranet firmy