

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

Ústav letadlové techniky



# Diplomová práce

**Rekonstrukce hydraulického systému historického stíhacího letounu**

**Reconstruction of the historic fighter hydraulic system**

2016

Tomáš Hort

## Anotační list

Jméno autora :	<b>Bc. Tomáš Hort</b>
Název DP :	Rekonstrukce hydraulického systému historického stíhacího letounu
Anglický název:	Reconstruction of the historic fighter hydraulic system
Šk. rok vyhotovení:	2015/2016
Obor studia:	3906T008 Letecká a kosmická technika
Ústav :	Ústav letadlové techniky
Vedoucí DP :	Ing. Jaromír Kučera
Bibliografické údaje:	počet stran 111 Počet obrázků 60 Počet tabulek 13 počet příloh 19
Klíčová slova :	AVIA B-135, replika letounu, hydraulika, analýza funkčnosti, hmotový rozbor
Keywords :	AVIA B-135, aircraft replica, hydraulics, functional analysis, mass analysis

Vysoká škola: ČVUT v Praze

Fakulta: STROJNÍ

Ústav: ÚSTAV LETADLOVÉ TECHNIKY

Akademický rok: 2015/2016

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro: Bc. Tomáše HORTA

obor: 3906T008 Letadlová a kosmická technika

Název tématu: **Rekonstrukce hydraulického systému historického stíhacího letounu**

### Zásady pro vypracování:

Pro vypracování projektu proveďte:

- Rešerše hydraulických systémů dobových stíhacích letadel
- Rekonstrukce blokového schématu hydrauliky
- Volba hydraulických komponent
- 3D konstrukční návrh hydraulického systému
- Analýza funkčnosti hydraulického systému
- Hmotový rozbor


**Rozsah grafických prací:** Dle doporučení vedoucího DP  
**Rozsah průvodní zprávy:** cca 60 stran  
**Seznam odborné literatury:** Dle doporučení vedoucího DP  
  
**Předměty SZZ:** Aerodynamika a mechanika letu  
Letadlová technika  
Technologie a údržba letadlové techniky

**Vedoucí diplomové práce:** Ing. Jaromír Kučera  
**Datum zadání diplomové práce:** 30. října 2015  
**Termín odevzdání diplomové práce:** 15. ledna 2016

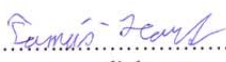
Neodevzdá-li student diplomovou práci včas, je povinen tuto skutečnost předem písemně zdůvodnit, pokud bude omluva (předaná prostřednictvím studijního oddělení děkanovi) děkanem uznána, určí děkan studentovi náhradní termín konání státní závěrečné zkoušky (zůstávají dva termíny SZZ). Pokud tuto skutečnost student řádně neomluví, nebo omluva nebude děkanem uznána, určí děkan studentovi termín pro opakování státní závěrečné zkoušky. SZZ je možné opakovat pouze jednou (SZŘ čl. 22, odst. 3, 4).


*Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použitá literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.*

Zadání diplomové práce převzal dne:  
30.10.2015

  
.....  
Ing. Robert Theiner, Ph.D.  
vedoucí ústavu



  
.....  
diplomant

  
.....  
Prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.  
děkan Fakulty strojní

V Praze dne 13.října 2015

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne .....

.....

podpis

## **Poděkování**

Děkuji Ing. Jaromíru Kučerovi za vedení mé diplomové práce a za podnětné návrhy, které ji obohatily. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za podporu během studia a především během tvorby této práce.

## Obsah

1	Úvod .....	16
2	Rešerše hydraulických systémů dobových stíhacích letounů .....	17
2.1	Bf-109 .....	17
2.1.1	Verze G (Gustav) .....	17
2.2	Spitfire.....	19
3	Historie.....	21
3.1	Avia B-35 .....	21
3.2	Avia B-135 .....	21
4	Technický pohled.....	23
4.1	Třípohledový výkres .....	23
4.2	Technické parametry .....	24
5	Hydraulický systém Avia B-135 .....	28
5.1	Hydraulika .....	28
5.2	Nouzový pohon .....	28
5.3	Výkres hydraulického systému Avia B-135 .....	29
5.4	Blokové schéma.....	30
5.5	Operační možnosti obvodu .....	31
5.5.1	Vysouvání podvozku .....	31
5.5.2	Zasouvání podvozku .....	32
5.5.3	Vysouvání klapek .....	33
5.5.4	Zasouvání klapek .....	34
5.5.5	Klapky + podvozek.....	35
5.6	Nouzové režimy .....	36
5.6.1	Nouzové vysunutí podvozku .....	36
5.6.2	Nouzové vysunutí klapek .....	37
5.6.3	Nouzové vysunutí klapky + podvozek .....	38
6	Volba hydraulických komponent.....	39
6.1	Válec hlavního podvozku .....	39
6.2	Válec ostuhy.....	40
6.3	Válec klapky.....	41
6.3.1	Těsnění válec klapky .....	42
6.4	Válec hydraulického zámku.....	45

6.4.1	Tlačná pružina.....	46
6.4.2	Těsnění válce zámku .....	46
6.5	Čerpadlo.....	49
6.6	Čtyřcestný třípolohový ventil .....	50
6.7	Akumulátor.....	52
6.8	Pojistný přetlakový ventil.....	53
6.9	Škrťící ventil.....	54
6.10	Zpětný ventil.....	55
6.11	Hadice .....	56
6.12	Šroubení.....	56
7	3D konstrukční návrh hydraulického systému.....	58
7.1	Rozmístění prvků.....	58
7.1.1	Čerpadlo + olejová nádrž.....	58
7.1.2	Akumulátor .....	59
7.1.3	Pracovní válce + zámek zlamovací vzpěry .....	60
7.1.4	Ostruha.....	62
7.1.5	Klapka .....	63
8	Analýza funkčnosti hydraulického systému .....	65
8.1	Analýza funkčnosti.....	65
8.1.1	Požadavky na navrhovaný hydraulický obvod.....	65
8.1.2	Podvozková část .....	65
8.1.3	Klapková část .....	70
8.1.4	Kontrola navrženého hydraulického čerpadla.....	72
8.1.5	Kontrola navrženého akumulátoru .....	74
9	Hmotový rozbor .....	77
10	Závěr.....	79
11	Použité zdroje.....	80
12	Přílohy .....	82



## Seznam příloh

Příloha 1 – Hydraulický válec klapky .....	82
Příloha 2 – Zámek zlamovací vzpěry .....	83
Příloha 3 – Technická dokumentace - Hydromotoru hlavního podvozku .....	84
Příloha 4 – Technická dokumentace - Hydromotoru záďového podvozku .....	85
Příloha 5 – Technická dokumentace - Čerpadlo .....	86
Příloha 6 – Technická dokumentace - Čtyřcestný třípolohový ventil.....	87
Příloha 7 – Technická dokumentace – Akumulátor .....	90
Příloha 8 – Technická dokumentace – Pojistný přetlakový ventil.....	92
Příloha 9 – Technická dokumentace - Škrťící ventil.....	96
Příloha 10 – Technická dokumentace - Zpětný ventil .....	99
Příloha 11 – Technická dokumentace – Hadice.....	102
Příloha 12 – Technická dokumentace – Šroubení P-GEV 8 LM-WD.....	103
Příloha 13 – Technická dokumentace – Šroubení P-GEV 8 LR -WD.....	104
Příloha 14 – Technická dokumentace – Šroubení P-GEV 8 L/1/4 NPT.....	105
Příloha 15 – Technická dokumentace – Šroubení GES 8 L/R 1/2.....	106
Příloha 16 – Technická dokumentace – Šroubení P-GEV 8 SM-WD.....	107
Příloha 17 – Technická dokumentace – Šroubení P-GV 8 L .....	108
Příloha 18 – Technická dokumentace – Šroubení P-TV 8L.....	109
Příloha 19 – Technická dokumentace – Šroubení P-RSWV 8LR -WD .....	110

## Seznam obrázků

Obr. 2.1	Hydraulický systém letounu Messerschmidt Bf-109 [2]	18
Obr. 2.2	Hydraulický obvod letounu Spitfire [4]	20
Obr. 4.1	Třípohledový výkres [6]	23
Obr. 5.1	Výkres hydraulického systému Avia B-135	29
Obr. 5.2	Blokové schéma hydrauliky Avia B-135	30
Obr. 5.3	Schéma vysouvání podvozku	31
Obr. 5.4	Schéma zasouvání podvozku	32
Obr. 5.5	Schéma vysouvání klapek	33
Obr. 5.6	Schéma zasouvání klapek	34
Obr. 5.7	Schéma vysouvání podvozku a klapek	35
Obr. 5.8	Schéma nouzového vysunutí podvozku	36
Obr. 5.9	Schéma nouzového vysunutí klapek	37
Obr. 5.10	Schéma nouzového vysunutí klapek + podvozku	38
Obr. 6.1	Válec hlavního podvozku [8]	39
Obr. 6.2	Válec ostruhy [8]	40
Obr. 6.3	Válec klapky 3D pohled	41
Obr. 6.4	Válec klapky řez	41
Obr. 6.5	Stírací kroužek Turcon® Excluder® DC Ø 26,92mm [9]	42
Obr. 6.6	Pístnicové těsnění Turcon® Plus Seal® II Ø 26,92 mm [9]	42
Obr. 6.7	Pístní těsnění Turcon® Plus Seal® II Ø 31,52 mm [9]	43
Obr. 6.8	Vodící páska pístnice/píst F87 [10]	43
Obr. 6.9	Statické těsnění O-kroužek 27,50 x 2,50 [10]	44
Obr. 6.10	Statické těsnění - zástavbové rozměry [10]	44
Obr. 6.11	Válec hydraulického zámku 3D pohled	45
Obr. 6.12	Válec hydraulického zámku řez	45
Obr. 6.13	Pružina – schéma [10]	46
Obr. 6.14	Stírací kroužek Turcon® Excluder® DC Ø 26,92mm [9]	46
Obr. 6.15	Pístnicové těsnění Turcon® Plus Seal® II Ø 26,92 mm [9]	47
Obr. 6.16	Pístní těsnění Turcon® Plus Seal® II Ø 31,52 mm [9]	47
Obr. 6.17	Vodící páska pístnice/píst F87 [10]	48
Obr. 6.18	Statické těsnění O-kroužek 27,50 x 2,50 [10]	48
Obr. 6.19	Statické těsnění - zástavbové rozměry [10]	48
Obr. 6.20	Zubové čerpadlo rozměry [11]	49
Obr. 6.21	Šoupátkový ventil [12]	50
Obr. 6.22	Připojovací deska [12]	51
Obr. 6.23	Typ ventilu [12]	51
Obr. 6.24	Akumulátor – rozměry [13]	52
Obr. 6.25	Akumulátor – připojovací rozměry [13]	52
Obr. 6.27	Pojistný ventil – řez [12]	53
Obr. 6.26	Pojistný ventil – montáž [12]	53
Obr. 6.29	Pojistný ventil – řez [12]	54

Obr. 6.28 Pojistný ventil – montáž [12].....	54
Obr. 6.30 Zpětný ventil RVA 6 [14].....	55
Obr. 6.31 Typ montáže RVG 6 [14].....	55
Obr. 7.1 Dispozice trupu - umístění čerpadla.....	58
Obr. 7.2 Umístění čerpadla v letadle.....	59
Obr. 7.3 Dispozice trupu - umístění akumulátoru.....	59
Obr. 7.4 Umístění akumulátoru v letadle.....	60
Obr. 7.5 Vedení k válci hlavního podvozku .....	61
Obr. 7.6 Detail 1 – připojení zámků .....	61
Obr. 7.7 Detail 2 – připojení pracovního válce .....	61
Obr. 7.8 Vedení hadic k válci ostruhy.....	62
Obr. 7.9 Detail ostruhy .....	62
Obr. 7.10 Detail připojení válce ostruhy.....	63
Obr. 7.11 Dispozice trupu – vedení hadic k válci klapky .....	63
Obr. 7.12 Detail připojení klapky .....	64
Obr. 7.13 Detail připojení válce klapky .....	64
Obr. 8.1 Podvozková část .....	66
Obr. 8.2 Mechanismus vyklápění klapky.....	70
Obr. 8.3 Klapková část .....	72

## Seznam tabulek

Tab. 6.1 Vyráběná čerpadla [11] .....	49
Tab. 6.2 Vyráběné akumulátory [13].....	52
Tab. 6.3 Vyráběné zpětné ventily [14].....	55
Tab. 6.4 Vyráběná těla zpětných ventilů [14] .....	55
Tab. 6.5 Vyráběné hadice [15] .....	56
Tab. 6.6 Použitá šroubení [16] .....	57
Tab. 8.1 Parametry vybraného hydromotoru hlavního podvozku .....	66
Tab. 8.2 Parametry vybraného hydromotoru záďového podvozku .....	67
Tab. 8.3 Parametry vybraného hydromotoru zámku zlomovací vzpěry .....	69
Tab. 8.4 Parametry vybraného hydromotoru klapkové mechanizace.....	71
Tab. 8.5 Parametry vybraného čerpadla.....	72
Tab. 9.1 Hmotový rozbor komponent hydraulického systému.....	78
Tab. 9.2 Celková hmotnost a poloha těžiště hydraulického systému.....	78

## Seznam použitých symbolů

$F_{max}$	N	maximální síla
$P_{max}$	Pa	maximální tlak
$S$	$mm^2$	plocha
$d$	mm	průměr
$D$	mm	průměr
$\alpha_{5\%}$	°	úhel vychýlení klapky s maximální silou
$x$	N	síla jdoucí do válce klapky
$s$	mm	zdvih pístu
$t$	s	čas
$v$	m/s	rychlost
$Q_{Hl.p}$	$m^3/min$	potřebná dodávka oleje pro hlavní podvozek
$Q_{ostruha}$	$m^3/min$	potřebná dodávka oleje pro zádový podvozek
$Q_{klapka}$	$m^3/min$	potřebná dodávka oleje pro válec klapky
$Q_{celk}$	$m^3/min$	celková potřebná dodávka oleje
$V_{Hl.p}$	l	objem oleje pro hlavní podvozek
$V_{ostruha}$	l	objem oleje pro zádový podvozek
$V$	l	objem
$P_{min Hl.p}$	Pa	minimální pracovní tlak válce hlavního podvozku
$P_{min Ostruha}$	Pa	minimální pracovní tlak válce zádového podvozku
$p_0(t_{min})$	Bar	plnicí tlak akumulátoru při $t_{min}$
$t_{min}$	°C	minimální teplota
$t_{max}$	°C	maximální teplota
$V_{ideal}$	l	požadovaný objemu akumulátoru
$V_{oreal}$	l	reálný objemu akumulátoru
$p_0(t_1)$	Bar	plnicí tlak při teplotě $t_{min}$
$p_0$	Bar	plnicí tlak akumulátoru
$p_0(t_{min})$	Bar	tlak akumulátoru při $t_{min}$
$p$	Pa	tlak
$C_a$	-	korekční koeficient
$V_{oreal}$	l	jmenovitý objemu akumulátoru
$m$	kg	hmotnost
$x_t, y_t, z_t$	m	souřadnice těžiště

## Seznam použitých programů

- NX Siemens 7.5 (Siemens)
- FluidSim (Festo didactic)
- Inkscape 0.48.5 (The Inkscape team)

## **Anotace**

HORT, Tomáš. *Rekonstrukce hydraulického systému historického stíhacího letounu*. Praha 2015, 110 s. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav letadlové techniky. Vedoucí práce Jaromír Kučera.

Tato práce se zabývá rekonstrukcí hydraulického systému historického stíhacího letounu pro repliku předválečného československého letounu AVIA B-135. V této práci je proveden návrh hydraulického obvodu pro tento letoun s použitím dostupných materiálů, které se dochovaly, výběr vhodných prvků, analýza funkčnosti navrženého hydraulického obvodu a nakonec je proveden hmotový rozbor komponent použitých v obvodu.

## **Abstract**

HORT, Tomáš. *Reconstruction of the historic fighter hydraulic system*. Prague, 2015, x s. Master Thesis. Czech Technical University in Prague, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Aerospace Engineering. Thesis head Jaromír Kučera.

This thesis deals with the reconstruction of the hydraulic system of historical fighter replica of the pre-war Czechoslovak Avia B-135. In this work are done the design of a hydraulic circuit for the aircraft using available materials that have been preserved, selection of appropriate elements, analysis functionality designed hydraulic circuit and finally carried out mass analysis components used in the circuit.

## 1 Úvod

Tato diplomová práce je zaměřena na rekonstrukci hydraulického systému letounu Avia B-135. Tato rekonstrukce je značně ztížena, protože se spousta informací o tom, jak přesně byla hydraulika řešena, nezachovalo. Některé podklady, jako třeba schéma a strohý popis ze zkoušek letounu je uložen v archivu Národního technického muzea, ale většina informací byla poškozena při povodních v roce 2002 a nelze se k nim dostat, protože jsou momentálně rekonstruovány.

Pro návrh hydraulického obvodu byl použit výkres hydraulického systému a informace získané ze zprávy vyhodnocující zkoušky letounu, která vznikla ve VZLU. Jako další zdroj informací byla použita monografie zabývající se historií letounů Avia, a to B-30.1 až v této diplomové práci popisovaná B-135.

Jelikož se tedy moc informací o hydraulice tohoto letounu nezachovalo, návrh je řešen také s pomocí informací o dobových stíhacích letounech podobného typu, jako byl Spitfire, nebo Messerschmidt Bf-109.



## 2 Rešerše hydraulických systémů dobových stíhacích letounů

### 2.1 Bf-109

Messerschmitt Bf-109 byl standardním stíhacím letadlem německých vzdušných sil během trvání celé druhé světové války, i přestože byl od roku 1942 částečně nahrazován stíhačem Focke-Wulf Fw - 190 a ke konci války také proudovým stíhacím letounem Messerschmitt Me 262.

Nejpodobnější verze k letounu Avia B-135 je Messerschmitt Bf-109 G-6

#### 2.1.1 Verze G (Gustav)

Jednalo se o nástupce verze F. Ranné verze stíhacího letounu Bf 109 G přicházely k Německým vzdušným silám v době, kdy byly zařazovány první Focke-Wulfy Fw 190. Verze G byla nejpočetnější, zahrnovala kolem 60% všech Bf 109. Tyto letouny byly sice dobře vyzbrojené a vybavené, ale už nedosáhly takových kvalit jako stroje E a F. Při letu vyžadovaly neustálou pozornost a přistávat s nimi bylo nebezpečné.

**Bf 109 G-0** – Jedná se o předseriové stroje s motory DB 601 E. Vyrobeno bylo 11 kusů.

**Bf 109 G-1** – Shodný s verzí G-0, ale již s motorem DB 605 A-1, B-1 nebo C-1 a přetlakovou kabinou. Výzbroj tvořil kanón MG 151/20 a dva kulomety MG 17. Vyrobeno bylo 167 kusů.

**Bf 109 G-2** – Nebyl vybaven přetlakovou kabinou. Výzbroj shodná s verzí G-1. Bylo vyrobeno 1586 kusů.

**Bf 109 G-3** – Shodný s verzí G-1, ale s novým typem radiostanice a přetlakovou kabinou. Vyrobeno 50 kusů.

**Bf 109 G-4** – Shodné s verzí G-2. Pohon zajišťoval motor DB 605 A se zařízením GM pro přímé vstřikování oxidu dusného do válců motoru (dostup zvětšen na 11 580m). Vyrobeno 1242 kusů.

**Bf 109 G-5** – Přetlaková verze shodná s modelem G-6. Navíc byly do trupu instalovány těžké kulomety MG 131 ráže 13 mm. Vyrobeno cca 16 kusů.

**Bf 109 G-6** – Z této verze vycházely všechny pozdější modifikace. Neměla přetlakovou kabinu. Vyrobeno bylo 10000 až 12000 kusů.

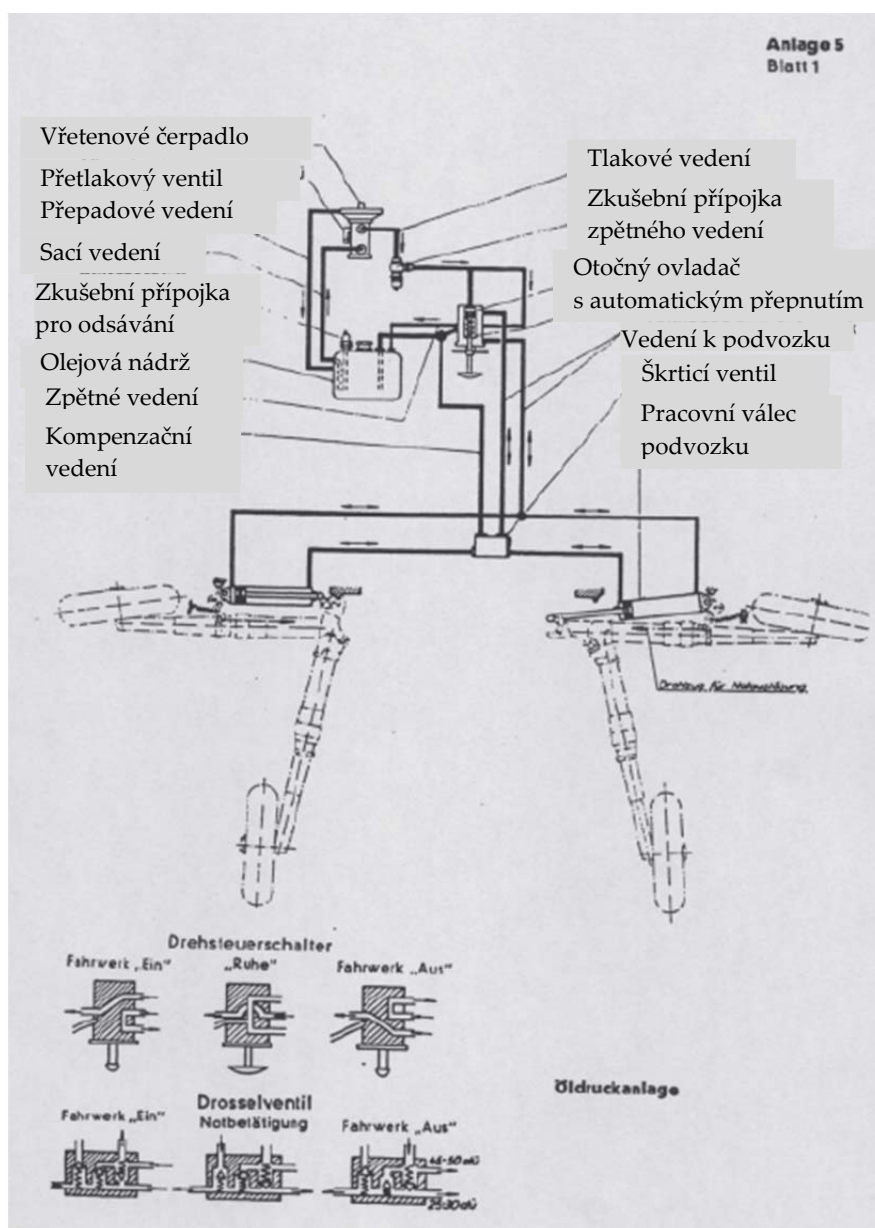
**Bf 109 G-8** – Průzkumný letoun krátkého doletu. Byl osazen kamerami Rb 12,5/7x9 nebo Rb 32/7x9 a kamerou Robot 11. Výzbroj tvořil kanón MG 151/20 a dva trupové kulomety MG 131. Bylo vyrobeno 906 kusů.

**Bf 109 G-10** – Jedná se o přestavbu strojů série G na standard Bf 109 K-4. Pohon zajišťovaly motory DB 605 DCM nebo DB 605 A se zařízením MW 50 (přímé vstřikování směsi vody a metanolu do válců motoru). U některých strojů byl kanón MG 151/20 nahrazen kanónem MK 108 ráže 30 mm. Vyrobeno bylo cca 2600 kusů.

**Bf 109 G-12** - Jedná se o přestavěné stroje G-1,2,3,4 a 6 na dvoumístný výcvikový letoun. Většina letounů byla bez výzbroje. Přestavěno cca 500 kusů různých verzí Bf 109 G.

**Bf 109 G-14** – Pohon zajišťoval motor DB 605 AM/AS se zařízením MW-50. Byla použita kabina Erla-Haube (Gallandova kabina – zlepšovala výhled pilotů). Vyrobeno cca 6500 kusů. [1]

Hydraulický systém letounu Bf-109 zajišťoval vysouvání a zasouvání podvozku. Skládal se ze dvou přímočarých hydromotorů, které byly poháněny pomocí tlakové kapaliny, která k nim byla dodávána hadicemi od šroubového čerpadla. V obvodu se nenachází hydraulický zámek, podvozek byl tedy s nejvyšší pravděpodobností v otevřené poloze zajištěn tlakem oleje v pracovním válci. Součástí obvodu je taktéž škrticí ventil, který se staral o regulaci rychlosti pohybu válců a brzdil podvozek při vysouvání. Směr proudění kapaliny v obvodu zajišťoval šoupátkový, ručně ovládaný otočný ventil.



Obr. 2.1 Hydraulický systém letounu Messerschmidt Bf-109 [2]

## 2.2 Spitfire

Spitfire byl jednomotorový jednomístný stíhací letoun. Měl křídlo celokovové samonosné poloskořeinové konstrukce typu dolnoplošník. Měl jednoduché ocasní plochy a záďový podvozek byl zatahovatelný (u prvních verzí ostruhové kolečko zatažitelné nebylo).

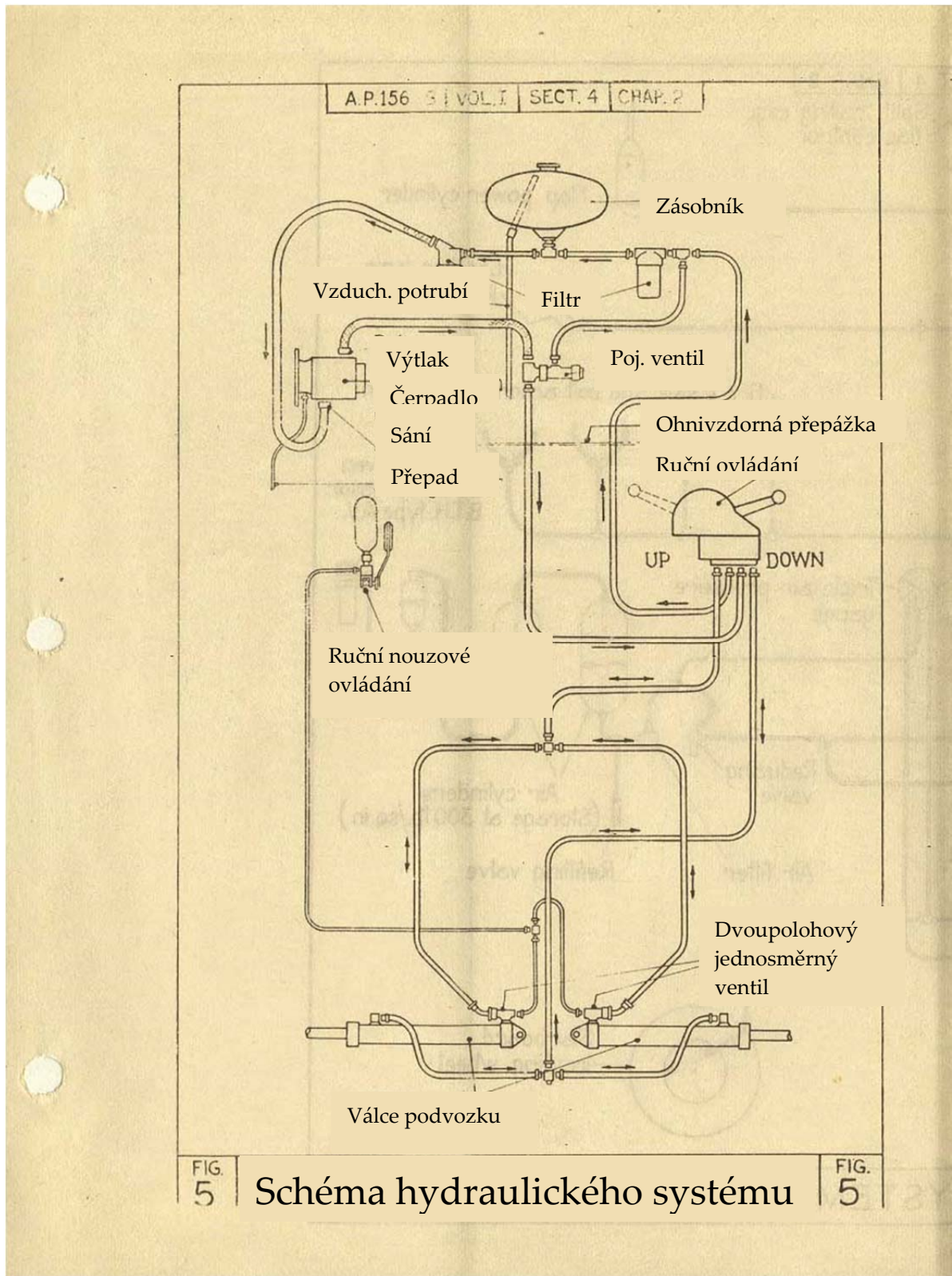
Jedním z nejdůležitějších prvků konstrukce letounu bylo tzv. geometrické zkroucení křídla. Úhel nastavení křídla se plynule snižoval ze  $2^\circ$  u kořene křídla, na  $-0,5^\circ$  na koncích. Zkroucení křídla zajišťovalo dobré chování při přetažení letounu. Při přetažení se proudění začne odtrhávat nejprve u kořene křídla, což způsobuje dvě věci:

- turbulentní proudění nejprve zasáhne ocasní plochy letounu, což způsobí vibrace výškového kormidla, tyto vibrace se řízením přenášejí pilotovi na řídicí páku; toto kmitání dává pilotovi informaci o tom, že se blíží do nebezpečné oblasti, při které může dojít ke ztrátě vzlaku a pádu letounu;

- za druhé, díky menšímu úhlu náběhu vnějších částí křídla, si letoun stále ještě zachovává účinná křídélka, což umožňuje stroj ještě stále plně ovládat.

Slabší stránkou prvních verzí motoru Merlin, použitých v tomto letadle, byl karburátor, který při vysokých negativních násobcích (fakticky jen při přechodu do střemhlavého letu) přestal dodávat palivo do motoru, zatímco jeho hlavní soupeř Messerschmitt Bf 109E měl přímé vstřikování paliva do válců, kde k tomuto nedocházelo. [3]

Hydraulický obvod u letounu Spitfire se staral o vysouvání a zasouvání podvozku. Podvozek byl ovládán pomocí dvou přímočarých hydromotorů. O dodávku tlakového oleje se staralo hydraulické čerpadlo hnané od motoru. O směr proudění oleje v obvodu se staral čtyřcestný, ručně ovládaný ventil. V případě poruchy systému bylo možné podvozek vysunout pomocí ručního ovládaní, ke kterému byla připojena tlaková nádoba pro snadnější vysunutí podvozku. Tento ruční systém byl k obvodu připojen pomocí dvoupolohových jednosměrných ventilů, které byly umístěny na spodních vstupech tlaků hydraulických válců.



Obr. 2.2 Hydraulický obvod letounu Spitfire [4]

## 3 Historie

### 3.1 Avia B-35

Avia B-35 byla moderním stíhacím samonosným jednoplošníkem z roku 1938. Byla obdobou, i když vydanou se zpožděním, strojů MS-406, I-16, Bf-109, Hurricane, Spitfire, P-36, Fokker D.21 .... Konstrukci letounu zahájil tým ing. Novotného v polovině roku 1936. [5]

První prototyp letounu měl svůj zálet teprve 28. září 1938, tedy pro těžce zkoušenou republiku příliš pozdě. Navíc k pohonu musel být využit "pouze" motor HS 12Ydrs který disponoval výkonem 860 koní a nikoliv předpokládaný Avia 12Y-1000, který disponoval výkonem 1 000 koní. Stejně tak vrtule, kterou na letoun použily, byla pouze dvoulistá místo předpokládané třílisté a podvozek zůstal prozatím pevný. Přesto si během letových zkoušek získal oblibu u zalétávacích pilotů pro svou snadnou ovladatelnost a obratnost. Toto hodnocení později potvrzovali i piloti z Bulharska a Německa, kteří si stroj mohli vyzkoušet. 9. listopadu byl stroj předán ke zkouškám do VZLÚ a byla mu nainstalována kanónová verze motoru s označením HS 12Ycrs. Již 22. listopadu byl však stroj naprosto zničen při havárii, v důsledku letecké nekázně, a zahynul při ní četař Arnošt Kavalec. Předposlední den roku 1938 vzlétl druhý prototyp, který byl na první pohled odlišný jen v maličkostech. MNO (Ministerstvo národní obrany) v lednu objednalo předběžně sérii 10 kusů tohoto typu i když vývoj a zkoušky na letadle ještě pokračovaly. Ale v té době už tempo a snaha u všeho, co se týkalo obrany zbytku republiky, značně poklesla. Všem bylo jasné, že druhá republika se v reálu může bránit jakémukoliv agresorovi jen stěží. Ještě v únoru si stroj stihli vyzkoušet bulharští piloti, neboť Bulharsko o stroj projevilo velký zájem. Po okupaci nařídili Němci pokračovat ve vývoji typu, neboť i jim se jevil jako nadějný. Jejich pilot Francke si Avii vyzkoušel už 19. dubna a nešetřil prý chválou. [5]

Třetí prototyp byl zalétán 20. 6. 1939 a rozdíl oproti předchozím verzím byl hlavně v křídle, které mělo rovnou náběžnou hranu. Sice byla výrobně jednodušší, ale dosti to ubralo eleganci stroje. Naopak nově instalovaný zatahovací podvozek prospěl výkonům stroje. Po čase byl tento prototyp přeznačen z verze B-35.3, na B-35.1. V listopadu téhož roku se havárii nevyhnul ani druhý prototyp. Stalo se tak při testu třílisté vrtule Hamilton Standart. [5]

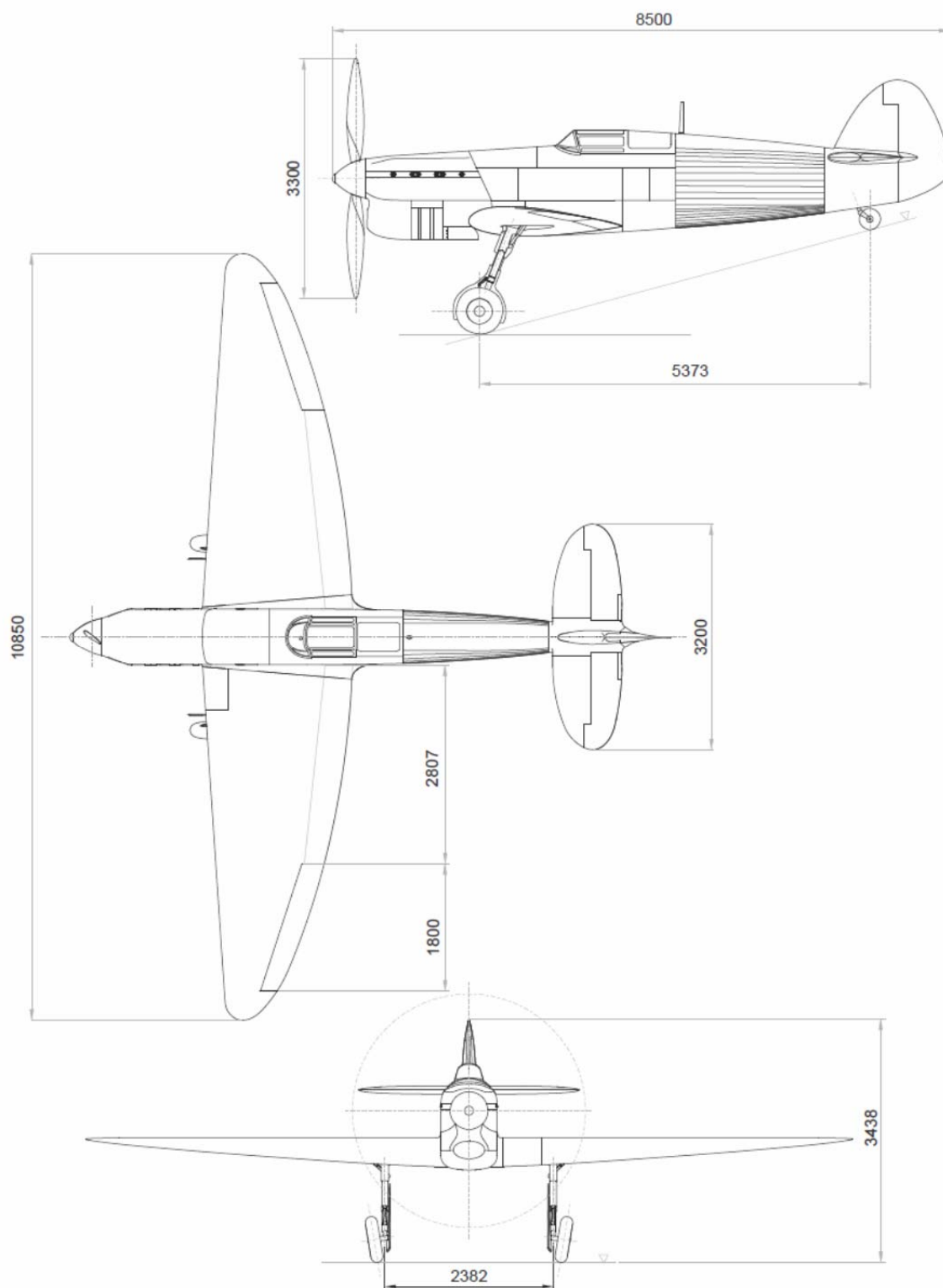
### 3.2 Avia B-135

V červnu 1940 si letoun Avia opět vyzkoušeli piloti Bulharského letectva, tentokrát to byl typ B-135 a Bulharsko uzavřelo kontrakt na 12 kompletních strojů a 50 motorů pro uvažovanou stavbu 50 kusů v licenci. Výroba se však zdržela a tak hotové letouny byly vypraveny do Bulharska až na začátku roku 1943 a to již nemohly být považovány za moderní, hlavně díky výkonu motoru, který již na tehdejší dobu nedostačoval. Na rok 1943 bylo již 860 koní poněkud málo. V Bulharsku nakonec žádné stroje vyrobeny nebyly, a Avie zařadily do stíhací školy Dolna Mitropolja. Čtyři kusy se měly zúčastnit v roce 1944 útoku na spojenecké

bombardéry a měly sestřelit jeden Liberator. Ale o tom, zda tomu tak bylo, se vedou spory. Historie "československého spitfira" tak skončila velmi záhy a nešťastně službou na straně toho, proti komu měla bránit samostatnost republiky.[5]

## 4 Technický pohled

### 4.1 Třípohledový výkres



Obr. 4.1 Třípohledový výkres [6]

## 4.2 Technické parametry

### Základní rozměry

Rozpětí	10,85 m
Délka	8,5 m
Výška	2,6 m

### Rozměry křídla

Plocha křídla	17,00 m <sup>2</sup>
Štíhlost	6,92
Hloubka kořenového profilu	2,117 m
Hloubka SAT	1,709 m
Plocha křidélek	1,14 m <sup>2</sup>
Plocha klapek	2,18 m <sup>2</sup>

### Rozměry ocasních ploch

Plocha vodorovné ocasní plochy	2,670 m <sup>2</sup>
Rozpětí vodorovné ocasní plochy	3,200 m
Plocha výškového kormidla	1,076 m <sup>2</sup>
Plocha svislé ocasní plochy	2,134 m <sup>2</sup>
Rozpětí svislé ocasní plochy	1,676 m
Plocha směrového kormidla	0,932 m <sup>2</sup>

### Hmotnosti

Maximální vzletová hmotnost	2447 kg
Prázdná hmotnost	2065 kg
Palivo	225 kg
Olej	25 kg

### Letové výkony

Maximální rychlost v horizontálním letu	521 km/h
Minimální rychlost v horizontálním letu	221 km/h
Cestovní rychlost v horizontálním letu	372 km/h
Maximální návrhová rychlost	715 km/h
Minimální rychlost s klapkami a podvozkem	174 km/h
Délka vzletu	240 m
Délka přistání	310 m

### Geometrie podvozku

Rozchod	2,382 m
Rozvor	5,373 m

Avia B-135 byl stíhací samonosný dolnokřídový jednoplošník smíšené konstrukce s klasickými jednoduchými ocasními plochami a zatahovacím podvozkem záďového typu.



Trup letounu měl příhradovou kostru z ocelových trubek, které byly vzájemně spojeny pomocí styčnickových plechů, nýtů a šroubů. Svařování nebylo z důvodu snadné výměny poškozených dílů použito. Úhlopříčné výztuhy přední části trupu tvořily ocelové trubky, v zadní části byly použity ocelové profilové dráty. Vyztužení horní a dolní roviny za pilotním prostorem bylo z trubek, které svými kulovými čepy seděly v lůžkách postranic. Trubky vztyčené nad základní kostru za sedadlem pilota tvořily jeho ochranu při převrácení. K horním podélníkům trupu a ke kování na předním nosníku křídla bylo čtyřmi čepy uchyceno motorové lože, sešroubované a snýtované z ocelových trubek a duralových nosníků. Uvnitř duralových nosníků byly uloženy gumové tlumiče vibrací pro upevňovací šrouby motoru.

Celá přední část trupu až za kabinu pilota byla zakryta odnímatelnými elektronovými panely, které se připevňovaly na rám svářený z ocelových trubek. Často snímané panely byly upevněny prostřednictvím rychlozámek „Avia“, ostatní zajištěnými šrouby. Podobným způsobem byla snímatelnými panely s kontrolními otvory zakryta i část trupu pod ocasními plochami. Střední část trupu byla zhotovena z profilových latěk zasazených v příčných obloučcích a potažená plátnem.

Třídílný překryt pilotního prostoru, čelní štítek, střední vzad odsouvatelný a zadní díl byly vyrobeny ze syntetického skla značky „Plexiglas“ v trubkových rámech. Posuvnou část bylo možné zaaretovat v jakékoliv poloze. Větrání pilotního prostoru se provádělo kruhovou klapkou ve štítu kabiny. K vytápění kabiny se využíval regulovatelný přívod teplého vzduchu od vodního chladiče.

Pilotní sedadlo, kolečkem na pravé straně stavitelné v rozsahu 120 mm, bylo uzpůsobeno pro zádový padák. Poutací systém pásů pilota byl pětibodový s rychlospojem, čs. standardu. Na pravé straně sedadla byla uvolňovací páka postroje. Pedály nožního řízení byly také stavitelné. Kruhové držadlo řídicí páky mělo ve svém středu spoušť palubních zbraní, vpravo za ní páčku brzd. Páky ovládání plynu, klapky vodního chladiče, benzínového kohoutu a tlačítka odhozu pum byly umístěny na levé straně pilotního prostoru. Na pravé straně byla umístěna dvoudílná schránka na mapy, signální raketová pistole a 10 raket. Vpravo za palubní deskou byla napojena hadice dýchače, vlevo kyslíková lahev. Hlavní přístrojová deska, odpružená zavěšená, obsahovala kompletní sadu letových a motorových přístrojů a vystupovala z ní táhla superboostu, přídatného mazání motoru, hasicího přístroje, nabíjení zbraní a nastřikovací pumpa. Pod hlavní deskou byla zavěšena pomocná spínací skříňka a na podlaze panel nouzového hydraulického ovládání klapek a podvozku. Ručně ovládaný hasicí přístroj s dvoulitrovou lahví byl uchycen na trubkové konstrukci trupu v pravé části pilotního prostoru. K oběma blokům motoru byly vyvedeny dvě větve. Za sedadlem pilota se nacházel zavazadlový prostor, místo pro radiostanici VZ. 35 a vzduchová lahev brzdového systému. Ovládání radiostanice bylo upevněno na levé straně pilotního sedadla. Schránka lékárničky byla u sériových letounů za sedadlem, dostupná zvenku.

Signální svítlna pod sedadlem pilota měla svítit zaskleným kruhovým otvorem ve spodní stěně trupu.

Křídlo celodřevěné konstrukce bylo sestavené jako průběžné s eliptickým tvarem odtokové hrany, ale rovnou náběžnou hranou. Dva skříňové nosníky byly osazené 25 žebry s profilem NACA 23012 - 23020 a celek potažen překližkou. Na tento nosný potah byla naklídžena tzv. pancéřová překližka (překližka o síle 1,2 mm s nalepeným hliníkovým plechem o síle 0,2 mm), která zajišťovala křídlu hladký povrch a zvyšovala jeho odolnost proti vnějším vlivům. K lepení nosníků a žeber se používal kaurit, pro překližky bakelit. Ve středu náběžné hrany pravého křídla byla elektricky vyhřívaná trubice rychloměrného systému firmy Prema.

Křídélka byla šterbinová, aerodynamicky i staticky vyvážená a uložená na kuličkových ložiscích. Kostra byla svařena z ocelových trubek a potažena plátnem. Řízení bylo táhly, diferencované, 16° nahoru, 12° dolů. Celoduralové vztlakové klapky, vyztužené jednoduchými žebry, se ovládaly hydraulickým čerpadlem s náhonem od motoru. V nouzi ručním čerpadlem. Maximální výchylka klapek byla 55°, ověřená doba vysunutí i zasunutí činila 7,5 s. Křídlo se k trupu připevňovalo přes kování čtyřmi čepy. Na spodní straně křídla bylo kování upraveno k montáži pumových závěsníků.

Ocasní plochy byly samonosné, vodorovné a měly eliptický půdorys. Stabilizátor a kýlová plocha měly stejnou konstrukci jako křídlo. Směrové i výškové kormidlo bylo aerodynamicky i staticky vyváženo. Veškeré řídicí plochy byly uloženy v kuličkových ložiscích. Kostry kormidel byly snýtovány z ocelových trubek a potaženy plátnem. Vyvažovací ploška směrového kormidla byla stavitelná pouze na zemi, ale plošku výškového kormidla mohl ovládat pilot z kabiny za letu. K řízení výškového kormidla sloužil kombinovaný náhon, táhlo a lana. K řízení směrového kormidla sloužily lana. Maximální výchylka směrového kormidla byla 29° vpravo i vlevo, výškového kormidla 28° nahoru a 25° dolů.

Podvozek byl zatahovací, jen část ostruhového kolečka vystupovala ze spodního obrysu trupu. Hlavní podvozkové nohy s rozchodem kol 2510 mm byly vybaveny olejopneumatickými tlumiči „Avia“ a zavěšeny na zadní straně předního nosníku křídla. Letmo uchycená kola s pláště Conti 650 x 180 mm měla pneumatické kotoučové brzdy Argus. Zatahování se dělo hydraulicky směrem ke koncům křídel. Dvoudílný kryt zakrýval pouze vzpěru a jen část kola. Otočnou ostruhu s pneumatikou Conti 290 x 110 bylo možné zaaretovat ve střední poloze. Sklápěla se směrem dozadu, šachta neměla zakrytí. Pneumatické brzdy a intenzita brzdění se ovládaly páčkou na řídicí páce, pedály nožního řízení pravé nebo levé kolo

Hydraulický systém byl určen k ovládání podvozku a vztlakových klapek. Hydraulické čerpadlo poháněl motor. V případě poruchy motoru nebo hydraulického čerpadla bylo možné vysunout podvozek pomocí hydraulického akumulátoru. Pokud by došlo k poškození i tohoto nouzového systému, podvozek bylo možné vysunout pneumaticky nebo jej mechanicky odjistit a k vysunutí došlo vlastní hmotností. Polohu podvozku oznamovala světelná signalizace.

Pneumatický systém nouzového vysouvání podvozku tvořil samostatný okruh napájený dvěma vzduchovými lahvemi. Jiný samostatný pneumatický okruh

sloužil k ovládání brzdového systému a k odhozu pum. Tlakové lahve se plnily na 14 kp/cm<sup>2</sup>, pracovní tlak byl redukován na 5,5 kp/cm<sup>2</sup>.

Elektrickou síť zásoboval akumulátor 13 Ah/ 12 V umístěný pod sedadlem na levé straně a generátor 300 W/ 12 V poháněný motorem. Ze sítě byla napájena poziční světla, osvětlení pilotního prostoru, signální světlomet, radiostanice, spouštění palubních zbraní a ukazatele polohy podvozku a přistávacích klapek.

Pohonnou jednotku představoval vodou chlazený dvanáctiválec do „V“, Avia HS 12Ycrs s kompresorem a reduktorem 3:2 s maximálním výkonem 632 kW (860 k) při 2400 ot/min v typové výšce 4000 m a startovním výkonu 588 kW (800 k) při 2200 ot/min u země. K motorovému loži byl připevněn 18 šrouby. Motor poháněl na zemi stavitelnou kovovou dvoulistou vrtuli Letov Hd 43. Ke spouštění sloužil pneumatický spouštěč Viet, který odebíral potřebný vzduch z letištní láhve. Přípojka byla umístěna na pravém boku trupu za odtokovou hranou křídla. Palivo nesly tři nádrže svařené z hliníkového plechu, dvě postranní s objemem po 125 l a jedna o 120 l, umístěné mezi nosíky ve střední části křídla. Plnicí hrdlo pro všechny tři nádrže bylo na prostřední (záložní) nádrži opatřené také vypouštěcím ventilem.

K šesti karburátorům Solex bylo palivo dopravováno dvěma rotačními čerpadly AM poháněnými motorem. Dálkovým řízením Teleflex Kablo pilot ovládal trojcestný palivový kohout, který dovozoval čerpat palivo ze dvou postranních nádrží jako celku. Po jejich vyčerpání přepnul na prostřední. Palivové potrubí bylo zhotoveno z ohebných hadic zn. Müllerit.

Chlazení vody zajišťoval voštinový chladič ve tvaru „U“ umístěný pod motorem a přichycený na motorové lože do 4 patek ocelovými pasy. Průtokové množství chladícího vzduchu pilot řídil regulační klapkou za chladičem pomocí trubkových táhel. Mosazná vyrovnávací nádrž vody o objemu 12,7 litru byla umístěna nad reduktorem motoru. V celé instalaci bylo celkem 65 litrů. Nádrž byla vybavena přetlakovým ventilem, který sloužil ke zvýšení bodu varu ve výškách. Podtlakový ventil omezoval tvoření podtlaku v instalaci prudkým ochlazením vody. Předepsaná byla čistá „pokud možno měkká“ voda. Potrubí vodní instalace bylo z hliníkových a měděných trubek.

Olejová nádrž o objemu 39 litrů, vyrobená z mosazného plechu, plnila díky své konstrukci a umístění, v náběžné hraně levé poloviny křídla, zároveň úlohu chladiče. Uvnitř byl elektrický ohřívač oleje typu ČKD 500 W/220 V napájený z pozemního zdroje, který udržoval provozní teplotu oleje a teplotu v okruhu řídil automatický regulátor teploty. Potrubí bylo ocelové.[7]

## 5 Hydraulický systém Avia B-135

### 5.1 Hydraulika

Hydraulický systém letounu Avia B-135 zajišťoval vysouvání a zasouvání podvozku. Dále se staral o pohon vztlakové mechanizace letounu, tedy klapky. O dodávku hydraulické kapaliny se staralo zubové čerpadlo, které bylo hnáno přímo od motoru. Jako jistící prvek při výpadku čerpadla a pro rychlejší reakci byl obvod doplněn o akumulátor. Pro řízení průtoku kapaliny byl s největší pravděpodobností použit čtyřcestný třípolohový ventil pro podvozek a ten samý ventil i pro klapky. Pro vysouvání a zasouvání podvozku byly použity tři přímočaré hydromotory. Hlavní podvozek byl poháněn dvojicí motorů, které byly uchyceny k rotačnímu čepu podvozkové nohy. Při zasouvání motoru docházelo k vysunutí hlavního podvozku a při vysouvání motoru se hlavní podvozek zavíral. Podvozek se vysouval i zasouval při pracovním tlaku v obvodu max 220 Atm , což je 22,3 MPa (223 bar). Minimální tlak, kdy byl podvozek ještě schopen pohybu byl 150 atm, 15,2 MPa (152 bar). Ostruha byla poháněna třetím přímočarým hydromotorem, který byl uchycen ke zlamovací vzpěře. Při vysouvání motoru se ostruha vysouvala, při zasouvání zasouvala.

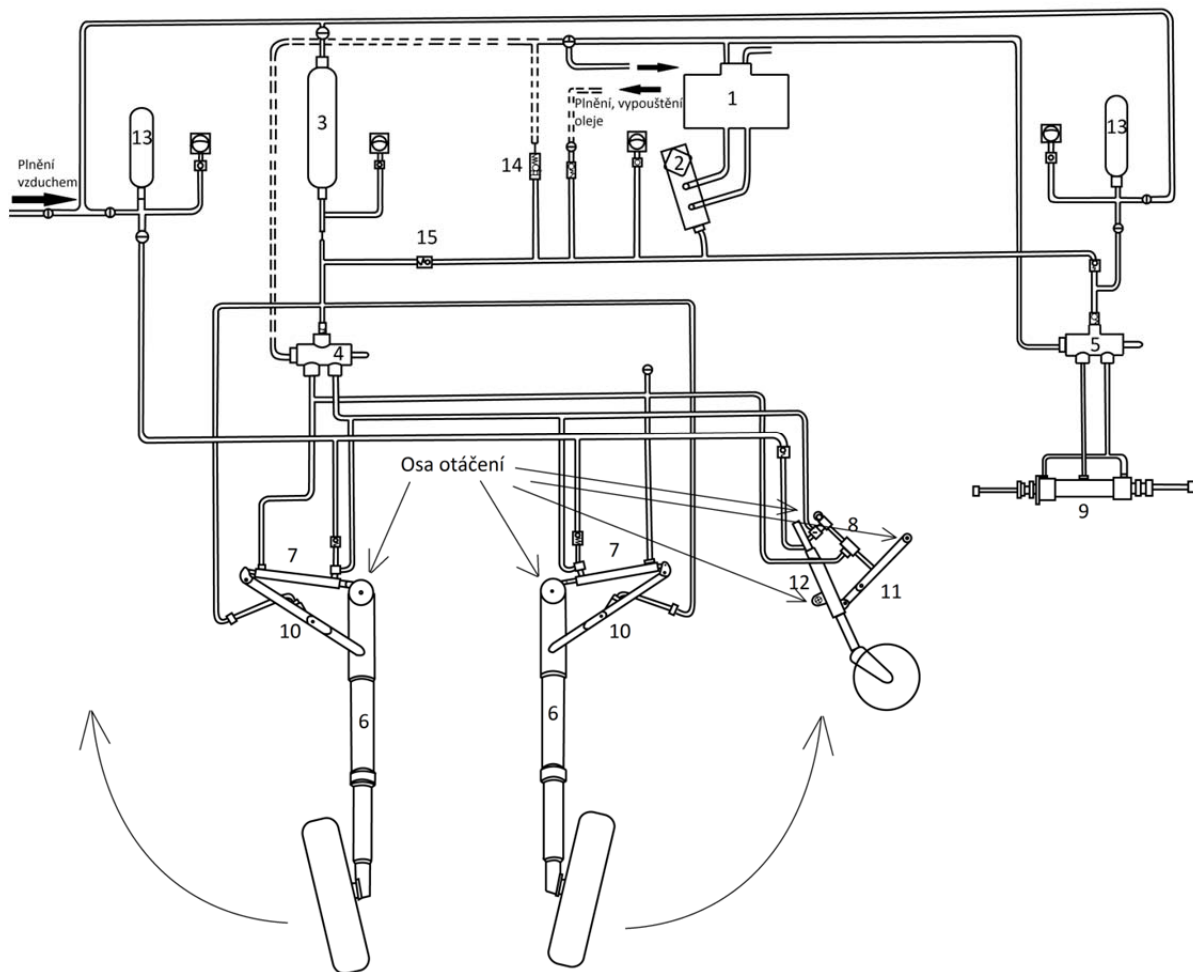
Hlavní podvozek byl při přistání, tedy v otevřené poloze, zajištěn pomocí přenastavení ovládacího ventilu do středové polohy, čímž bylo zamezeno proudění oleje v hydromotorech. To zajišťovalo, aby se podvozek při přistání nezavřel. V zasunuté poloze byl podvozek držen protitlakem v hydraulickém obvodu.

Pro pohon klapky byl použit dvojčinný oboustranný (tandemový) přímočarý hydromotor, který byl řízen vlastním čtyřcestným třípolohovým ventilem. Klapky se při vysouvání hydromotoru vyklápěly.

### 5.2 Nouzový pohon

Pro nouzové vysunutí podvozku sloužil hydraulický akumulátor umístěný v obvodu. Letoun byl pro případ nouze vybaven také dvěma vzduchovými zásobníky. Jeden ze zásobníků sloužil pro jednosměrné nouzové otevření podvozku při poruše hydraulické části systému. Druhý zásobník bylo pak možné v nouzovém režimu použít pro ovládání klapky. Aby se vzduch nedostal k pohonným částem hydraulického systému, byla všechna přívodová potrubí k akčním členům vybavena zpětným ventilem, který zabránil zpětnému proudění vzduchu do hydraulického systému. Podvozek byl také vybaven dvěma hydraulickými zámky na zlamovacích vzpěrách, které při poklesu tlaku v obvodu pod 150 Atm zajistily automaticky podvozek pomocí pružinového mechanismu umístěného v hydraulickém válci zámku.

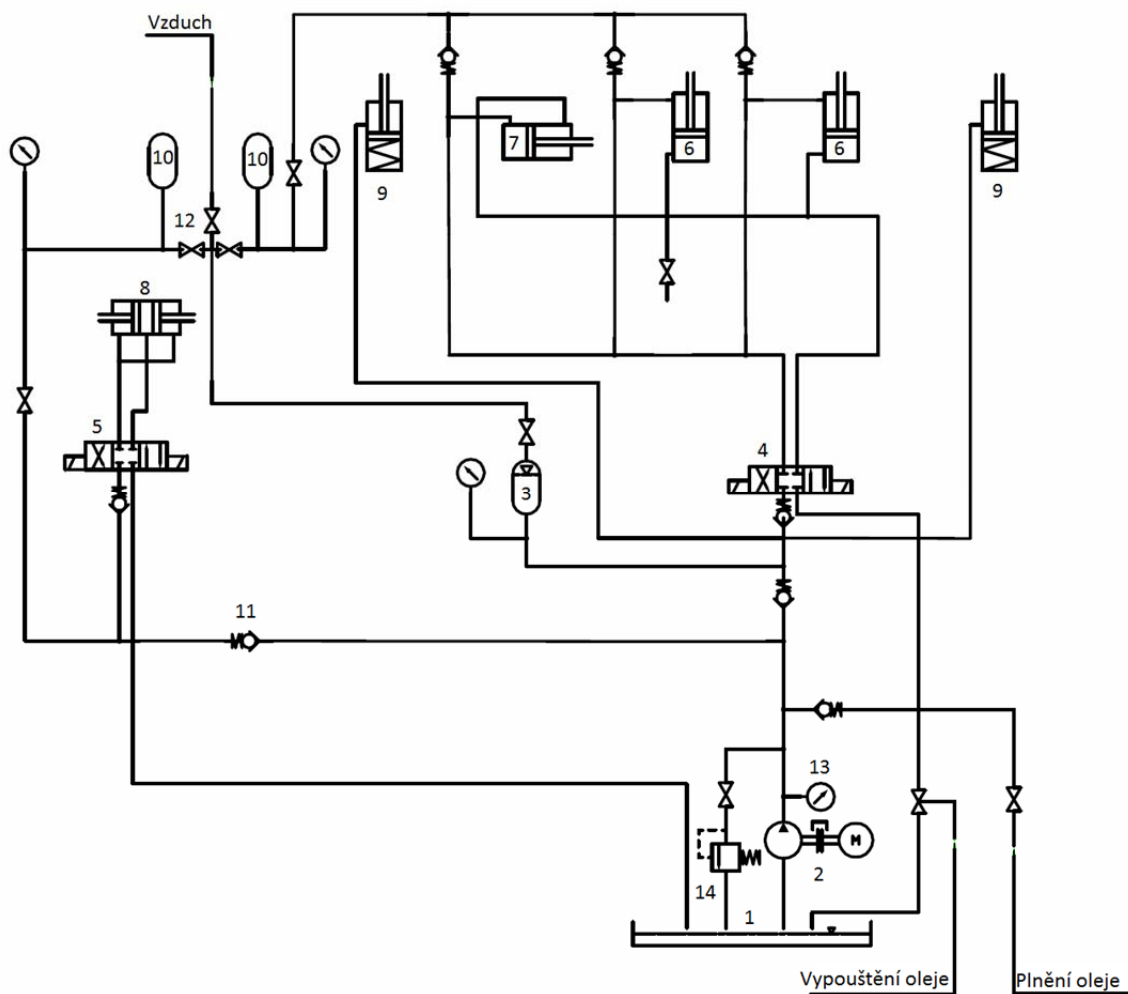
### 5.3 Výkres hydraulického systému Avia B-135



Obr. 5.1 Výkres hydraulického systému Avia B-135

- |  |   |
|--|---|
| 1. Olejová nádrž                             | 8. Pracovní válec (ostruha)               |
| 2. Zubové čerpadlo                           | 9. Dvočinný oboustranný (tandemový) válec |
| 3. Akumulátor                                | 10. Zlamovací vzpěra se zámkem            |
| 4. Čtyřcestný, třípolohový ventil (podvozek) | 11. Zlamovací vzpěra (ostruha)            |
| 5. Čtyřcestný, třípolohový ventil (klapky)   | 12. Ostruha (tlumič)                      |
| 6. Hlavní podvozek (tlumič)                  | 13. Vzduchové zásobníky                   |
| 7. Pracovní válce hlavního podvozku          | 14. Přetlakový ventil                     |
|  | 15. Zpětný ventil                         |

## 5.4 Blokové schéma



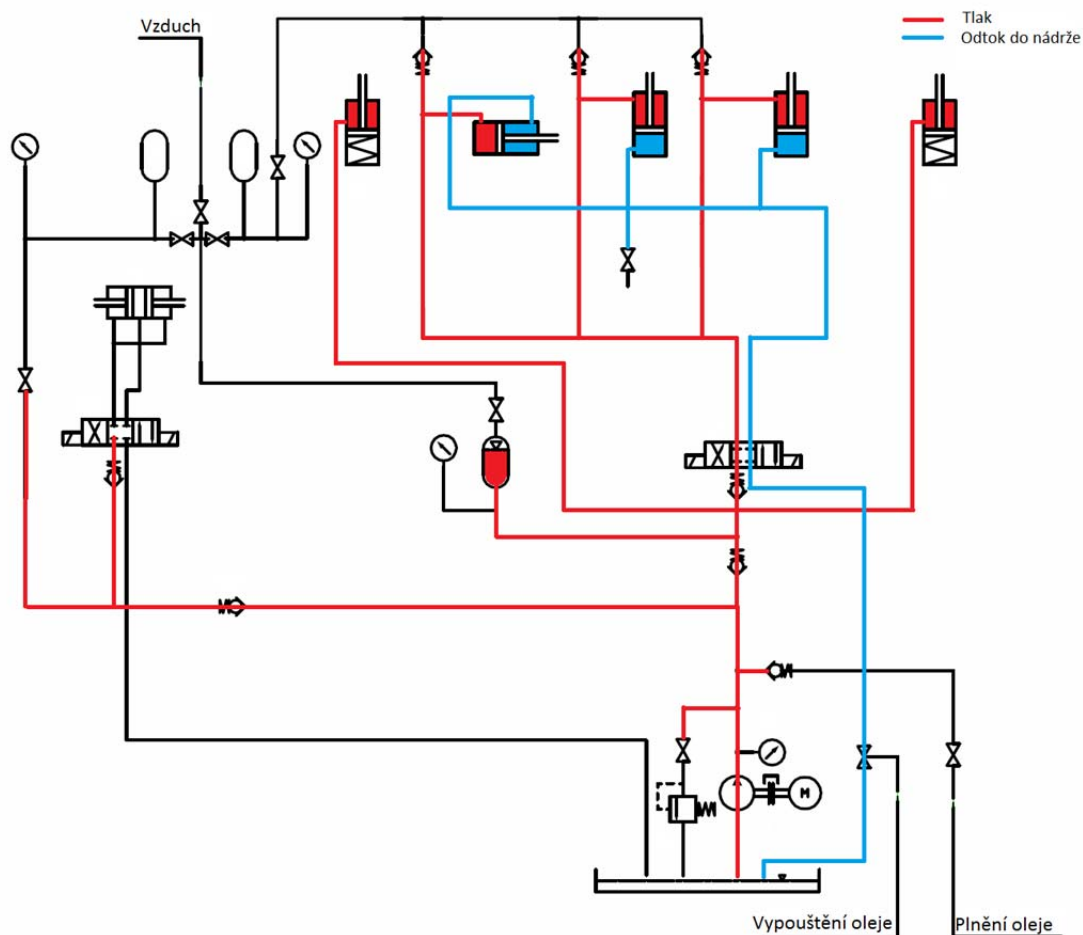
Obr. 5.2 Blokové schéma hydrauliky Avia B-135

- |  |   |
|--|---|
| 1. Olejová nádrž                             | 8. Dvojčinný oboustranný (tandemový) válec klapky |
| 2. Zubové čerpadlo s pohonem                 | 9. Hydromechanický zámeček                        |
| 3. Akumulátor                                | 10. Vzduchový zásobník                            |
| 4. Čtyřcestný, třípolohový ventil (podvozek) | 11. Zpětný ventil                                 |
| 5. Čtyřcestný, třípolohový ventil (klapky)   | 12. Kohout  |
| 6. Přímočarý hydromotor (hlavní podvozek)    | 13. Manometr                                      |
| 7. Přímočarý hydromotor (ostruha)            | 14. Pojistný (přetlakový) ventil                  |

## 5.5 Operační možnosti obvodu

V následujících schématech jsem se pokusil zachytit základní stavy, ve kterých se hydraulický obvod letounu mohl nacházet.

### 5.5.1 Vysouvání podvozku

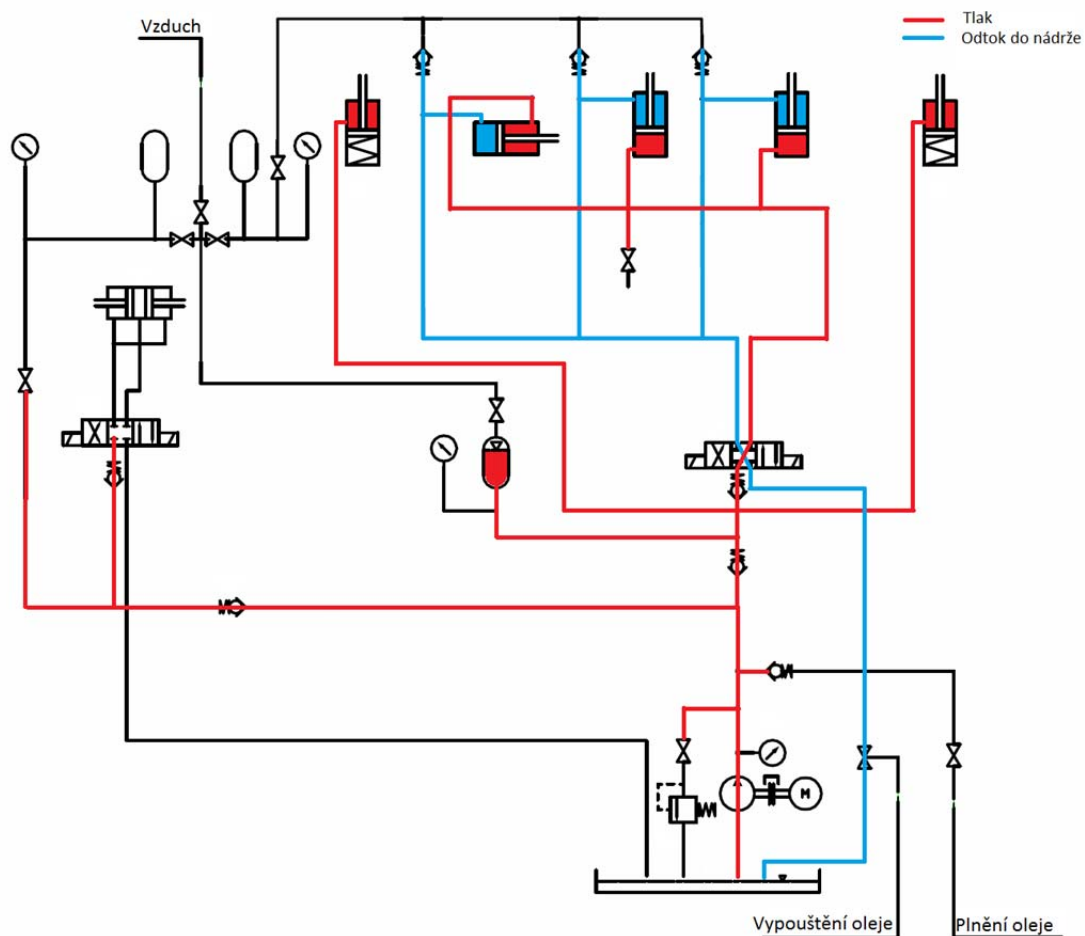


Obr. 5.3 Schéma vysouvání podvozku

Při vysouvání podvozku se čtyřcestný ventil přenastaví do pravé krajní polohy. Tím může kapalina procházet od čerpadla k přímočarým hydromotorům. Při pracovním cyklu podvozku, pomáhá čerpadlu ještě akumulátor. U hlavního podvozku kapalina proudí nad píst a tím vyvolává pohyb pístu, který je přes pístnici napojen na hlavní podvozkovou nohu. V důsledku působení této síly se začne hlavní podvozek otevírat. Zajištění podvozku v otevřené poloze je řešeno tlakem v pracovních válcích. Hydromechanické zámky ve zlomovacích vzpěrách zůstávají díky tlaku v obvodu nezajištěné.

U přímočarého hydromotoru, který je napojen na ostruhu, začne kapalina proudit pod píst. Tím vyvolá pohyb pístu a tento pohyb je přes pístnici převeden na zlomovací vzpěru ostruhy, která se narovná a vysune zadní podvozek. Hydraulická kapalina z druhé strany pístů odchází přes čtyřcestný ventil zpět do nádrže.

## 5.5.2 Zasouvání podvozku

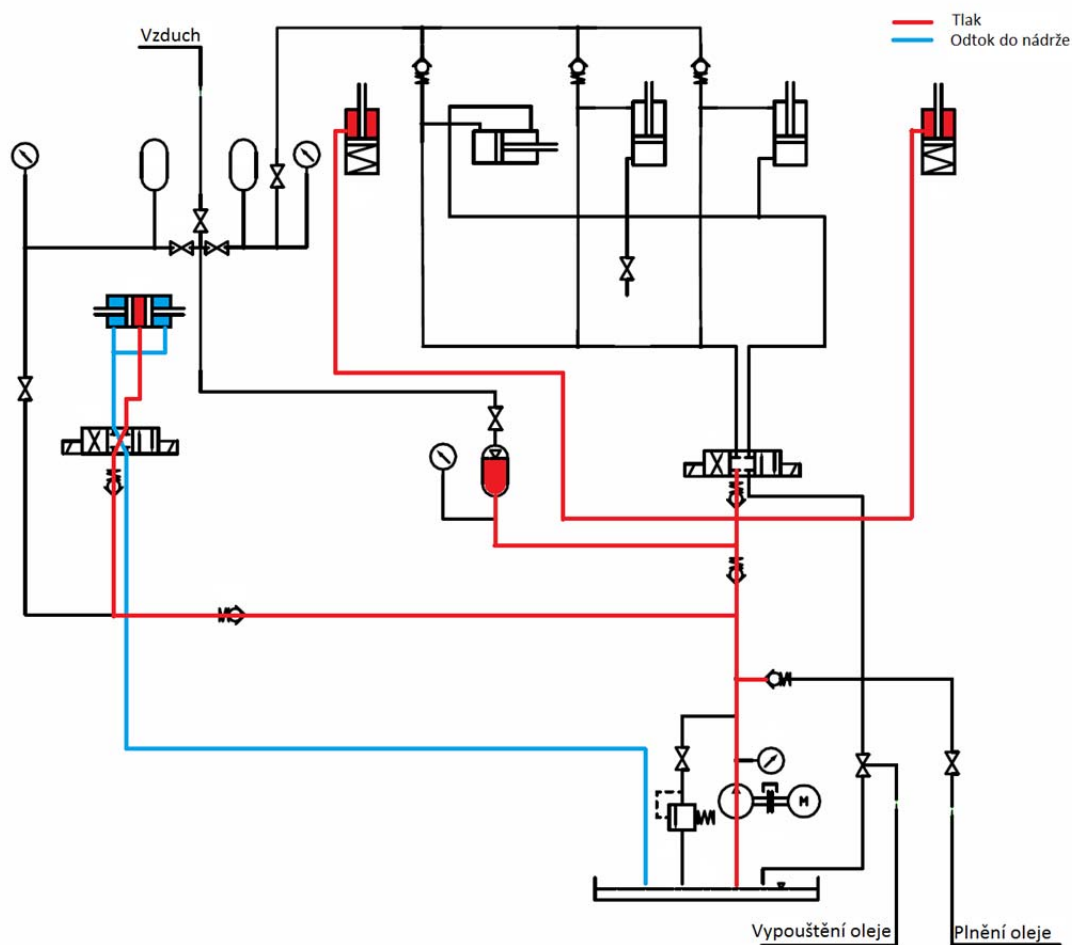


Obr. 5.4 Schéma zasouvání podvozku

Při zasouvání podvozku se čtyřcestný ventil přenastaví do levé krajní polohy. Tím začne kapalina procházet od čerpadla a akumulátoru k přímočarým hydromotorům, ale tentokrát na opačnou stranu pístů. Poté se vlivem působení kapaliny na písty podvozku, které se dají do pohybu, začne podvozek zasouvat až do krajní polohy pístů, kdy je zasunut. V zasunuté poloze je podvozek držen protitlakem v hydraulickém obvodu.



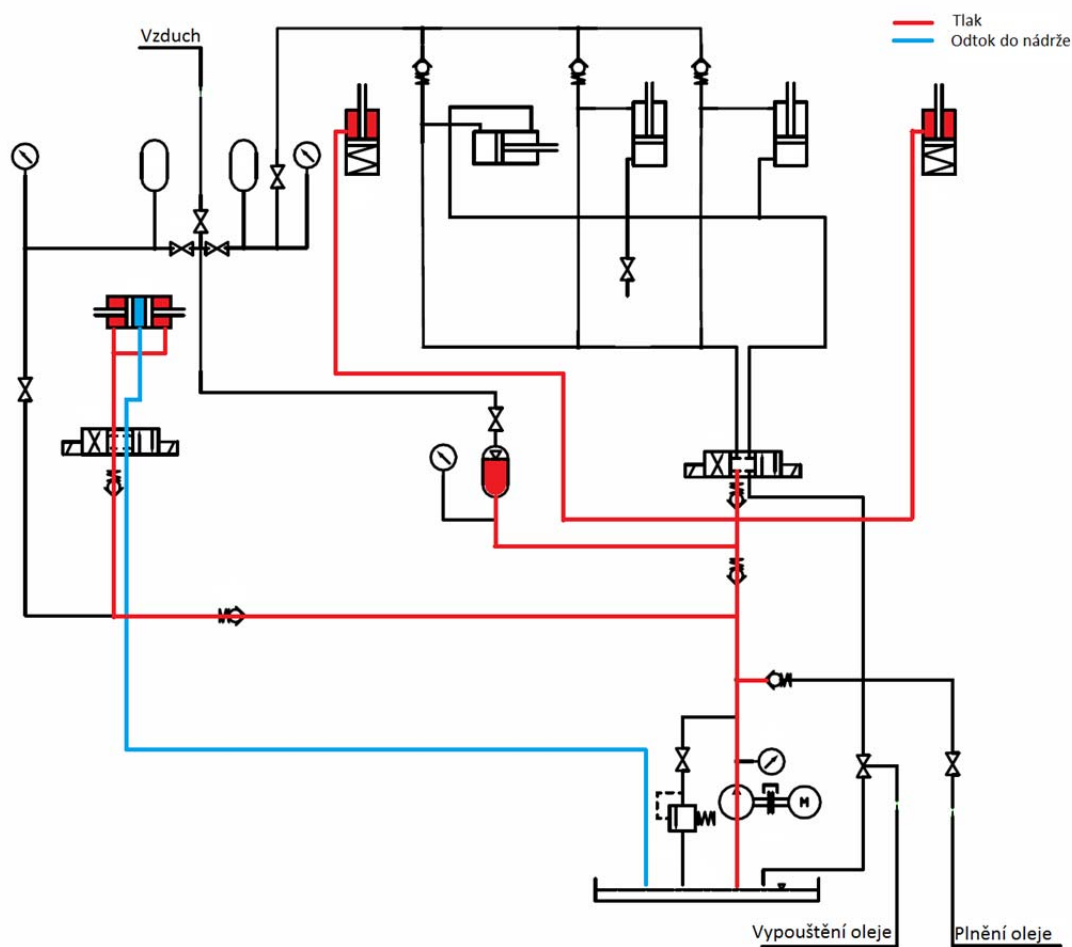
### 5.5.3 Vysouvání klapek



Obr. 5.5 Schéma vysouvání klapek

Při samostatném vysouvání klapek je čtyřcestný ventil pro ovládání podvozku přenastaven do středové polohy a tím je podvozková část obvodu uzavřena. Kapalina z akumulátoru se k pracovnímu pístu klapek nedostane, protože je pod akumulátorem umístěn zpětný ventil. Druhý čtyřcestný ventil pro ovládání klapek se přenastaví do levé krajní polohy. Tím začne kapalina proudit do středové části dvojčinného oboustranného hydromotoru a písty se začnou posouvat do stran a tím přes náhon vztlačové mechanizace vysunou klapky na křídlech. Kapalina z druhé strany pístů odchází přes ventil zpět do nádrže.

### 5.5.4 Zasouvání klapek

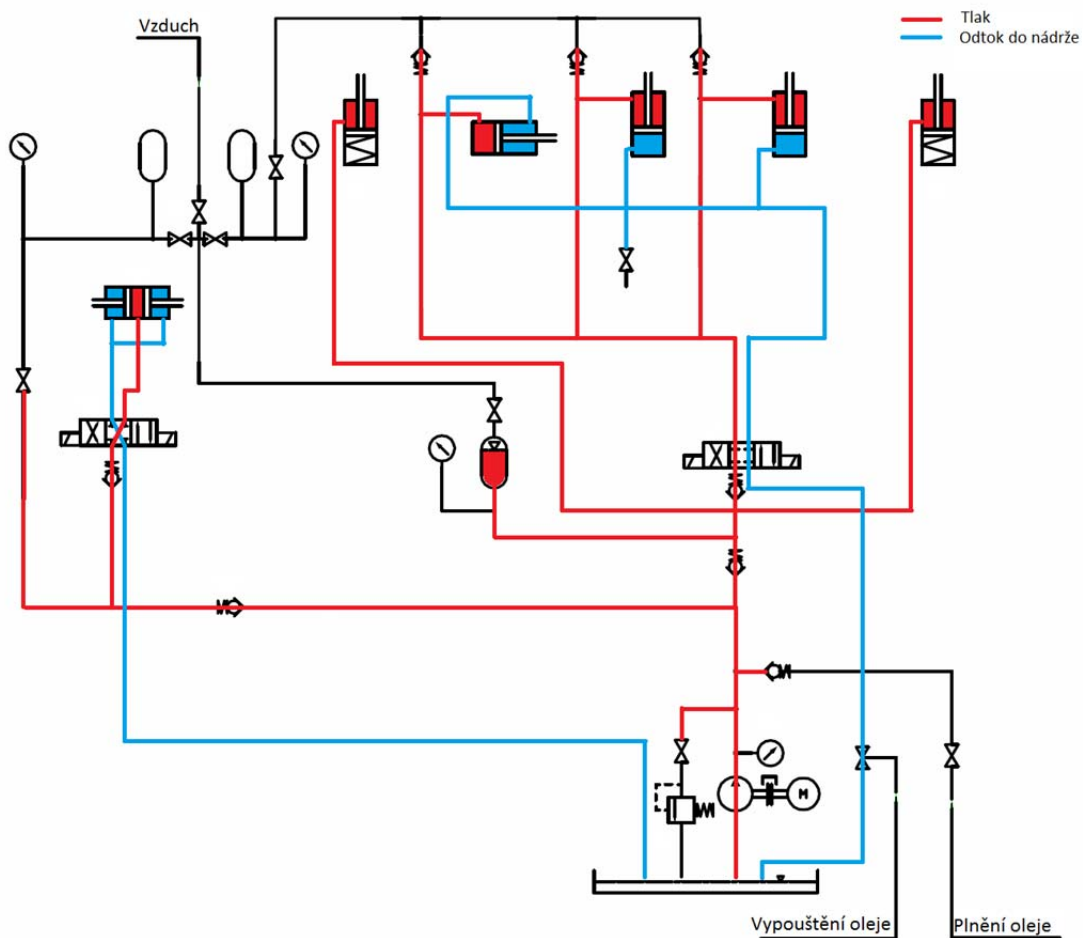


Obr. 5.6 Schéma zasouvání klapek

Při samostatném zasouvání klapek je čtyřcestný ventil pro ovládání podvozku přenastaven do středové polohy a tím je podvozková část obvodu uzavřena. Akumulátor pracovnímu cyklu nepomáhá ze stejného důvodu, jako v předchozím případě. Čtyřcestný ventil pro ovládání klapek se přenastaví do pravé krajní polohy. Tím začne kapalina proudit do krajních částí dvojčinného oboustranného hydromotoru a písty se začnou pohybovat směrem dovnitř. Přes náhon vztlakové mechanizace se pak začnou klapky zasouvat. Kapalina ze středové části odchází přes ventil zpět do nádrže.

### 5.5.5 Klapky + podvozek

Pro ukázkou stavu proudění kapaliny pro podvozek i klapky jsem vybral stav vysouvání podvozku a vysouvání klapek.



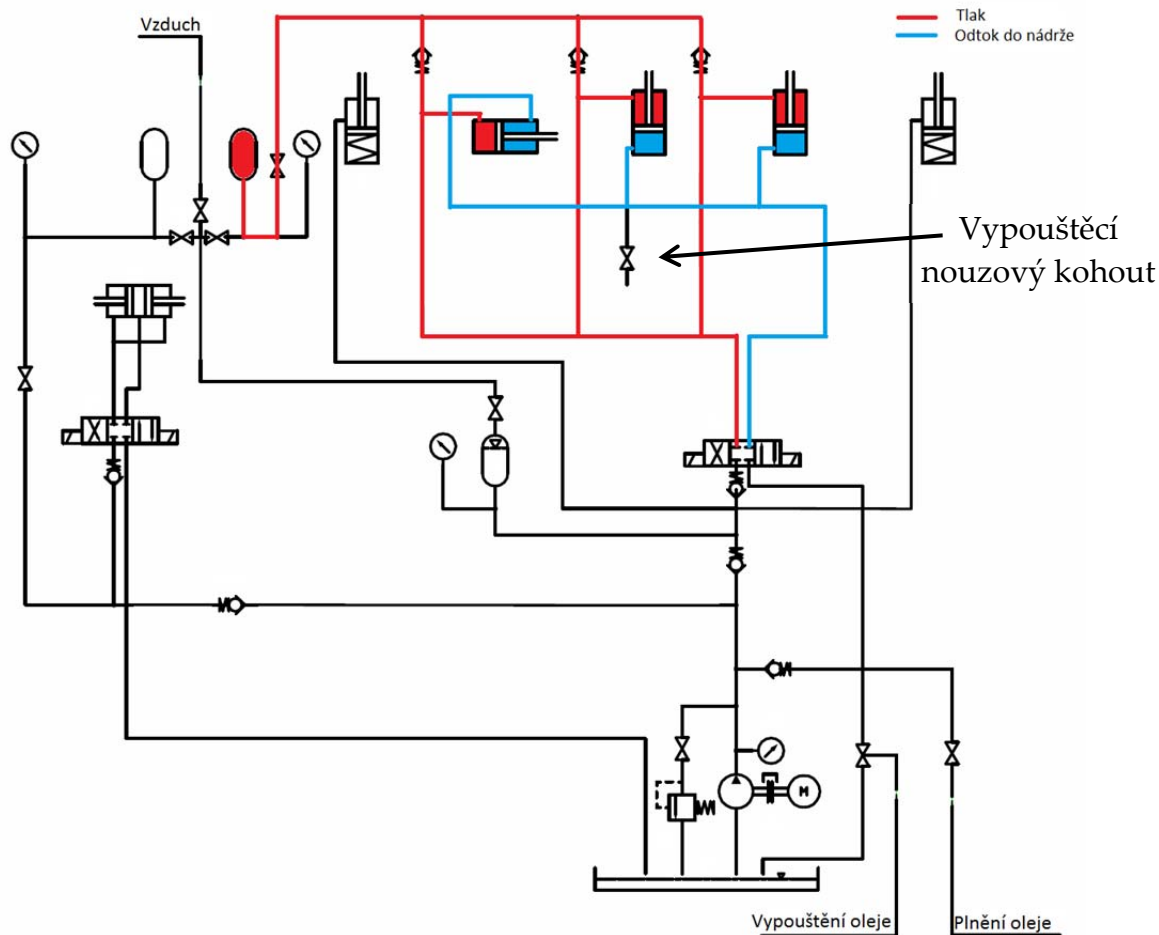
Obr. 5.7 Schéma vysouvání podvozku a klapek

Tento případ je kombinací cyklů vysouvání podvozku a vysouvání klapek. K vysunutí podvozku je použito čerpadla v kombinaci s akumulátorem. Pro vysunutí klapek je použit pohon pouze od čerpadla vzhledem k umístění zpětného ventilu pod akumulátorem.

## 5.6 Nouzové režimy

Následující schémata zobrazují režimy obvodu s použitím záložních nouzových vzduchových nádob pro pohon podvozku a klapek.

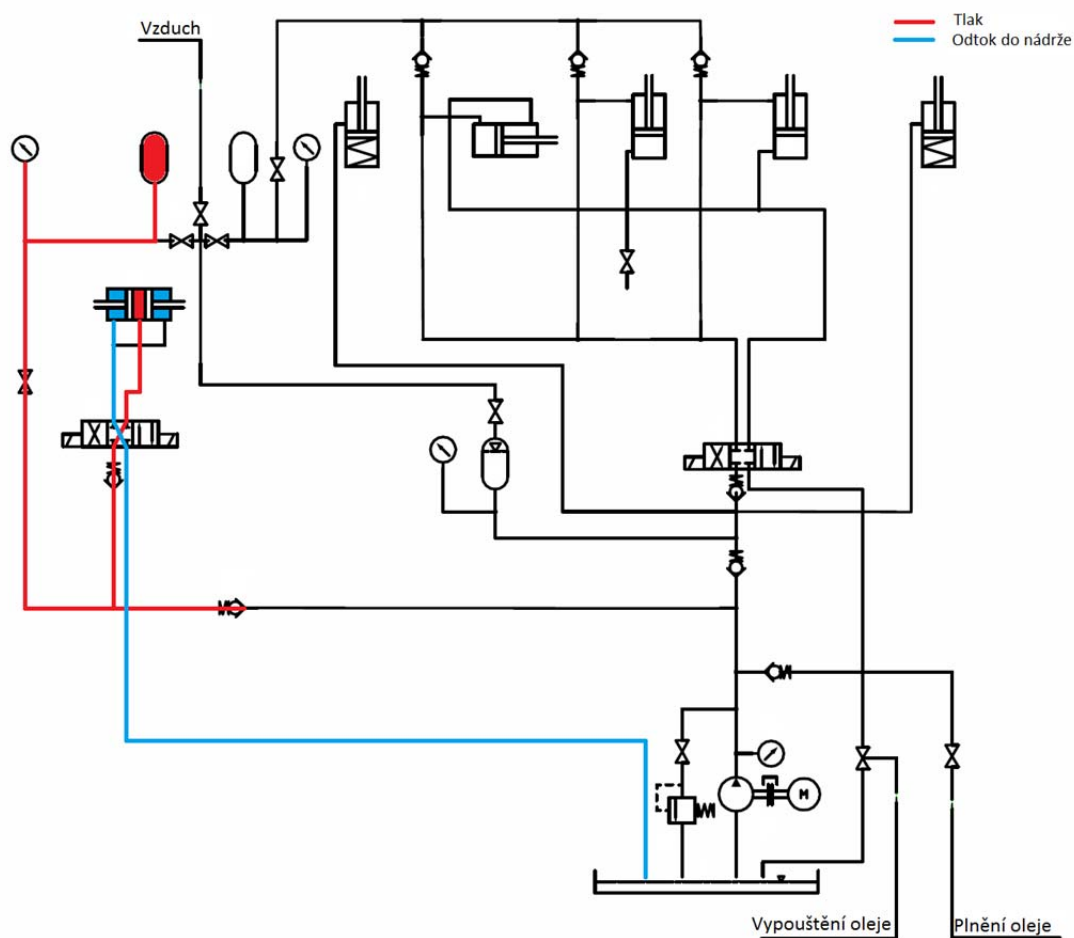
### 5.6.1 Nouzové vysunutí podvozku



Obr. 5.8 Schéma nouzového vysunutí podvozku

Pro nouzové otevření podvozku, při poruše hydrauliky, bylo zapotřebí povolit kohout přívodu vzduchu z tlakové nádoby pro podvozek. Poté došlo k přemístění tlakového vzduchu do prostoru pracovní části podvozku hydraulického obvodu a tím byl podvozek vysunut a zajištěn, dále již nebylo možné s ním nijak manipulovat. K vysunutí nebylo za potřeby ovládacího čtyřcestného ventilu. Přebytečný olej mohl odcházet z obvodu vypouštěcím nouzovým kohoutem.

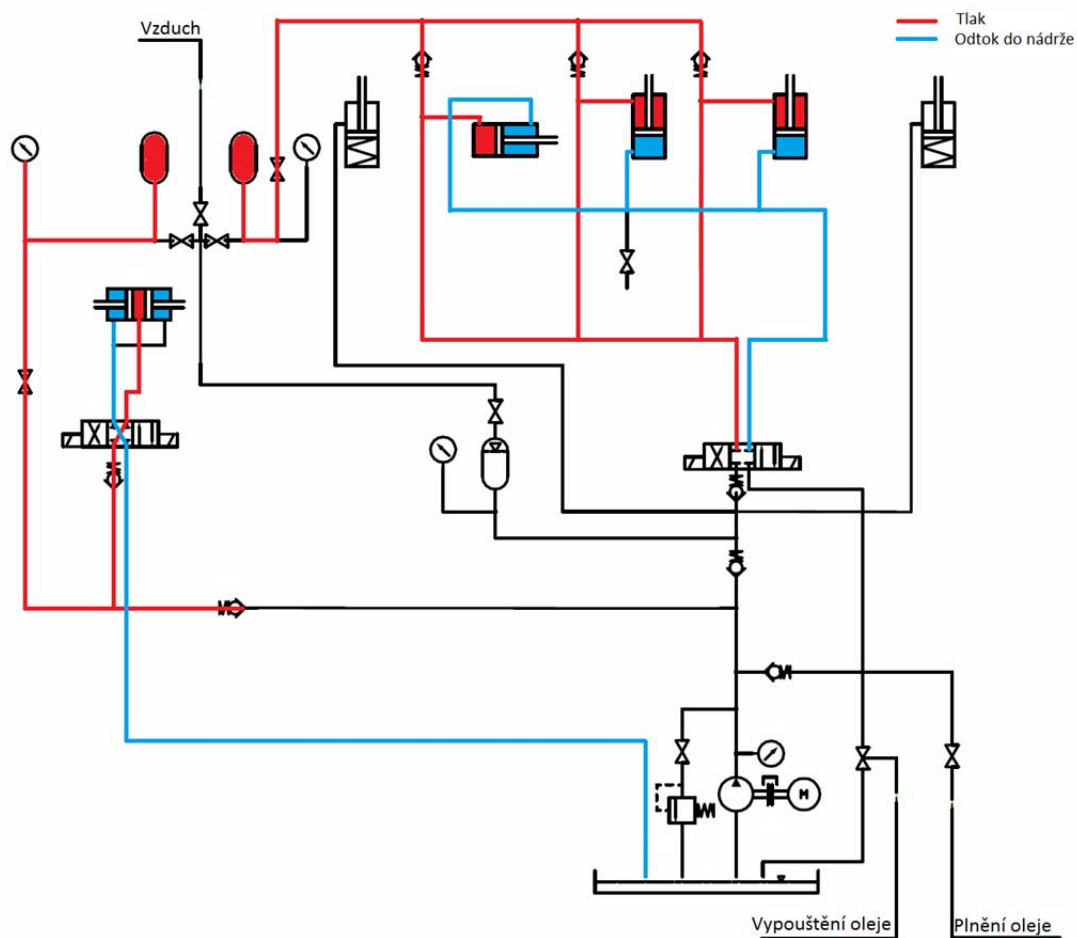
## 5.6.2 Nouzové vysunutí klapek



Obr. 5.9 Schéma nouzového vysunutí klapek

Pro nouzové ovládání klapky se povolil kohout přívodu tlakového vzduchu z tlakové nádoby pro klapky. Poté bylo již možno po omezenou dobu ovládat klapky bez přívodu hydraulické kapaliny. Pro ovládání pomocí vzduchu se využívalo čtyřcestného ventilu, který sloužil i pro ovládání za běžných podmínek.

### 5.6.3 Nouzové vysunutí klapky + podvozku



Obr. 5.10 Schéma nouzového vysunutí klapky + podvozku

Toto schéma je kombinací předešlých nouzových stavů hydraulického obvodu, když nebylo možno pro jeho správné fungování zajistit dodávku hydraulické kapaliny k výkonovým prvkům. Aby se vzduch z nouzových tlakových nádob nedostal do jiných částí obvodu, než byl určen, bylo zajištěno zpětnými ventily.

## 6 Volba hydraulických komponent

Hydraulický obvod letounu Avia B-135 se skládal ze dvou hydraulických válců na hlavním podvozku, jednoho válce ostruhy a tandemového dvojčinného válce pro ovládání klapek. Na zlomovacích vzpěrách hlavního podvozku byl namontován hydraulický válec s pružinou, který v případě nízkého tlaku v obvodu uzamknul podvozek po vysunutí. O hlavní dodávku tlakové kapaliny se staralo zubové čerpadlo hnané přímo od motoru letounu. Jako jisticí prvek byl v obvodu umístěn akumulátor starající se o okamžitou dodávku tlaku a v případě nouze bylo možné vysunout podvozek pouze s jeho pomocí. Obvod taktéž obsahoval zpětné ventily, škrťací ventily a pojišťovací ventil.

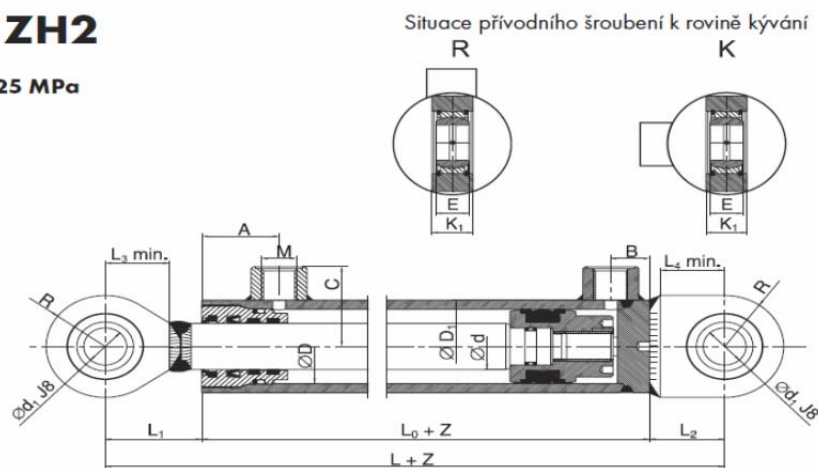
### 6.1 Válec hlavního podvozku

Pro válec hlavního podvozku byl zvolen hydromotor od firmy Hydraulics s.r.o.

Zdvih	127 mm
Tlak	22 Atm
<b>Průměr pístu</b>	<b>32 mm</b>
<b>Průměr pístnice</b>	<b>18 mm</b>
Déka: zasunutá poloha	355 mm
Délka: vysunutá poloha	482 mm
Počet kusů:	2

### Série ZH2

pro  $P_{max}$  25 MPa



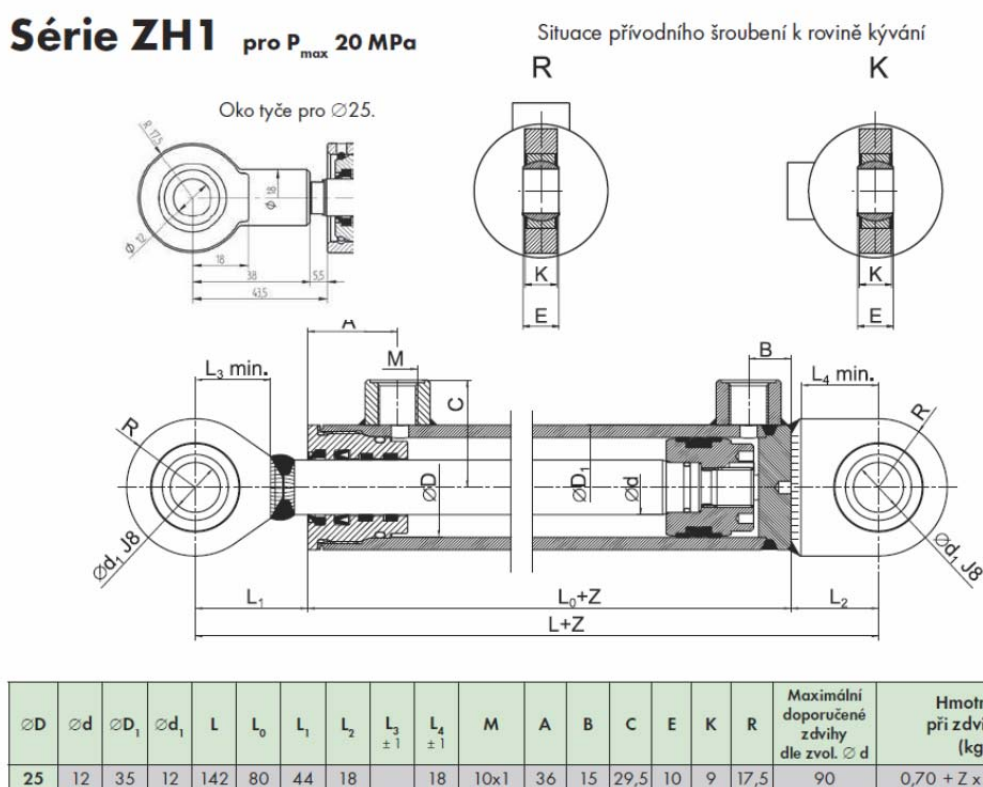
ØD	Ød	ØD <sub>1</sub>	Ød <sub>1</sub>	L	L <sub>0</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub> ±1	L <sub>4</sub> ±1	M	A	B	C	E	K <sub>1</sub>	R	Maximální doporučené zdvihy dle zvol. Ø d	Hmotnost při zdvihu Z (kg)
32	18	42	20	175	95	45	35	30	30	12x1,5	36	18	39	16	20	27,5	170	1,80 + Z x 0,00656

Obr. 6.1 Válec hlavního podvozku [8]

## 6.2 Válec ostruhy

Pro válec ostruhy byl použit hydromotor od firmy Hydraulics s.r.o.

Zdvih	82 mm
Tlak	20 Atm
<b>Průměr pístu</b>	<b>25 mm</b>
<b>Průměr pístnice</b>	<b>14 mm</b>
Déka: zasunutá poloha	232,5 mm
Délka: vysunutá poloha	314,5 mm
Počet kusů:	1



Obr. 6.2 Válec ostruhy [8]

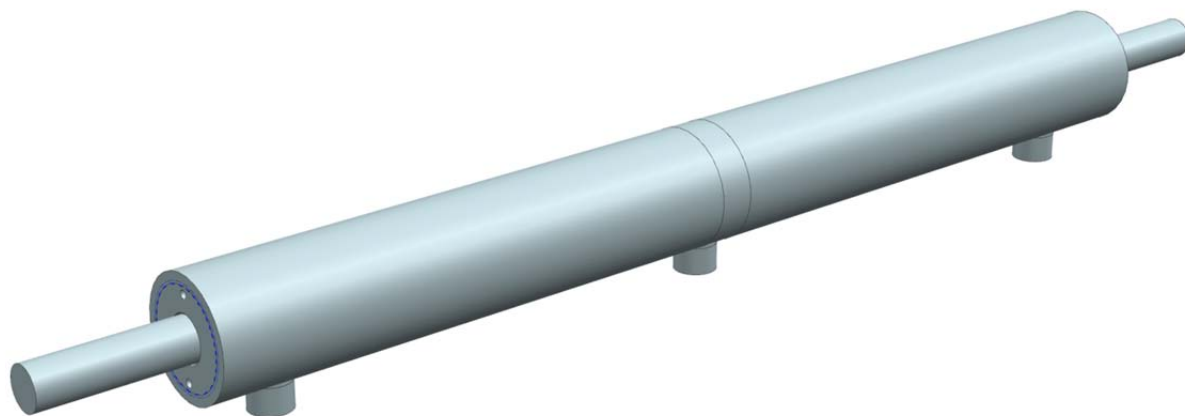
Oproti katalogovému modelu, který prodává firma Hydraulics byly vybrány vstupy tlaků shodné s válcem hlavního podvozku, tedy vstupy s průměrem závitů M12x1,5.



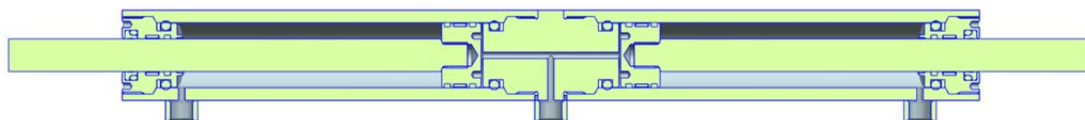
### 6.3 Válec klapky

Dvojčinný duální přímočarý hydromotor se dvěma pístnicemi pracujícími zrcadlově proti sobě ve stejný čas.

Zdvih	100 mm
Tlak	22 Atm
<b>Průměr pístu</b>	<b>25,17 mm</b>
<b>Průměr pístnice</b>	<b>12,65 mm</b>
Délka: zasunutá poloha	420 mm
Délka: vysunutá poloha	620 mm
Počet kusů:	1



Obr. 6.3 Válec klapky 3D pohled

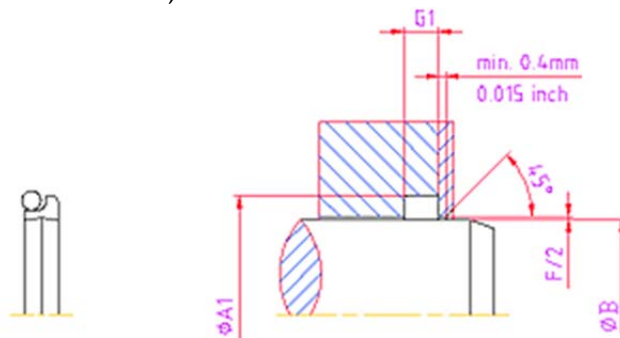


Obr. 6.4 Válec klapky řez

### 6.3.1 Těsnění válec klapky

**Stírací kroužek** Turcon® Excluder® DC WE250B001AT05 Ø 12,65 mm

B	Ø 12,65 mm
A1	Ø 19,46 mm
G1	4,95 mm
F/2	0,0635 mm

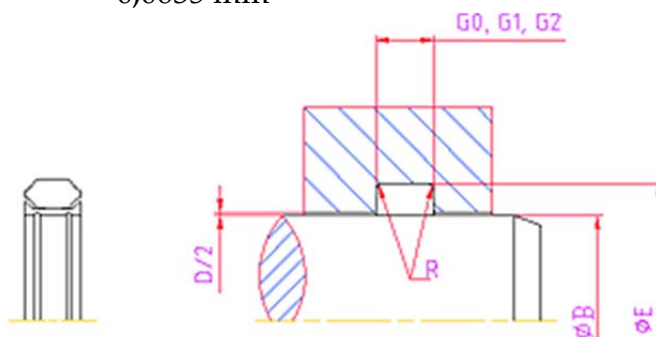


Obr. 6.5 Stírací kroužek Turcon® Excluder® DC Ø 26,92mm [9]

**Pístnicové těsnění**

**Turcon® Plus Seal® II RP550M023AT05NE Ø 12,65 mm**

B	Ø 12,65 mm
E	Ø 15,49 mm
G0	5,25 mm
D/2	0,0635 mm

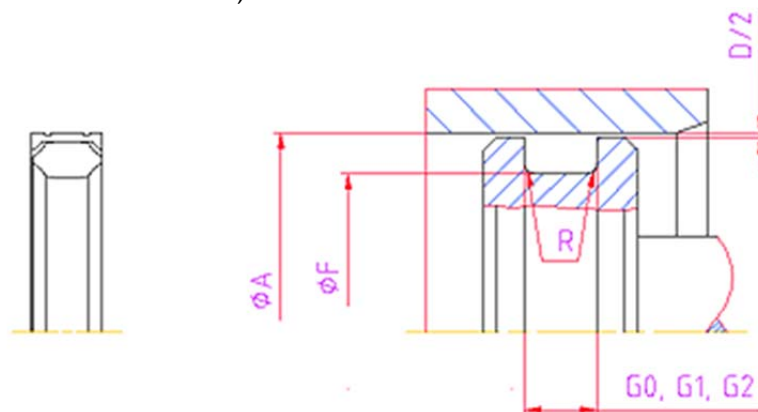


Obr. 6.6 Pístnicové těsnění Turcon® Plus Seal® II Ø 26,92 mm [9]

**Pístní těsnění**

**Turcon® Plus Seal® II PP220M020AT05NE Ø 25,17 mm**

B	Ø 25,17 mm
F	Ø 22,33 mm
G2	5,26 mm
D/2	0,0635 mm

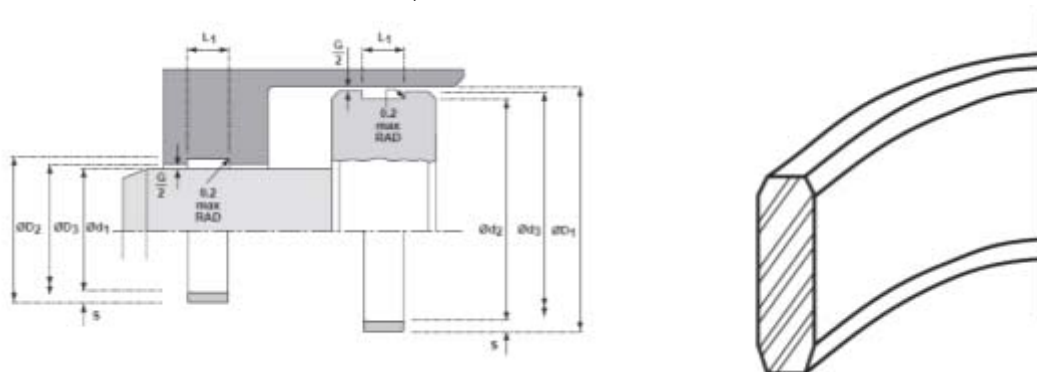


Obr. 6.7 Pístní těsnění Turcon® Plus Seal® II Ø 31,52 mm [9]

**Vodící páska pístnice**

**F87**

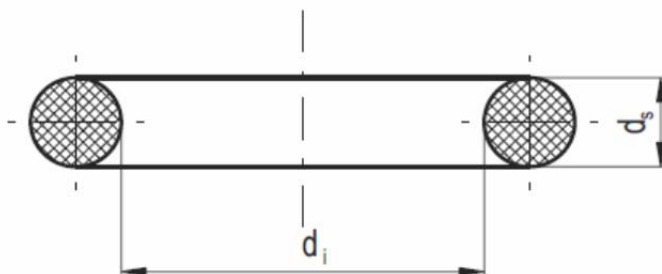
L1	2,5 mm
S	1,55 mm



Obr. 6.8 Vodící páska pístnice/píst F87 [10]

<b>Vodící páska pist</b>	<b>F87</b>
L1	2,5 mm
S	1,55 mm

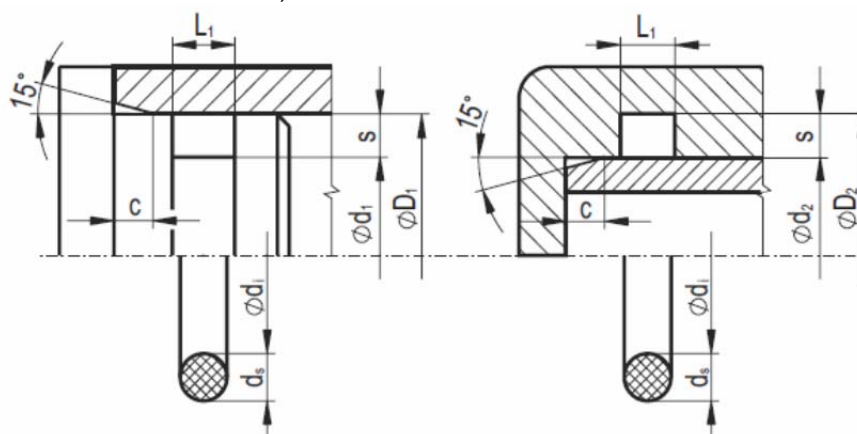
<b>Statické těsnění</b>	<b>O-kroužek</b>
$\varnothing d_i \times \varnothing d_s$	19 x 4



Obr. 6.9 Statické těsnění O-kroužek 27,50 x 2,50 [10]

### Zástavbové rozměry

L1	5,2 mm
S	3,15 mm

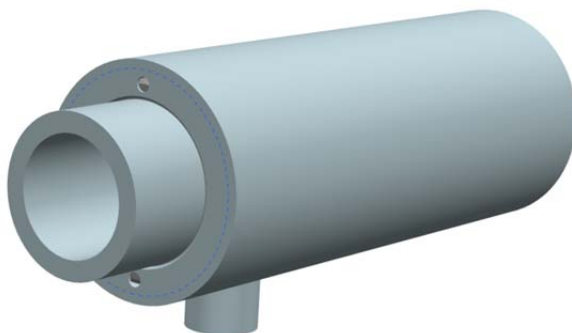


Obr. 6.10 Statické těsnění - zástavbové rozměry [10]

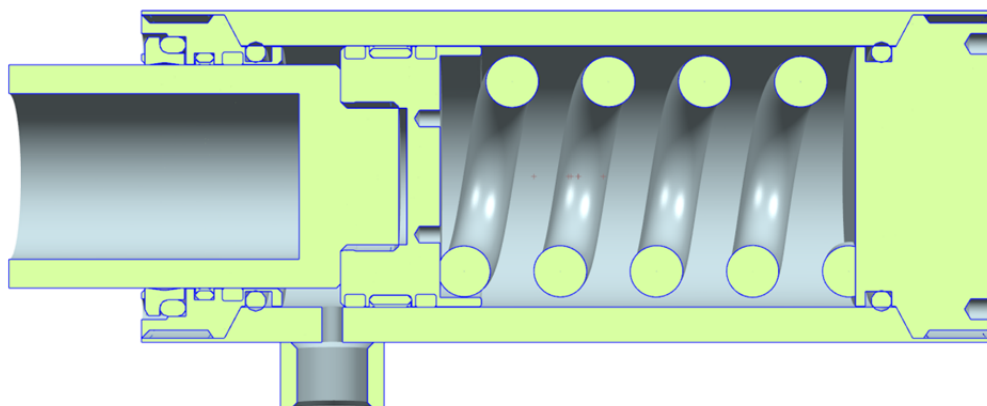
#### 6.4 Válec hydraulického zámku

Jednočinný přímočarý hydromotor s pružinou zajišťující uzamčení podvozku v otevřené poloze, pokud nebyl v obvodu dostatečný tlak.

Zdvih	20 mm
Tlak	22 Atm
<b>Průměr pístu</b>	<b>31,52 mm</b>
<b>Průměr pístnice</b>	<b>26,92 mm</b>
Délka zasunutá poloha	99 mm
Délka vysunutá poloha	119 mm
Počet kusů:	1



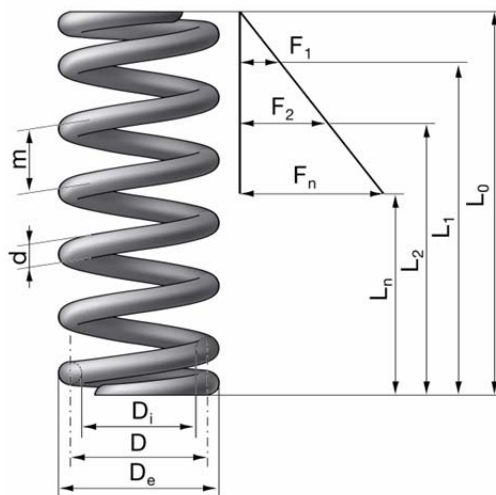
Obr. 6.11 Válec hydraulického zámku 3D pohled



Obr. 6.12 Válec hydraulického zámku řez

### 6.4.1 Tlačná pružina

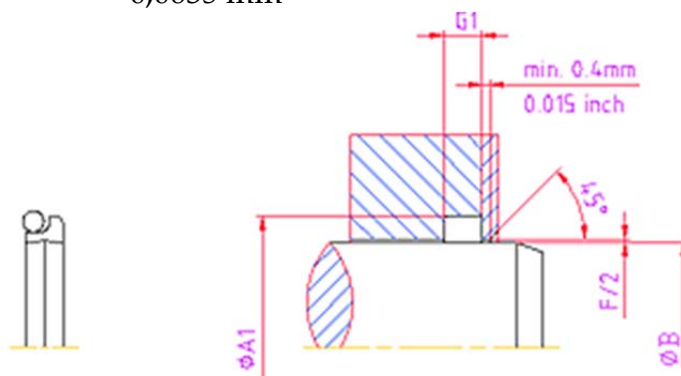
Výrobce	Hennlich
Model	ANAKONDA 6,3 x 29,2 x 47
Průměr $d$	Ø6,3 mm
Průměr $D_e$	Ø29,2 mm
Volná délka $L_0$	47 mm



Obr. 6.13 Pružina – schéma [10]

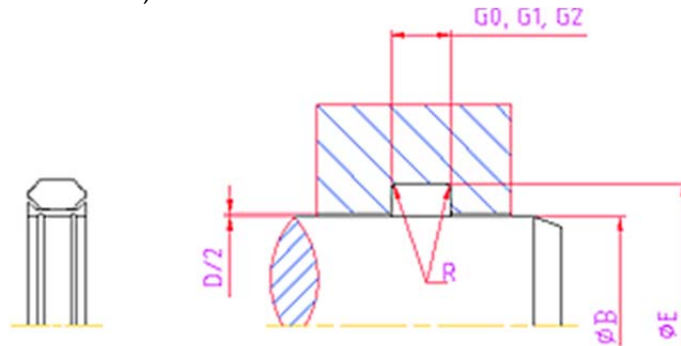
### 6.4.2 Těsnění válce zámku

Stírací kroužek	Turcon® Excluder® DC WE250B010AT05 Ø 26,92 mm
B	Ø 26,92 mm
A1	Ø 33,73 mm
G1	4,95 mm
F/2	0,0635 mm



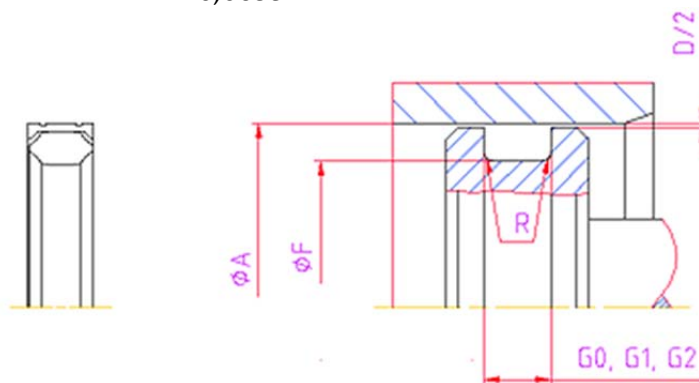
Obr. 6.14 Stírací kroužek Turcon® Excluder® DC Ø 26,92mm [9]

<b>Pístnicové těsnění</b>	<b>Turcon® Plus Seal® II RP550M023AT05NE Ø 26,92 mm</b>
B	Ø 26,92 mm
E	Ø 29,77 mm
G0	2,39 mm
D/2	0,0635 mm



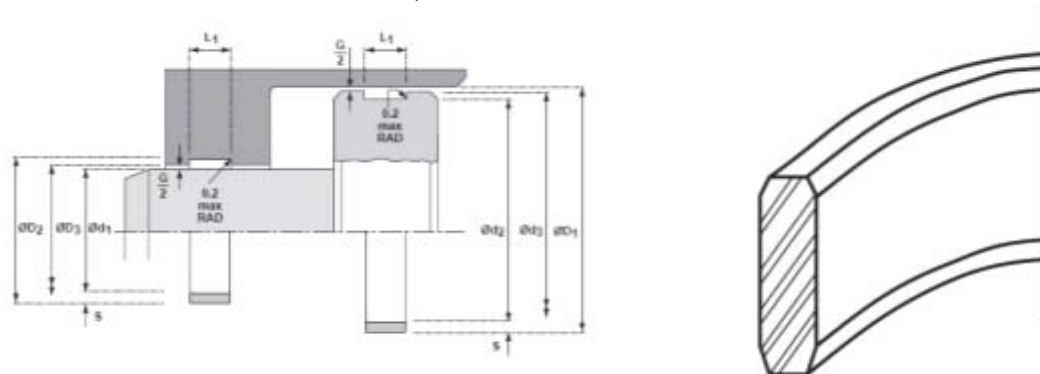
Obr. 6.15 Pístnicové těsnění Turcon® Plus Seal® II Ø 26,92 mm [9]

<b>Pístní těsnění</b>	<b>Turcon® Plus Seal® II PP220M024AT05NE Ø 31,52 mm</b>
B	Ø 31,52 mm
A	Ø 31,52 mm
G2	5,26 mm
D/2	0,0635 mm



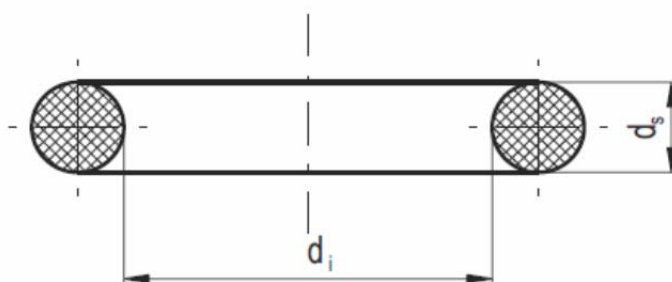
Obr. 6.16 Pístní těsnění Turcon® Plus Seal® II Ø 31,52 mm [9]

<b>Vodící páska pístnice</b>	<b>F87</b>
L1	2,5 mm
S	1,55 mm



Obr. 6.17 Vodící páska pístnice/píst F87 [10]

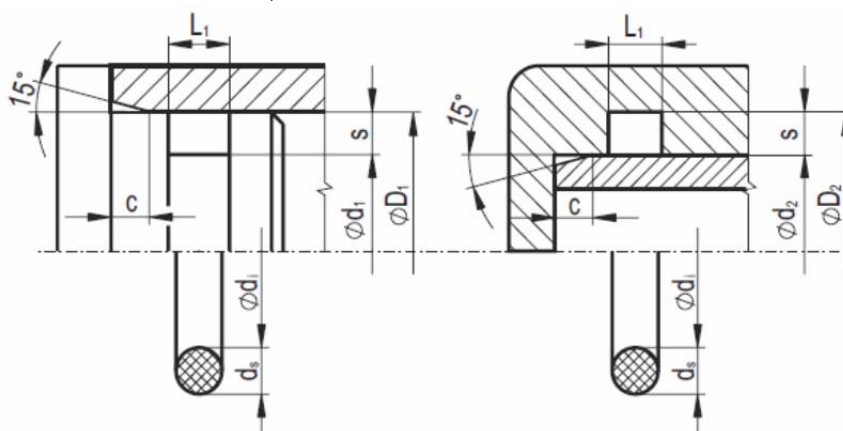
<b>Vodící páska píst</b>	<b>F87</b>
L1	2,5 mm
S	1,55 mm
<b>Statické těsnění</b>	<b>O-kroužek</b>
Ødi x Øds	27,50 x 2,50



Obr. 6.18 Statické těsnění O-kroužek 27,50 x 2,50 [10]

**Zástavbové rozměry**

L1	3,2 mm
S	1,9 mm



Obr. 6.19 Statické těsnění - zástavbové rozměry [10]

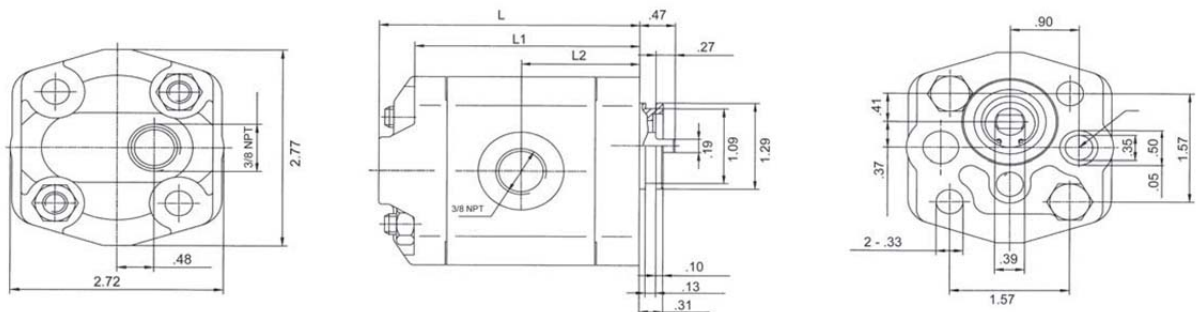


## 6.5 Čerpadlo

Výrobce	Dynamic fluid components, INC
Model	GP-F1-27
Pracovní tlak	200 Bar
Maximální tlak	250 Bar
Průtok	2,7 cm <sup>3</sup> /ot
Max. otáčky	6000 ot/min

Model	Objem		Tlak (PSI)		Rychlost otáčky		Hmotnost	
	palec <sup>3</sup> /ot	cm <sup>3</sup> /ot	Jmenovitý	Max	Jmenovitý	Max	Libry	Kg
*GP-F1-08	0.05	0.80	2900	3626	2000	6000	1.65	0.75
GP-F1-11	0.06	1.1	2900	3626	2000	6000	1.69	0.77
GP-F1-13	0.07	1.3	2900	3626	2000	6000	1.73	0.79
GP-F1-16	0.09	1.6	2900	3626	2000	6000	1.76	0.80
GP-F1-18	0.11	1.8	2900	3626	2000 <td 6000	1.77	0.81	
GP-F1-21	0.12	2.1	2900	3626	2000	6000	1.80	0.82
GP-F1-27	0.16	2.7	2900	3626	2000	6000	1.87	0.85
GP-F1-32	0.19	3.2	2900	3626	2000	5000	1.91	0.87

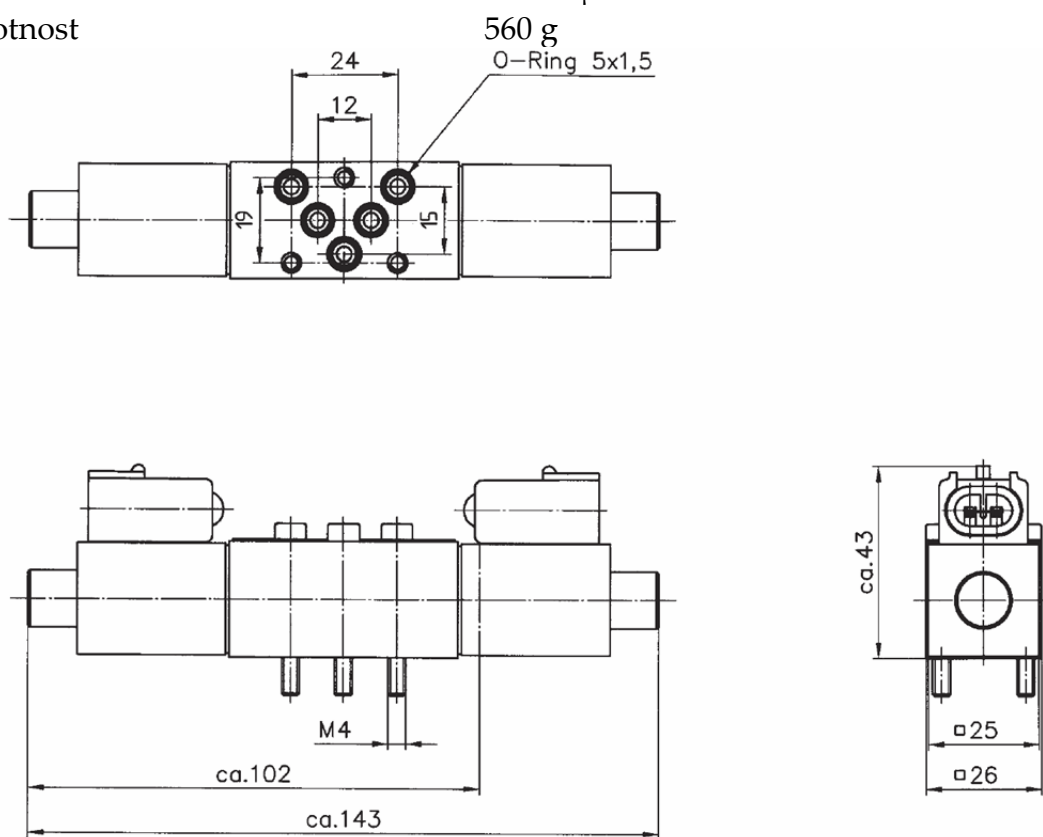
Tab. 6.1 Vyráběná čerpadla [11]



Obr. 6.20 Zubové čerpadlo rozměry [11]

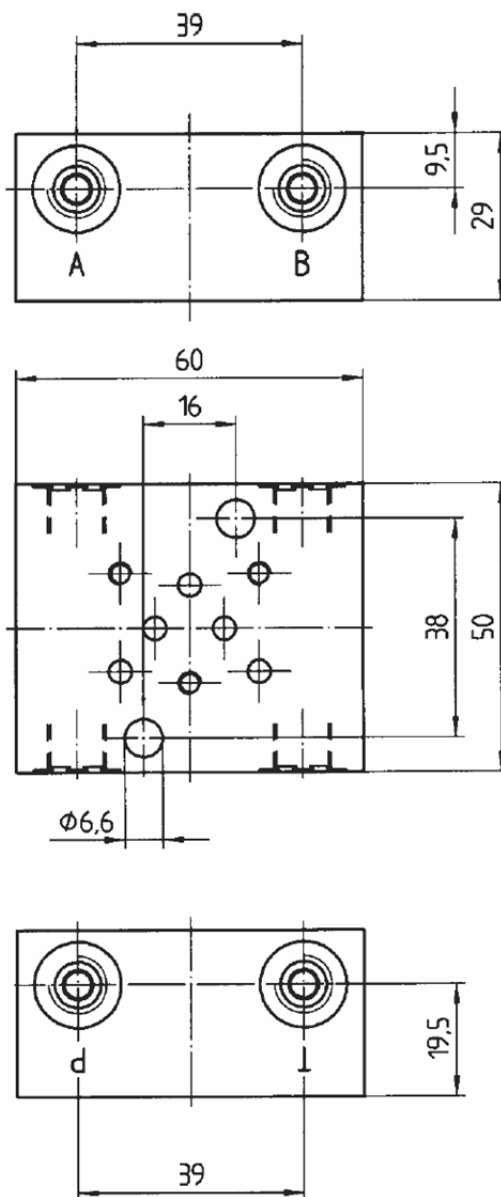
## 6.6 Čtyřcestný třípolohový ventil

Výrobce	Hoerbiger micro fluid
Model	WLA3
Jmenovitý průměr	3 mm
Maximální tlak	250 bar
Maximální průtok	8 l/min
Rozměr	26 mm čtvercový
Elektromagnetické řízení	12/24 V DC
Pracovní tlak	p = 250 bar
Jmenovitý průtok (Na - 1 bar)	2 l/min
Teplota oleje	-10.... +80°C
Viskozita	10.... 320 mm <sup>2</sup> /s
Hydraulická kapalina	DIN 51.524 a 51.525
Filtrování	25...40 μm
Hmotnost	560 g



Obr. 6.21 Šoupátkový ventil [12]

Pro uchycení šoupátkového ventilu je použita připojovací deska od firmy Hoerbiger micro fluid. U této desky je potřeba upravit vstupní otvory tlakového oleje pro šroubení se závitem M12x1,5.



Obr. 6.22 Připojovací deska [12]

Symbol	Nr. No.	Überdeckung overlap
 1 0 2	0110	=

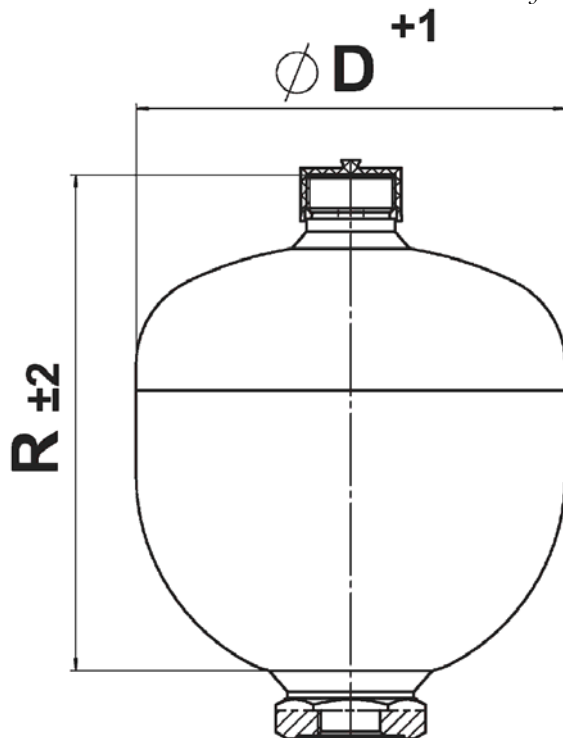
Obr. 6.23 Typ ventilu [12]

## 6.7 Akumulátor

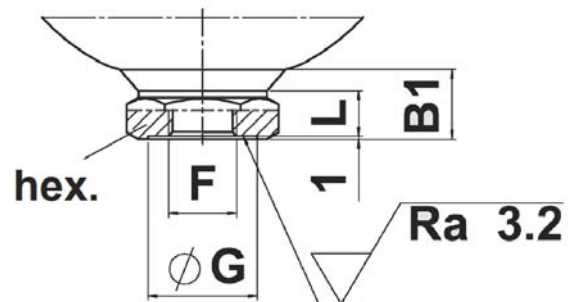
Výrobce Hydac  
 Model SBO250 - 1  
 Objem 1 l  
 Hmotnost 4,4 kg

3.1.2 Dimensions																						
Nom. vol. <sup>1)</sup> [l]	Perm. press. ratio $p_2 : p_0$	Series	Certificate code U		R [mm]	ØD [mm]	Weight [kg]	Q <sup>2)</sup> [l/min]	Standard fluid connection							Diag.						
			Permitt. oper. pressure [bar]						Form AK					Form AB								
			Carbon steel	Stainless steel					F ISO 228	ØG [mm]	L [mm]	B 1 [mm]	hex. SW	F ISO 228	H DIN 13		L [mm]	B 2 [mm]	hex. SW			
			0.075	8 : 1					250	250	-	91	64	0.7	38		G 1/2	-	14	21	30	not available
0.16	8 : 1	210 300	210 300	-	103 108	74 78	0.8 1.1	38	G 1/2	-	14	21	30	not available			1					
0.32	8 : 1	210 300	210 300	160	116 120	93 96	1.3 1.8	95	G 1/2	-	14	21	30	not available			1					
0.5	8 : 1	160	160	-	130	102	1.3	95	G 1/2	-	14	21	30	G 1/2	M33x1.5	14	37	41	1			
		210	210	-	133	105	1.7															
0.6	8 : 1	330	330	-	151	115	3.3	95	G 1/2	34	14	21	41	G 1/2	M33x1.5	14	37	41	1			
		350	350	-	130	121	3.5						50					50		3		
0.7	8 : 1	100	100	-	151	106	1.8	95	G 1/2	34	14	21	41	G 1/2	M33x1.5	14	37	41	1			
		140	140	-	142	116	1.8															
0.75	8 : 1	210	210	140	147	121	2.8	95	G 1/2	34	14	21	41	G 1/2	M33x1.5	14	37	41	1			
		250	250	-	152	126	3.6													15	42	41
		330	330	-	140	126	4															
1	8 : 1	200	200	-	159	136	3.6	95	G 1/2	34	14	21	41	G 1/2	M33x1.5	14	37	41	1			
		250	250	-	192	126	4.4													15	42	41
		330	330	-	169	126	4.8															

Tab. 6.2 Vyrábění akumulátory [13]



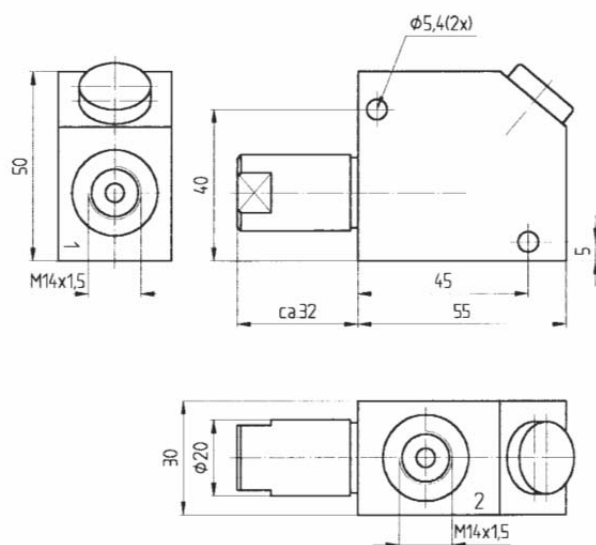
Obr. 6.24 Akumulátor – rozměry [13]



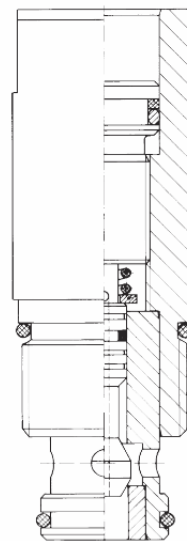
Obr. 6.25 Akumulátor – připojovací rozměry [13]

## 6.8 Pojistný přetlakový ventil

Výrobce	Hoerbiger micro fluid
Model	P3B5
Jmenovitý průtok	3 l/min
Maximální průtok	6 l/min
Maximální vstupní tlak	250 Bar (25 MPa)
Regulace tlaku	80 - 250 Bar (5 – 25 MPa)
Hmotnost	0,09 kg



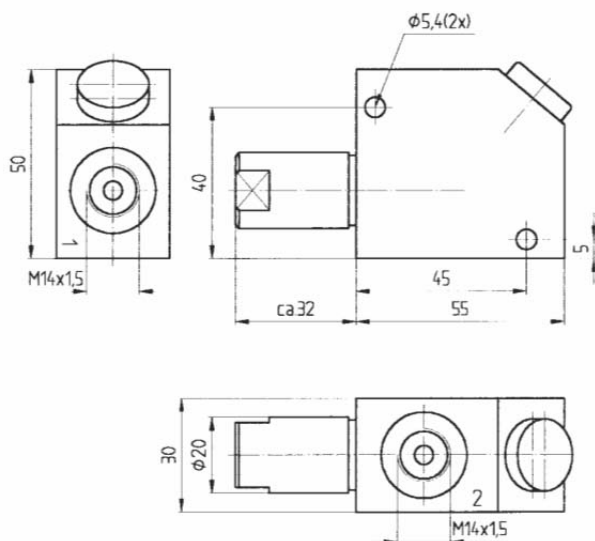
Obr. 6.26 Pojistný ventil – montáž [12]



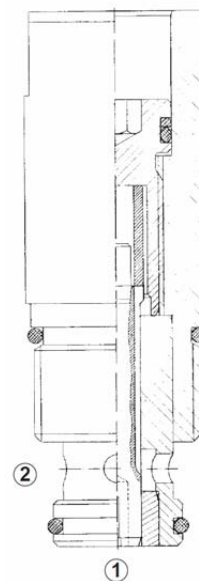
Obr. 6.27 Pojistný ventil – řez [12]

## 6.9 Škrťící ventil

Výrobce	Hoerbiger micro fluid
Model	Q3D
Maximální vstupní tlak	220 Bar (22 MPa)
Jmenovitý průtok	6 l/min
Hmotnost	0,09 kg



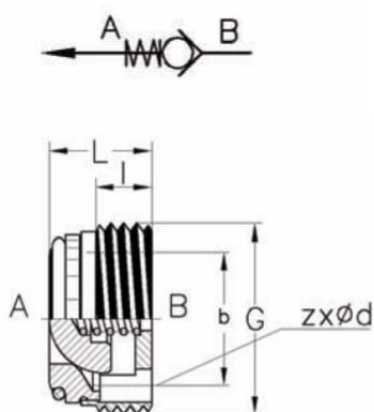
Obr. 6.28 Pojistný ventil – montáž [12]



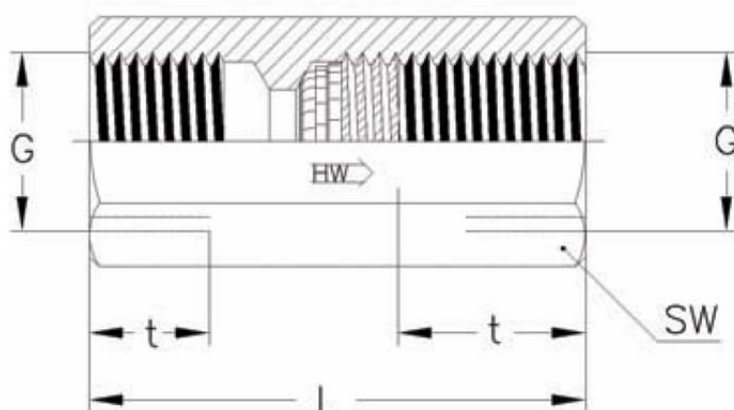
Obr. 6.29 Pojistný ventil – řez [12]

## 6.10 Zpětný ventil

Výrobce	Hydrower
Model	RVA 6
Maximální tlak	2800 Bar (280 MPa)
Pracovní tlak	700 Bar (70 MPa)
Průtok	25 l/min
Typ montáže	RVG 6



Obr. 6.30 Zpětný ventil RVA 6 [14]



Obr. 6.31 Typ montáže RVG 6 [14]

Typ type	G	L	I	b	zxd	O-Ring (90 sh)
RVA 2-M	M 6	6	3,5	3,5	4x1,2	2,5x1
RVA 3-M	M 8x1	6,3	3,5	5	6x1,6	4x1
RVA 4	G 1/8	6,7	3,5	6	6x1,8	6x1
RVA 4-M	M 10x1					
RVA 6	G 1/4	8,2	4,8	9	8x2,2	9x1
RVA 6-M	M 14x1,5					
RVA 8	G 3/8	10,1	5,6	11	8x3	11x1,5
RVA 8-M	M 18x1,5					
RVA 10	G 1/2	11,5	6,8	14,5	8x3,8	14x1,5
RVA 10-M	M 22x1,5					
RVA 16	G 3/4	14,2	8	18,5	8x4,6	18,77x1,78
RVA 16-M	M 27x2					

Tab. 6.3 Vyráběné zpětné ventily [14]

Typ / type	G	L	t	sw
RVG 6	G 1/4	45	12	19
RVG 8	G 3/8	48	12	22
RVG 10	G 1/2	58	14	27

Tab. 6.4 Vyráběná těla zpětných ventilů [14]

## 6.11 Hadice

Výrobce

Charvát

Model

OL5 DN04/8

Maximální tlak

800 Bar (80 MPa)

Pracovní tlak

200 Bar (20 MPa)

Hmotnost

0,045 kg/m

### OL 5

#### KONSTRUKCE HADICE

**Duše:** termoplastový polyester

**Výztuž:** opleť vysokopevnostním textilem

**Obal:** polyuretan

**Teplotní rozsah (medium):** -40°C až +100°C

#### HOSE CONSTRUCTION

**Tube:** thermoplastic polyester

**Reinforcement:** one single polyester fiber braid

**Cover:** thermoplastic polyurethan

**Temperature range (medium):** -40°C to +100°C



DN	Vnitřní Ø Inside Ø		Vnější Ø Outside Ø		Pracovní tlak (při 23°C) Working pressure		Destrukční tlak (při 23°C) Burst pressure		Poloměr ohybu Bend radius mm	Hmotnost Weight kg/m	Označení Marking
	inch	mm	mm	mm	bar	psi	bar	psi			
3	1/8"	3,5	7,5		200	2900	800	11600	30	0,037	OL5 DN03
4	5/32"	4,0	8,0		200	2900	800	11600	35	0,045	OL5 DN04/8
4	5/32"	4,0	8,3		210	3045	840	12180	35	0,048	OL5 DN04/8,3
4	5/32"	4,0	8,6		210	3045	840	12180	35	0,048	OL5 DN04/8,6
5	3/16"	4,8	9,2		200	2900	800	11600	45	0,059	OL5 DN05
6	1/4"	6,4	10,8		125	1810	500	7250	60	0,070	OL5 DN06
8	5/16"	8,0	13,0		120	1740	480	6960	75	0,087	OL5 DN08
10	3/8"	9,7	14,8		115	1670	460	6670	90	0,114	OL5 DN10
12	1/2"	13,0	18,7		80	1160	320	4640	120	0,169	OL5 DN12

Tab. 6.5 Vyráběné hadice [15]

## 6.12 Šroubení

Výrobce

EATON

Typ	Označení	Obrázek	Katalogový list
Přímá přípojka	P-GEV 8 LM-WD		Příloha 12
Přímá spojka	P-GEV 8 LR -WD		Příloha 13
Přímá přípojka	P-GEV 8 L/1/4 NPT		Příloha 14



Přímá přípojka	GES 8 L/R 1/2		Příloha 15
Přímá přípojka	P-GEV 8 SM-WD		Příloha 16
Spojka přímá	P-GV 8 L		Příloha 17
T-spojka	P-TV 8L		Příloha 18
Úhlová nastavitelná spojka	P-RSWV 8LR -WD		Příloha 19

Tab. 6.6 Použitá šroubení [16]

## 7 3D konstrukční návrh hydraulického systému

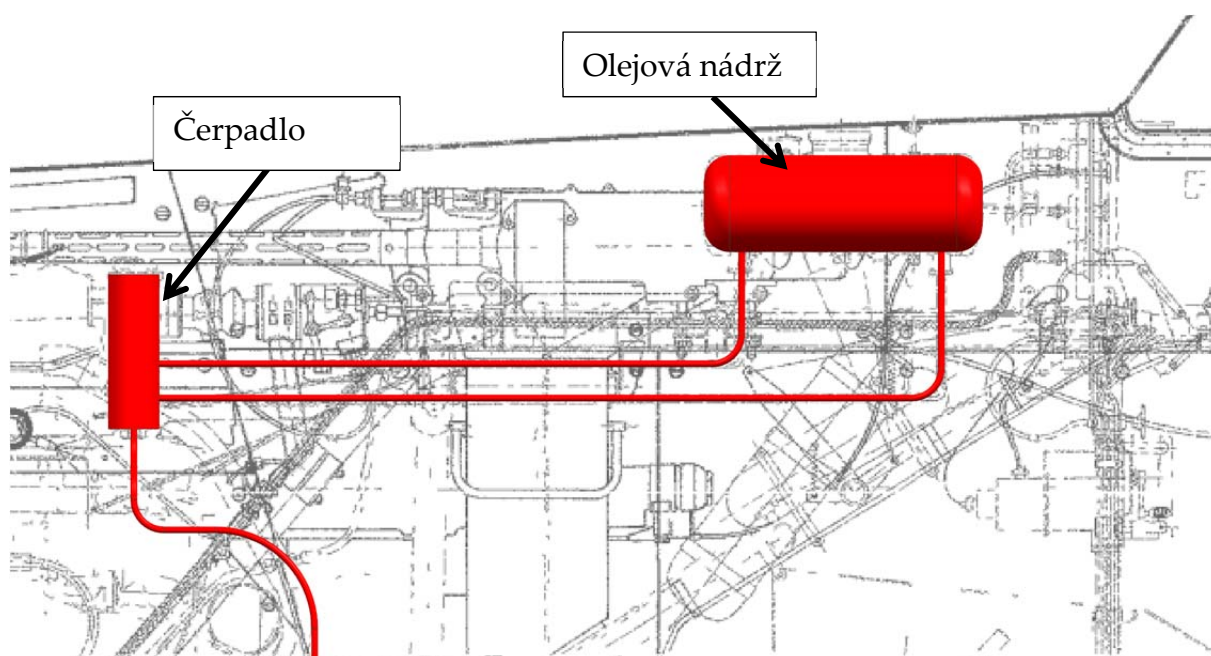
Návrh hydraulického obvodu byl proveden v programu Siemens NX 7,5. Pro návrh byly použity modely křídla, podvozku a systému trupu, které byly vytvořeny studenty ústavu letadlové techniky ČVUT. [17] [20]

### 7.1 Rozmístění prvků

Byl proveden odhad rozmístění prvků hydraulického obvodu po letadle s použitím výkresu dispozic trupu letounu Avia B-135.

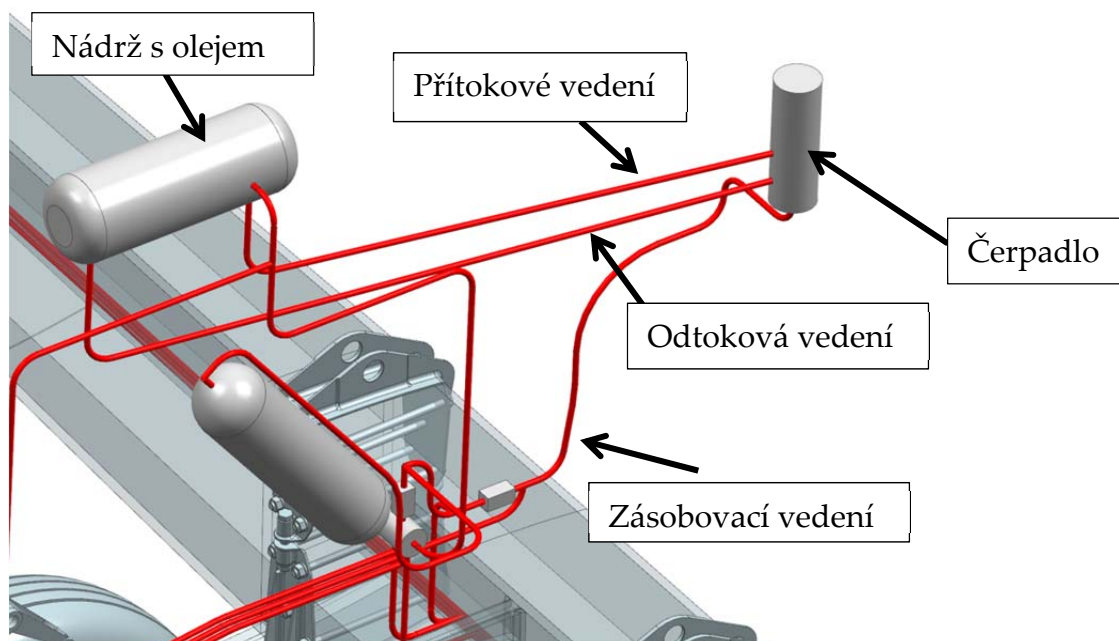
#### 7.1.1 Čerpadlo + olejová nádrž

Srdcem hydraulického obvodu bylo zubové čerpadlo, které bylo podle dostupných informací poháněno přímo od motoru letounu. Rotační pohyb byl brán od pravé vačkové hřídele z pohledu pilota.



Obr. 7.1 Dispozice trupu - umístění čerpadla

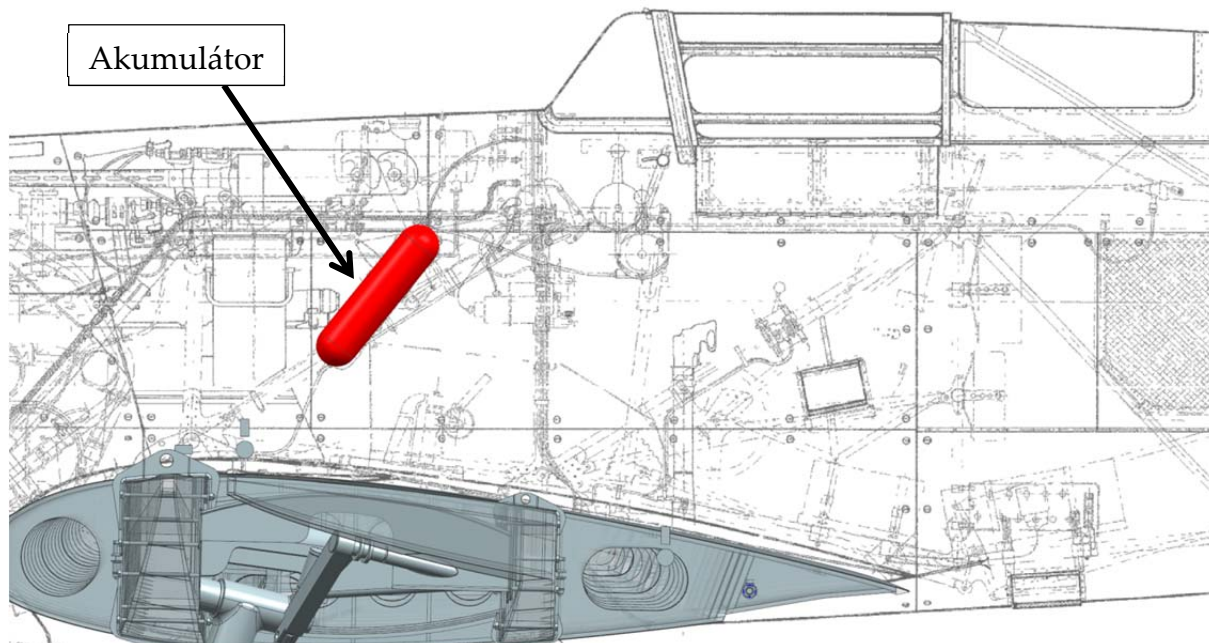
Čerpadlo bylo s obvodem propojeno pomocí třech vedení. Z boku bylo připojeno pomocí dvou vedení, která zajišťovala propojení s olejovou nádrží, která se nacházela na středu trupu těsně před kokpitem pilota. Jedno z vedení sloužilo pro zásobování obvodu olejem z nádrže a druhé bylo užito pro návrat tlakového oleje zpět do nádrže v případě, že byl šoupátkový ventil přenastaven do uzavřené polohy, nebo pokud byly pracovní válce obvodu ve své koncové poloze. Třetí vedení bylo vyvedeno ze spodní části čerpadla a její pomocí byl obvod zásobován tlakovým olejem.



Obr. 7.2 Umístění čerpadla v letadle

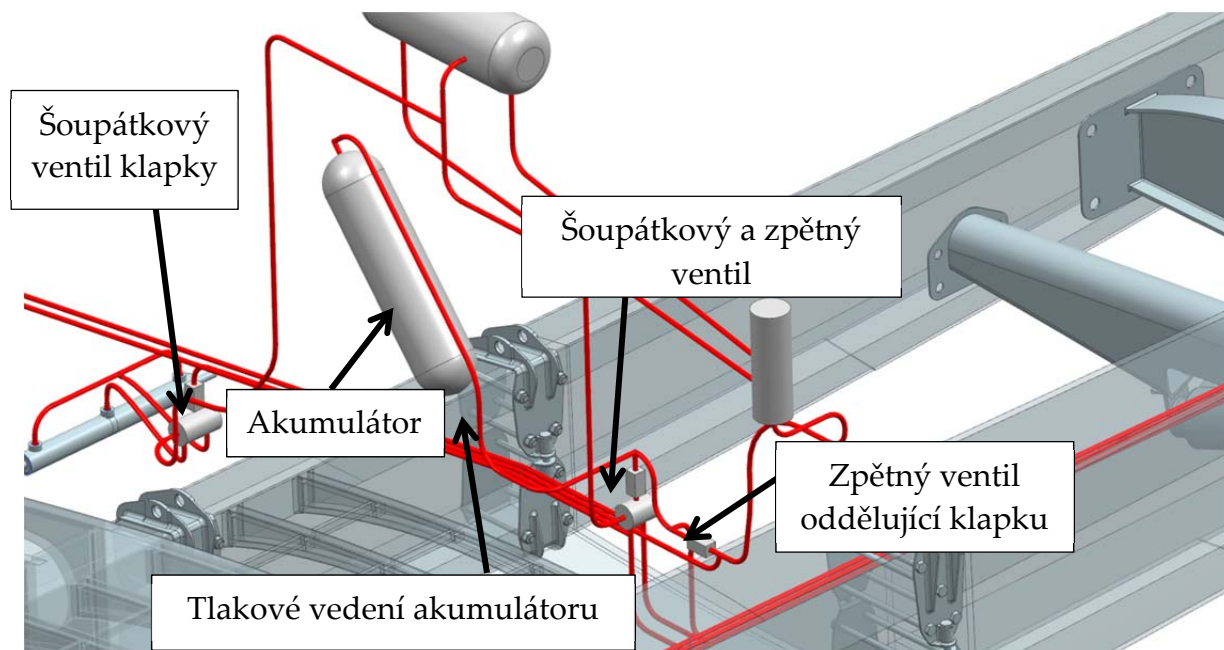
### 7.1.2 Akumulátor

Dalším prvkem, který zajišťoval dodávku tlakového oleje pro obvod, byl akumulátor. Staral se o okamžitý přísun oleje pro pracovní válce podvozku po přenastavení šoupátkového ventilu do otevřené polohy. Zároveň byl schopen po poruše hydraulického čerpadla dodávat tlakový olej pro nouzové otevření podvozku. Akumulátor se nacházel v přední části letounu nad křídlem a byl přichycen k nosné konstrukci trupu na pravé straně z pohledu pilota.



Obr. 7.3 Dispozice trupu - umístění akumulátoru

Akumulátor byl připojen tlakovým vedením na vstup do čtyřcestného, třípolohového ventilu, s předřazeným zpětným ventilem, pro ovládání podvozku. Mezi akumulátor a čerpadlo byl umístěn zpětný ventil, aby nedošlo k proudění tlakového oleje zpět k čerpadlu. Tento ventil zajišťoval taktéž oddělení akumulátoru od hadice, která zásobovala olejem šoupátkový ventil pro ovládání válce klapky.

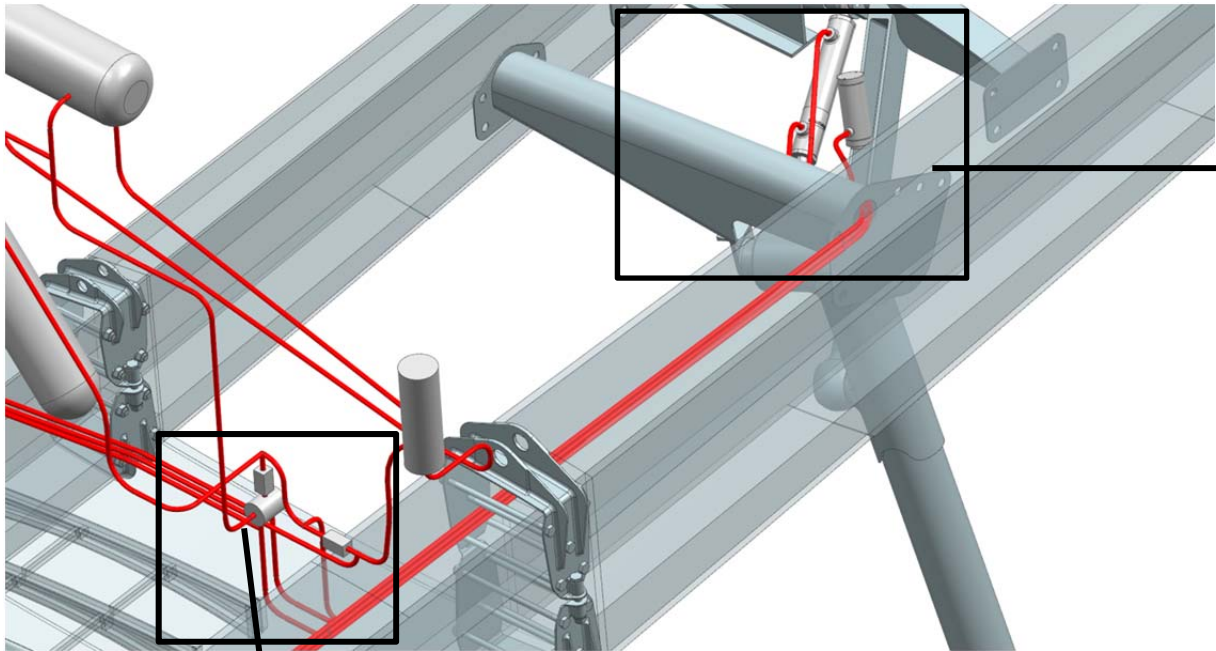


Obr. 7.4 Umístění akumulátoru v letadle

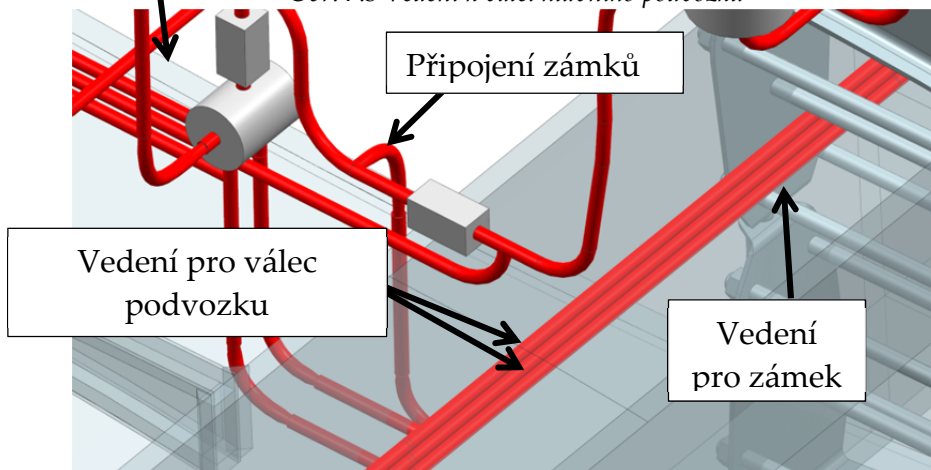
### 7.1.3 Pracovní válce + zámek zlamovací vzpěry

Pracovní válce hlavního podvozku byly k obvodu připojeny pomocí vedení, které vedlo od čtyřcestného třípolohového ventilu, skrz hlavní nosník, až ke kotevnímu bodu podvozku. Zde se vedení stáčelo do křídla a procházelo skrz otvor v tomto kotevním bodě a poté bylo napojeno na hlavní pracovní válec podvozku a válec zámku zlamovací vzpěry. Na detailu 2 na obr. 7.7 je vidět detail jak bylo vedení provedeno skrz kotevní bod podvozku.

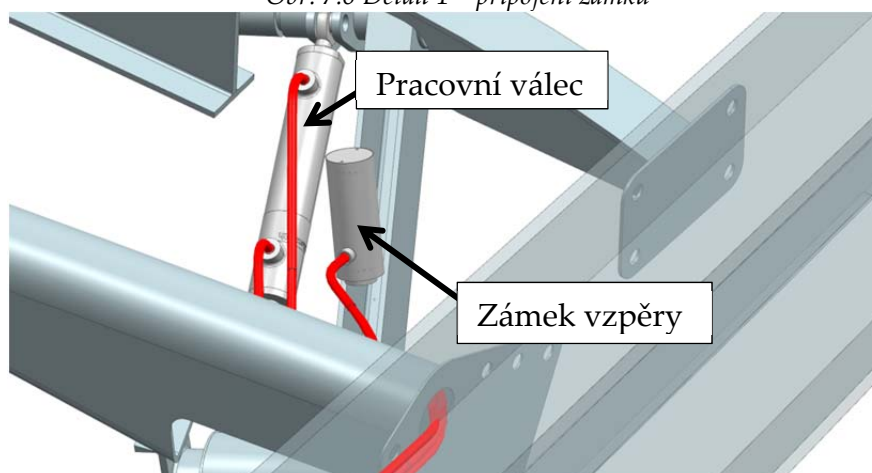
Horní dvě vedení spojovaly pracovní válec hlavního podvozku se šoupátkovým ventilem. Spodní vedení spojovalo zámek zlamovací vzpěry s vedením tlakového oleje a připojovalo se k němu před čtyřcestným třípolohovým ventilem, mezi dvěma zpětnými ventily. Tak byla zajištěna funkčnost zámků zlamovací vzpěry bez ohledu na nastavení šoupátkového ventilu. Detail 1 na obr. 7.6 pak zobrazuje místo připojení zámků k tlakovému oleji.



Obr. 7.5 Vedení k váleci hlavního podvozku



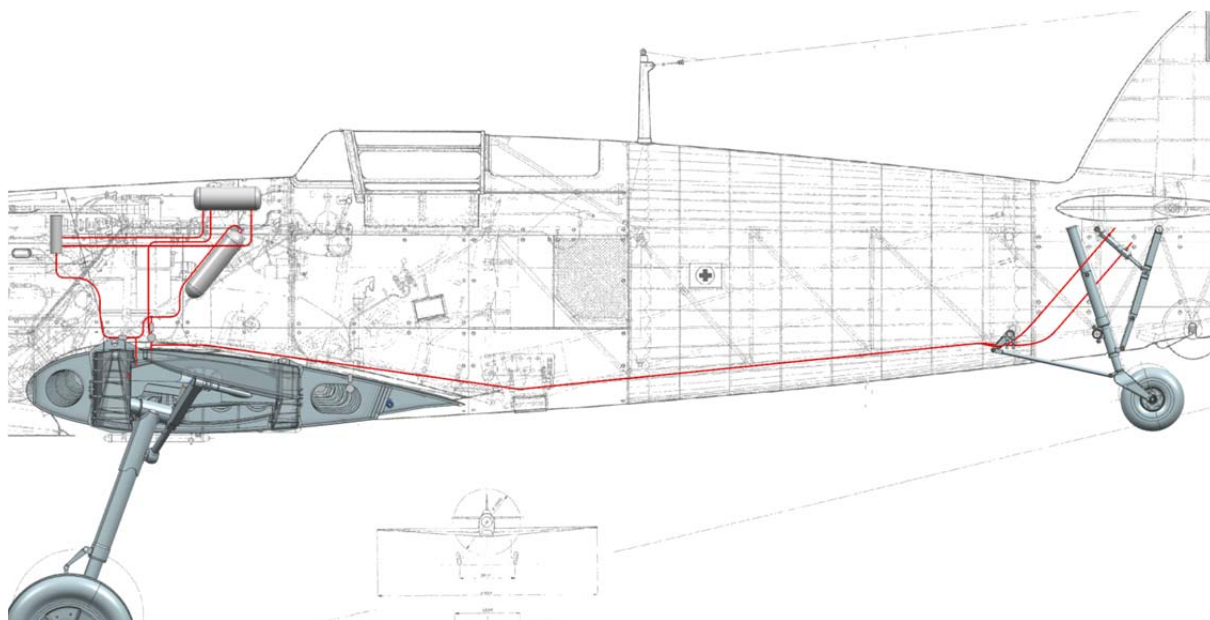
Obr. 7.6 Detail 1 – připojení zámků



Obr. 7.7 Detail 2 – připojení pracovního válce

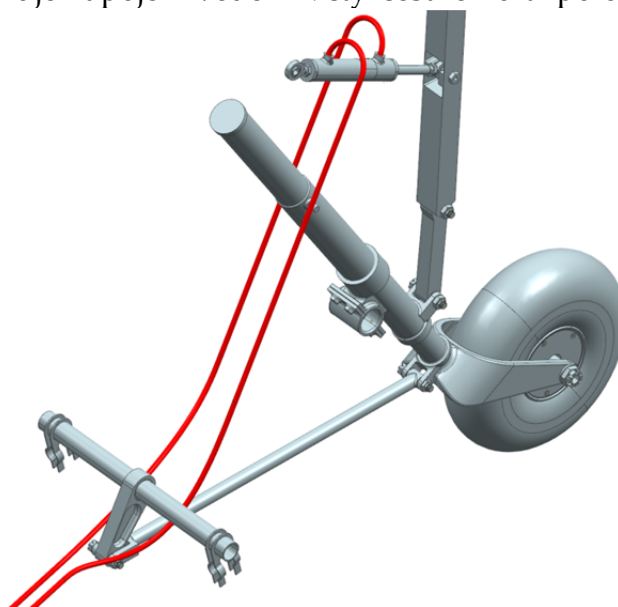
#### 7.1.4 Ostruha

Vedení pro připojení pracovního válce ostruhy vedlo od čtyřcestného třípolohového ventilu, těsně nad profilem křídla, a poté spodní částí trupu až k řídicímu mechanismu ostruhy, kde procházelo pod tyčí řízení a stoupalo nahoru k pracovnímu válci. Pro ovládání byl použit stejný ventil jako pro hlavní podvozek, a tak byly oba podvozky řízeny současně stejným ventilem.

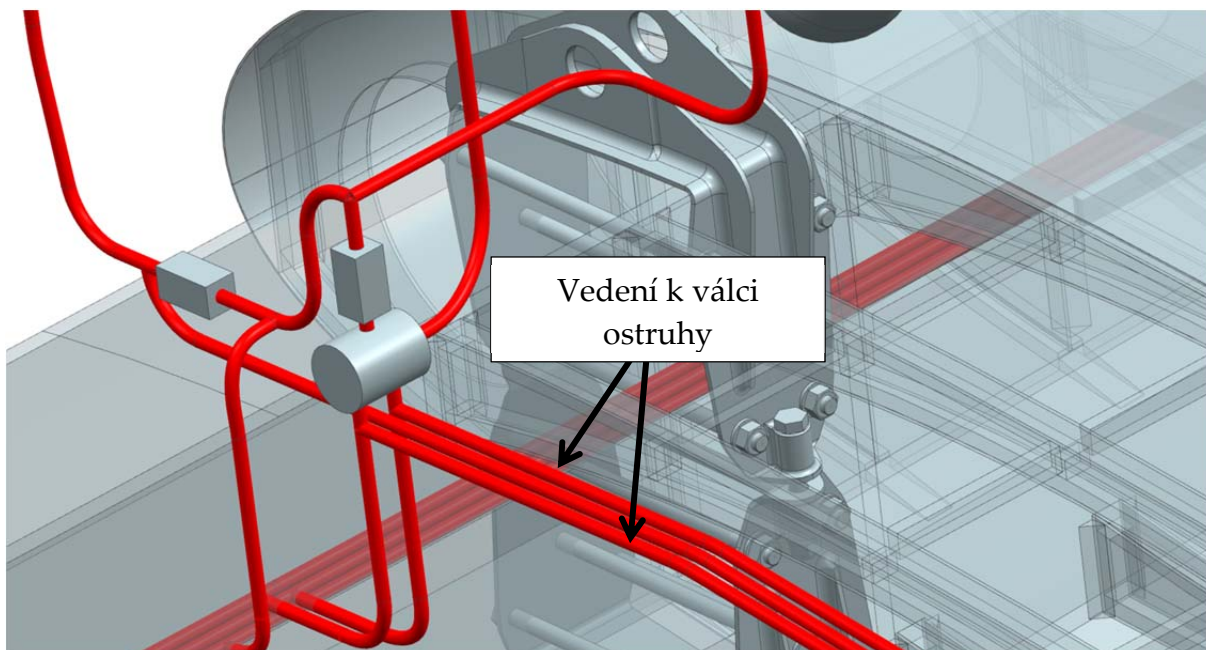


*Obr. 7.8 Vedení hadic k válci ostruhy*

Na obr. 7.9 je pak vidět detail jak bylo vedení protaženo pod tyčí řízení ostruhy a obr. 7.10 zobrazuje napojení vedení k čtyřcestnému třípolohovému ventilu.



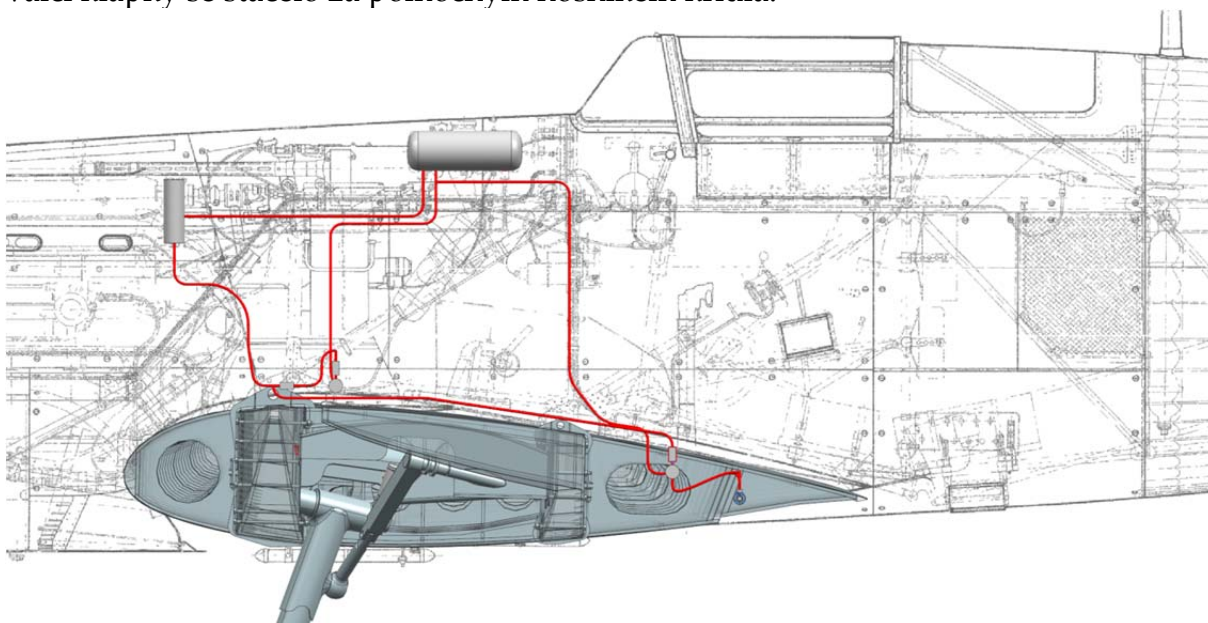
*Obr. 7.9 Detail ostruhy*



Obr. 7.10 Detail připojení válce ostruhy

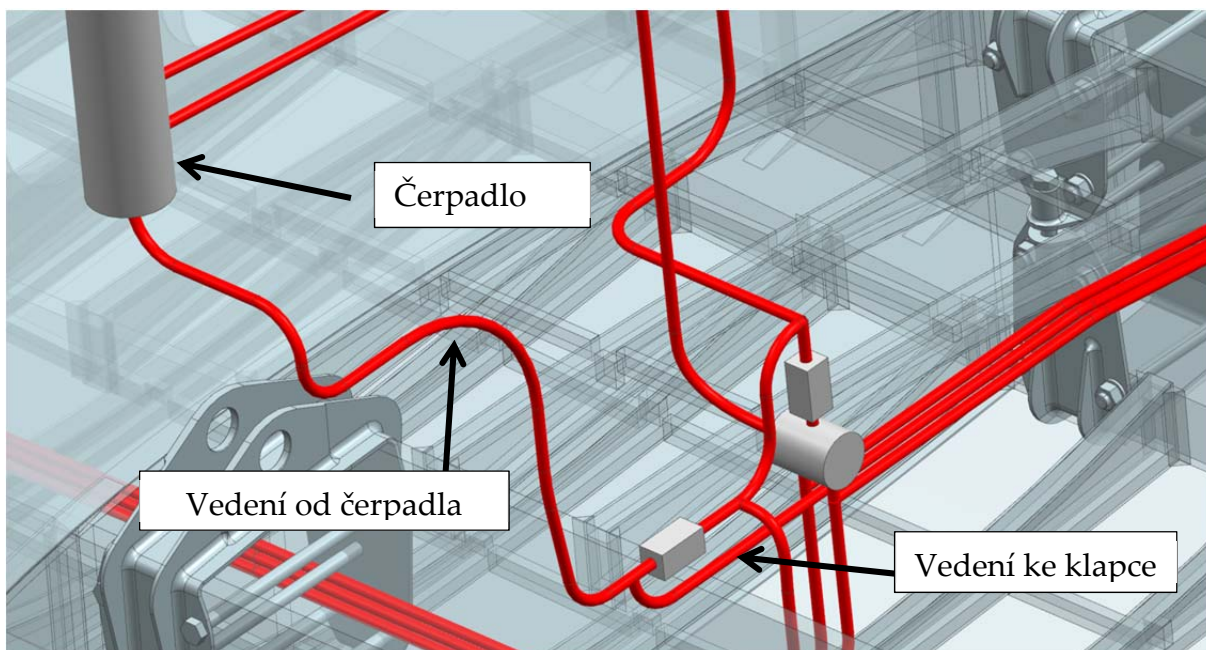
### 7.1.5 Klapka

Válec, starající se o vyklápění klapky, byl umístěn uprostřed trupu zhruba ve 4/5 křídla. Byl řízen pomocí samostatného čtyřcestného třípolohového ventilu, který byl zásobován tlakovou kapalinou pouze od čerpadla, nikoli od akumulátoru. Vedení pro zásobování tlakovým olejem vedlo nad profilem křídla a k pracovnímu válci klapky se stáčelo za pomocným nosníkem křídla.



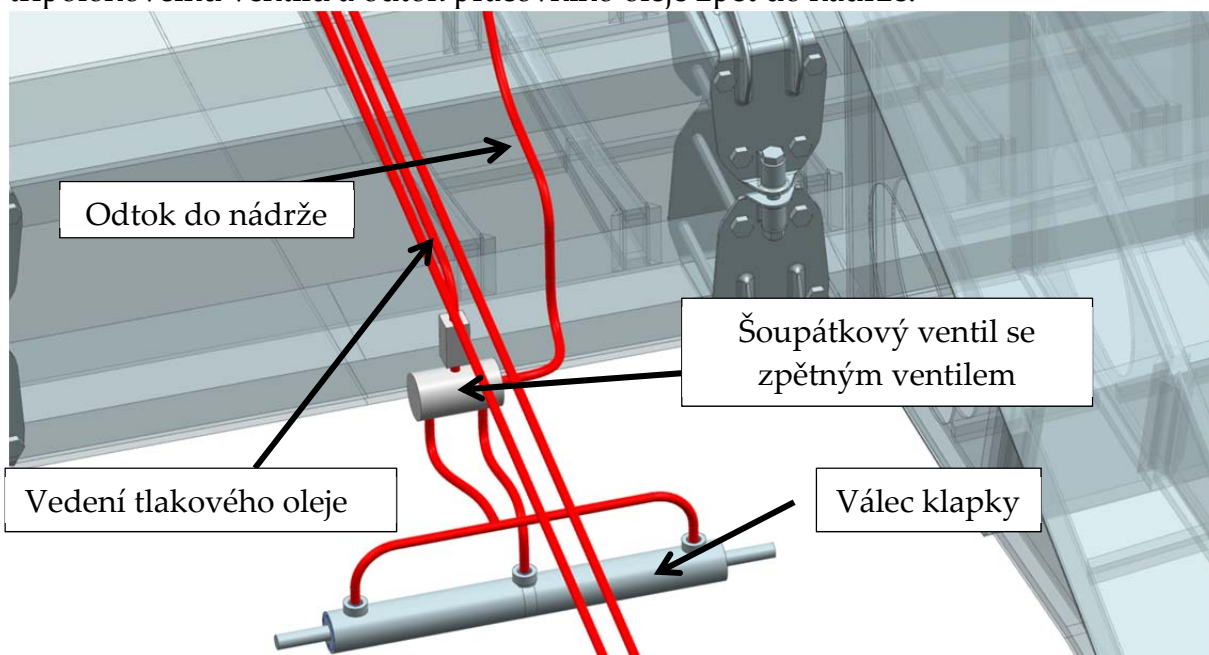
Obr. 7.11 Dispozice trupu – vedení hadic k válci klapky

Připojení čtyřcestného třípolohového ventilu pro ovládání válce klapky bylo realizováno na vedení, které šlo přímo z čerpadla, ještě před zpětným ventilem, který odděloval akumulátor od této části obvodu. Toto je dobře vidět na obr. 7.12.



Obr. 7.12 Detail připojení klapky

Obr. 7.13 pak znázorňuje připojení pracovního válce klapky ke čtyřcestnému třípolohovému ventilu a odtok pracovního oleje zpět do nádrže.



Obr. 7.13 Detail připojení válce klapky



## 8 Analýza funkčnosti hydraulického systému

Analýza funkčnosti systému byla realizována pomocí programu FluidSim od společnosti Festo Didactic. V programu byl vytvořen a nasimulován hydraulický obvod letounu Avia B-135 za účelem otestování jeho funkčnosti.

Jako další krok analýzy byla provedena kontrola návrhu prvků hydraulického obvodu.

### 8.1 Analýza funkčnosti

Program FluidSim slouží k simulování chodu navrženého hydraulického obvodu. Analýza probíhá postavením navrženého hydraulického obvodu pomocí blokových schémat a nastavením parametrů jednotlivých použitých bloků. Poté se pustí simulace a navržený obvod je možno ovládat a sledovat, jestli všechny použité prvky pracují podle požadavků, které byly stanoveny.

#### 8.1.1 Požadavky na navrhovaný hydraulický obvod

Požadavky na navrhovaný obvod jsou vysouvání a zasouvání podvozku pomocí tří přímočarých hydromotorů, z čehož dva větší jsou použity na manipulaci s hlavním podvozkem a jeden menší slouží k manipulaci se záďovým podvozkem (ostruhou). Směr pohybu těchto válců je řízen pomocí čtyřcestného třípolohového ventilu. O dodávku tlakové kapaliny se stará zubové čerpadlo a jako pomocný a jistící prvek je v obvodu použit akumulátor. Zajištění podvozku ve vysunuté poloze je realizováno pomocí hydraulického média v pracovních válcích, které je zde uzamčeno přenastavením čtyřcestného třípolohového ventilu do středové uzavírací polohy.

Dalším požadavkem na obvod je vysouvání a zasouvání klapky na křídle pomocí dvojčinného přímočarého duálního hydromotoru se dvěma pístnicemi. Tento hydromotor je možno vidět na obr. 6.3 a 6.4. Ovládání směru pohybu je zajištěno druhým čtyřcestným třípolohovým ventilem. Tato část obvodu ovládající klapkovou mechanizaci již nebyla napojena na akumulátor. Dodávku tlakového oleje pro pracovní válec klapky zajišťovalo pouze zubové čerpadlo.

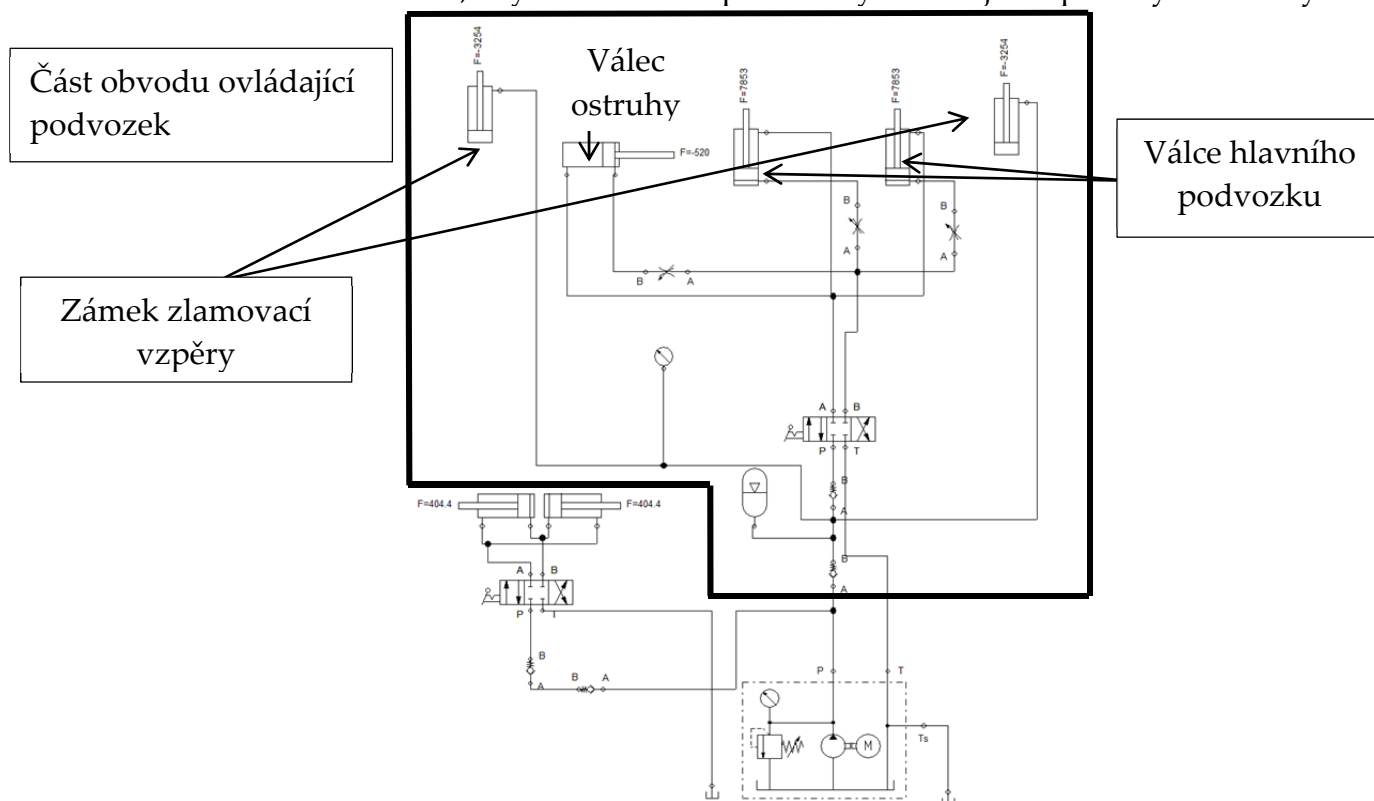
Zvláštním požadavkem na obvod jsou dva zámky zlamovací vzpěry podvozku obr. 6.11 a 6.12, které zajišťovaly podvozek, pokud došlo k poruše obvodu a pracovní válec podvozku nebylo možno zajistit pomocí zamknutí hydraulické kapaliny v pracovních válcích.

#### 8.1.2 Podvozková část

Podvozková část obvodu se skládá ze tří přímočarých hydromotorů. Dva hydromotory zajišťovaly vysunutí a zasunutí hlavního podvozku a jeden zajišťoval pohyb záďového podvozku (ostruhy). Požadovaná maximální síla potřebná pro zasunutí hlavního podvozku byla 7853 N. Tato síla je převzata z diplomové práce Marka Čermáka [17], který se zabýval rekonstrukcí přístávacího zařízení letounu Avia B-135. Když byl podvozek letounu vysunut, hydraulický válec byl ve své zasunuté poloze. Pro zasunutí podvozku bylo tedy potřeba působit tlakem na stranu

pístu bez písní tyče. Při vysouvání působila na podvozek gravitace  $G$  a hydromotor bylo potřeba brzdit. Proto byly do obvodu, před pracovní válce podvozku, umístěny škrtící ventily, které zpomalovaly odtok kapaliny z prostoru pod pístem. Škrtící ventily taktéž regulovaly rychlost vysouvání podvozku na dobu, která byla zhruba 3 s.

Rozměry hydromotorů byly stanoveny s ohledem na dostupnou výkresovou dokumentaci k letounu, aby zhruba korespondovaly s tehdejšími použitými motory.



Obr. 8.1 Podvozková část

### Kontrola použitého hydromotoru hlavního podvozku

Maximální vnější průměr hydromotoru užitého v modelu hlavního podvozku od Marka Čermáka je 40 mm, vnější prstence mají průměr až 46 mm. Tento model byl vytvářen s užitím bokorysu a nárysu sestavy podvozku a v případě, že některé potřebné informace chyběly, byla použita nejvýhodnější řešení z hlediska kinematiky zatahování a pevnosti podvozku [17]. Reálný hydromotor se tedy od navrhovaného mohl lišit.

### Navržený hydromotor hlavního podvozku

Vnější průměr	42 mm
<b>Průměr pístu</b>	<b>32 mm</b>
<b>Průměr pístnice</b>	<b>18 mm</b>
Zdvih	127 mm
Tlak	220 Bar (22 Atm)
Délka: zasunutá poloha	355 mm
Délka: vysunutá poloha	482 mm
Počet kusů:	2

Tab. 8.1 Parametry vybraného hydromotoru hlavního podvozku

Maximální síla, kterou musí hydromotor vyvinout: 7853 N

$$F_{max} = 7853 \text{ N} \quad (8.1.2.1)$$

$$P_{max} = 220 \text{ Atm} \doteq 223 \text{ Bar} \doteq 22,291 \text{ MPa} = 22\,291\,500 \text{ Pa} \quad (8.1.2.2)$$

$$P = \frac{F}{S} \Rightarrow S = \frac{F}{P} \quad (8.1.2.3)$$

$$S = \frac{7853}{22\,291\,500} = 3,52 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \quad (8.1.2.4)$$

$$S = 3,52 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = \underline{352 \text{ mm}^2} \quad (8.1.2.5)$$

Výpočet potřebného průměru pístu

$$\frac{\pi \cdot d^2}{4} = S \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} \quad (8.1.2.6)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 352}{\pi}} \quad (8.1.2.7)$$

$$d = \underline{21,17 \text{ mm}}$$

Průměr pístu zvoleného hydromotoru je 32 mm, zvolený hydromotor tedy vyhovuje požadavkům obvodu při tlaku oleje 220 Atm, což je tlak zjištěný z podkladů [18].

#### Kontrola použitého hydromotoru záďového podvozku

Pro pohyb záďového podvozku byl použit menší přímočarý hydromotor, jehož rozměry byly odhadnuty z bočního řezu celým letounem, ve kterém není vykreslení záďového podvozku příliš detailní, a tedy rozměr hydromotoru nemusí být stejný, jako byl ve skutečnosti.

Maximální vnější průměr záďového hydromotoru původně použitého v modelu Marka Čermáka je 34 mm, vnější prstence mají průměr až 54 mm.

Požadovaná maximální síla potřebná pro zasunutí záďového podvozku byla 520 N [17]. Když byl záďový podvozek vysunut, nacházel se záďový hydromotor ve vysunuté poloze. Pro zasunutí bylo potřeba působit tlakem na stranu pístu, kde se nacházela pístní tyč. Při vysouvání bylo opět potřeba hydromotor brzdit, a tak byl i zde umístěn škrťací ventil, který zpomaloval proudění kapaliny, čímž pohyb hydromotoru brzdil a zároveň taky reguloval jeho rychlost.

#### Navržený hydromotor záďového podvozku

Vnější průměr	35 mm
<b>Průměr pístu</b>	<b>25 mm</b>
<b>Průměr pístnice</b>	<b>14 mm</b>
Zdvih	82 mm
Tlak	220 Bar (22 Atm)
Délka: zasunutá poloha	232,5 mm
Délka: vysunutá poloha	314,5 mm
Počet kusů:	1

Tab. 8.2 Parametry vybraného hydromotoru záďového podvozku

Maximální síla, kterou musí hydromotor vyvinout: 520 N

$$F_{max} = 520 \text{ N} \quad (8.1.2.8)$$

$$P_{max} = 220 \text{ Atm} \doteq 223 \text{ Bar} \doteq 22,291 \text{ MPa} = 22\,291\,500 \text{ Pa} \quad (8.1.2.9)$$

$$P = \frac{F}{S} \Rightarrow S = \frac{F}{P} \quad (8.1.2.10)$$

$$S = \frac{520}{22\,291\,500} = 2,33 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \quad (8.1.2.11)$$

$$S = 2,33 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 = \underline{23,3 \text{ mm}^2} \quad (8.1.2.12)$$

Výpočet potřebného průměru pístu

$$\frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4} = S \quad (8.1.2.13)$$

$$D^2 - d^2 = \frac{4 \cdot S}{\pi} \quad (8.1.2.14)$$

$$d = \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot S}{\pi}} \quad (8.1.2.15)$$

$\varnothing D$  pístu volím 25 mm

$$d = \sqrt{25^2 - \frac{4 \cdot 23,3}{\pi}} \quad (8.1.2.16)$$

$$d = \underline{24,4 \text{ mm}} \quad (8.1.2.17)$$

Průměr pístní tyče zvoleného hydromotoru je 14 mm, plocha mezikruží je tedy větší jak u vypočteného průměru d. Zvolený hydromotor tedy vyhovuje požadavkům obvodu při tlaku oleje 220 Atm.

### Kontrola použitého hydromotoru na zámek zlomovací vzpěry

Uzamčení podvozku v otevřené poloze bylo realizováno přenastavením čtyřcestného třípolohového ventilu do středové polohy. Tím došlo k uzamčení přítoku a odtoku oleje do pracovních válců a zamezení jejich pohybu. V případě poruchy obvodu a poklesu tlaku, nebo úplnému odtoku oleje, byly v obvodu umístěny dva jednočinné přímočaré hydromotory s vratnou pružinou, která se starala o zajištění zlomovací vzpěry podvozku v otevřené poloze. Pokud tlak v obvodu poklesl k hranici 150 Atm, přetlačila pružina v hydraulickém válci tlak oleje a při narovnání zlomovací vzpěry došlo k samočinnému zajištění podvozku. Ladění síly pružiny a rozměrů pístu hydraulického válce, s ohledem na zástavbové možnosti podvozku, probíhalo pomocí programu FluidSim od firmy Festo Didactic. Navržená pružina má ve výsledku sílu při maximálním stlačení 3254 N.

### Navržený hydromotor zámku zlamovací vzpěry

Vnější průměr	40 mm
<b>Průměr pístu</b>	<b>31,52 mm</b>
<b>Průměr pístnice</b>	<b>26,92 mm</b>
Zdvih	20 mm
Tlak	220 Bar (22 Atm)
Délka: zasunutá poloha	99 mm
Délka: vysunutá poloha	119 mm
Počet kusů:	1

Tab. 8.3 Parametry vybraného hydromotoru zámku zlamovací vzpěry

Maximální síla, kterou působí pružina proti tlaku oleje: 3254 N

$$F_{max} = 3254 \text{ N} \quad (8.1.2.18)$$

$$P_{max} = 220 \text{ Atm} \doteq 223 \text{ Bar} \doteq 22,291 \text{ MPa} = 22\,291\,500 \text{ Pa} \quad (8.1.2.19)$$

Plocha mezikruží pístu

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (8.1.2.20)$$

$$S = \frac{\pi \cdot 31,52^2}{4} - \frac{\pi \cdot 26,92^2}{4} \quad (8.1.2.21)$$

$$S = 211,133 \text{ mm}^2 = \underline{0,000211133 \text{ m}^2} \quad (8.1.2.22)$$

Tlak vyvinutý pružinou

$$P = \frac{F}{S} \quad (8.1.2.23)$$

$$P = \frac{3254}{0,000211133} \quad (8.1.2.24)$$

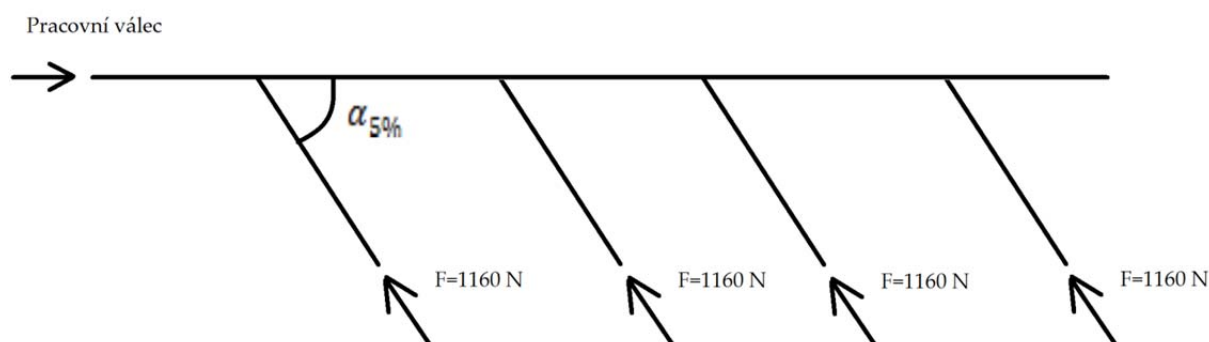
$$P = 15\,412\,086,22 \text{ Pa} = \underline{15,4 \text{ MPa}} \quad (8.1.2.25)$$

Při poklesu tlaku pod hodnotu 15,4 MPa došlo k samočinnému zajištění zlamovací vzpěry v otevřené poloze.

### 8.1.3 Klapková část

Klapková část obvodu se skládala z dvojčinného duálního přímočarého hydromotoru, který byl ovládán pomocí vlastního čtyřcestného třípolohového ventilu. Ten byl k obvodu připojen mezi hydraulickým čerpadlem a zpětným ventilem, který odděloval akumulátor od této části obvodu.

Maximální síla jdoucí od vyklápěcího mechanismu klapky do pracovního válce byla 361,04 N a byla stanovena z rovnice (8.1.3.7) za předpokladu, že maximální síly je dosaženo přibližně 5% před plným vychýlením klapky. Klapka byla vyklápěna pomocí mechanismu, jehož přibližné schéma je vidět na obr. 8.2. Maximální síla, která šla od klapky do vyklápěcího mechanismu, byla zjištěna z podkladů [18] o pozemních zkouškách letounu Avia B-135, kde maximální zatížení v 0,42 násobku těžiště klapky bylo 464 kg, což odpovídá síle 4640 N.



Obr. 8.2 Mechanismus vyklápění klapky

#### Výpočet síly jdoucí do válce klapky

$$\alpha_{5\%} = \frac{90^\circ}{100} \cdot 95 \quad (8.1.3.1)$$

$$\alpha_{5\%} = \underline{85,5^\circ} \quad (8.1.3.2)$$

$$\frac{x}{1160} = \cos \alpha \quad (8.1.3.3)$$

$$\frac{x}{1160} = \cos 85,5^\circ \quad (8.1.3.4)$$

$$x = \cos 85,5^\circ \cdot 1160 \quad (8.1.3.5)$$

$$x = 91,01 \text{ N} \quad (8.1.3.6)$$

$$x \cdot 4 = \underline{361,04 \text{ N}} \quad (8.1.3.7)$$

Do válce klapky šla tedy síla od mechanismu rovnající se 361,04 N.

Z dostupných podkladů bylo zjištěno, že při vysouvání válce klapky docházelo k vyklápění mechanismu a tím i vyklápění klapky. Tlakový olej tedy proudil do části hydromotoru, kde nebyla pístní tyč.

### Navržený hydromotor klapkové mechanizace

Vnější průměr	35 mm
<b>Průměr pístu</b>	<b>25,17 mm</b>
<b>Průměr pístnice</b>	<b>12,65 mm</b>
Zdvih	100 mm
Tlak	220 Bar (22 Atm)
Délka: zasunutá poloha	252 mm
Délka: vysunutá poloha	452 mm
Počet kusů:	1

Tab. 8.4 Parametry vybraného hydromotoru klapkové mechanizace

Maximální síla, kterou musí hydromotor vyvinout: 361,04 N

$$F_{max} = 361,04 \text{ N} \quad (8.1.3.8)$$

$$P_{max} = 220 \text{ Atm} \doteq 223 \text{ Bar} \doteq 22,291 \text{ MPa} = 22\,291\,500 \text{ Pa} \quad (8.1.3.9)$$

$$P = \frac{F}{S} \Rightarrow S = \frac{F}{P} \quad (8.1.3.10)$$

$$S = \frac{361,04}{22\,291\,500} = 1,62 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \quad (8.1.3.11)$$

$$S = 1,62 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 = \underline{16,2 \text{ mm}^2} \quad (8.1.3.12)$$

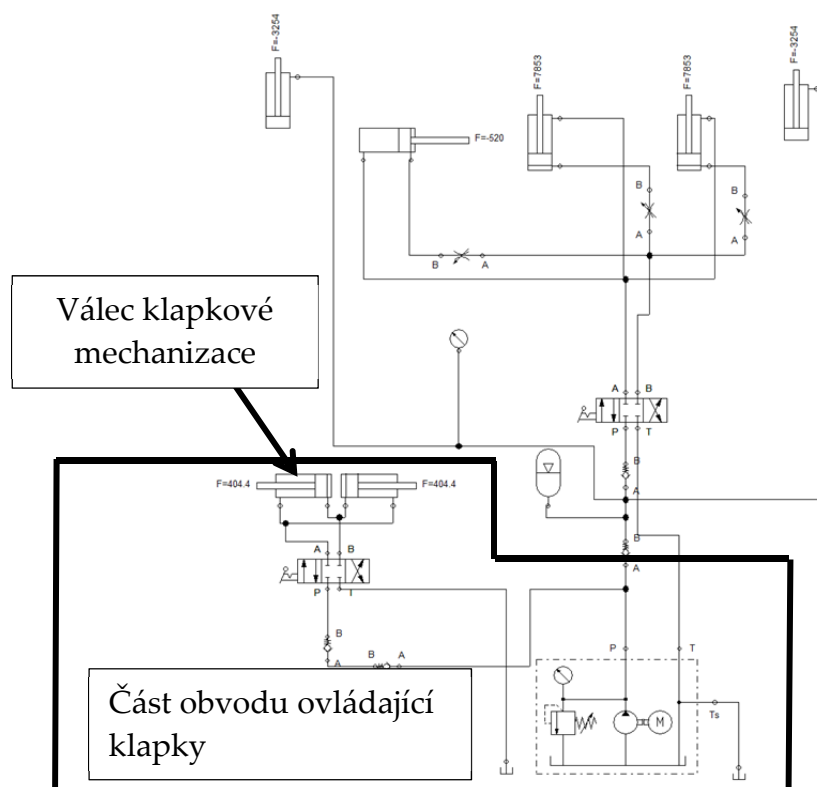
Výpočet potřebného průměru pístu

$$\frac{\pi \cdot d^2}{4} = S \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} \quad (8.1.3.13)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 16,2}{\pi}} \quad (8.1.3.14)$$

$$d = \underline{4,54 \text{ mm}}$$

Průměr pístu navrženého hydromotoru je 25 mm, zvolený hydromotor tedy vyhovuje požadavkům obvodu při tlaku oleje 220 Atm.



Obr. 8.3 Klapková část

### 8.1.4 Kontrola navrženého hydraulického čerpadla

Hydraulické čerpadlo se staralo o dodávku tlakového oleje k prvkům obvodu, kterými jsou dva přímočaré hydromotory hlavního podvozku, jeden přímočarý hydromotor záďového podvozku a jeden duální, přímočarý hydromotor klapkové mechanizace. Čerpadlo bylo zvoleno takové, aby dokázalo olejem zásobovat současně jak hydraulické komponenty podvozku, tak komponenty klapky, pokud by se pilot rozhodl vysunout jak podvozek, tak klapky současně.

#### Navržené čerpadlo

Výrobce	Dynamic fluid components, INC
Model	GP-F1-27
Pracovní tlak	200 Bar
Maximální tlak	250 Bar
Průtok	2,7 cm <sup>3</sup> /ot
Max. otáčky	6000 ot/min

Tab. 8.5 Parametry vybraného čerpadla

#### Potřebná dodávka oleje pro hlavní podvozek

$$D = 32 \text{ mm} - \text{průměr pístu}$$

$$s = 127 \text{ mm} - \text{zdvih pístu}$$

$$t = 3 \text{ s} - \text{čas vysunutí podvozku}$$



$$v = \frac{s}{t} = \frac{127}{3} \quad (8.1.4.1)$$

$$v = 42,3 \frac{mm}{s} = \underline{0,0423 \frac{m}{s}} \quad (8.1.4.2)$$

$$Q_{Hl.p} = S \cdot v = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v \quad (8.1.4.3)$$

$$Q_{Hl.p} = \frac{\pi \cdot 32^2}{4} \cdot 42,3 \quad (8.1.4.4)$$

$$Q_{Hl.p} = 34\,019,7 \frac{mm^3}{s} = \underline{0,002 \frac{m^3}{min}} \quad (8.1.4.5)$$

#### Potřebná dodávka oleje pro zádový podvozek

$D = 25 \text{ mm}$  - průměr pístu

$s = 82 \text{ mm}$  - zdvih pístu

$t = 3 \text{ s}$  - čas vysunutí podvozku

$$v = \frac{s}{t} = \frac{82}{3} \quad (8.1.4.6)$$

$$v = 27,3 \frac{mm}{s} = \underline{0,0273 \frac{m}{s}} \quad (8.1.4.7)$$

$$Q_{ostruha} = S \cdot v = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v \quad (8.1.4.8)$$

$$Q_{ostruha} = \frac{\pi \cdot 25^2}{4} \cdot 27,3 \quad (8.1.4.9)$$

$$Q_{ostruha} = 13\,400,9 \frac{mm^3}{s} = \underline{0,0008 \frac{m^3}{min}} \quad (8.1.4.10)$$

#### Potřebná dodávka oleje pro válec klapky

$D = 25,17 \text{ mm}$  - průměr pístu

$s = 100 \text{ mm}$  - zdvih pístu

$t = 7,5 \text{ s}$  - čas vysunutí podvozku

$$v = \frac{s}{t} = \frac{100}{7,5} \quad (8.1.4.11)$$

$$v = 13,3 \frac{mm}{s} = \underline{0,0133 \frac{m}{s}} \quad (8.1.4.12)$$

$$Q_{klapka} = S \cdot v = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v \quad (8.1.4.13)$$

$$Q_{klapka} = \frac{\pi \cdot 25,17^2}{4} \cdot 13,3 \quad (8.1.4.14)$$

$$Q_{klapka} = 6\,617,7 \frac{mm^3}{s} = \underline{0,0004 \frac{m^3}{min}} \quad (8.1.4.15)$$

### Celková potřebná dodávka oleje

$$2 \cdot Q_{Hl.p} + Q_{ostruha} + 2 \cdot Q_{klapka} = Q_{celk} \quad (8.1.4.16)$$

$$2 \cdot 0,002 + 0,0008 + 2 \cdot 0,0004 = 0,0056 \frac{m^3}{min} = 5600 \frac{cm^3}{min} \quad (8.1.4.17)$$

$$Q_{celk} = \underline{5600 \frac{cm^3}{min}} \quad (8.1.4.18)$$

$$\frac{5600 \frac{cm^3}{min}}{2200 \text{ ot}} = 2,55 \frac{cm^3}{ot} = 0,00255 \frac{l}{ot} \quad (8.1.4.19)$$

Při otáčkách čerpadla 2 200 ot/min (otáčky pohonné jednotky letounu u země) a jeho objemu 2,7 cm<sup>3</sup>/ot je schopno zvolené čerpadlo dodávat 5,9 l/min. Zvolené čerpadlo vyhovuje požadavkům obvodu.

### 8.1.5 Kontrola navrženého akumulátoru

Akumulátor byl v hydraulickém obvodu umístěn jako zásoba tlakového oleje a sloužil jako pomocný prvek při práci podvozkové části obvodu a v případě, že hydraulické čerpadlo nebylo schopno dodávat tlakový olej, bylo možno podvozek nouzově vysunout čistě za pomoci akumulátoru. Tlakový olej z akumulátoru byl tady dodáván pro oba válce hlavního podvozku a válec záďového podvozku.

#### Potřebný objem oleje pro válce podvozku

$$V = V_{Hl.p} + V_{ostruha} \quad (8.1.5.1)$$

$$V_{Hl.p} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot s \quad (8.1.5.2)$$

$$V_{Hl.p} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 32^2}{4} \cdot 127 = 204278,92 \text{ mm}^3 = 0,204 \text{ l} \quad (8.1.5.3)$$

$$V_{Hl.p} = \underline{0,204 \text{ l}} \quad (8.1.5.4)$$

$$V_{ostruha} = \frac{\pi \cdot 25^2}{4} \cdot 82 = 40251,66 \text{ mm}^3 = 0,0402 \text{ l} \quad (8.1.5.5)$$

$$V_{ostruha} = \underline{0,0402 \text{ l}} \quad (8.1.5.6)$$

$$V = 0,204 + 0,0402 \quad (8.1.5.7)$$

$$V = \underline{0,2442 \text{ l}} \quad (8.1.5.8)$$

Protože se jedná o rychlý děj, může být změna stavu plynu považována za adiabatickou.

Pro výpočet akumulátoru je taktéž potřeba stanovit minimální pracovní tlak ve válcích.

### Minimální pracovní tlak válce hlavního podvozku

$$P_{min \text{ Hl.p}} = \frac{F}{S} \quad (8.1.5.9)$$

$$P_{min \text{ Hl.p}} = \frac{F}{\frac{\pi \cdot D^2}{4}} \quad (8.1.5.10)$$

$$P_{min \text{ Hl.p}} = \frac{7853}{\frac{\pi \cdot 0,032^2}{4}} = 9764404,44 \text{ Pa} = \underline{9,764 \text{ MPa}} \quad (8.1.5.11)$$

$$P_{min \text{ Hl.p}} = \underline{9,764 \text{ MPa}} \quad (10.1.5.12)$$

### Minimální pracovní tlak válce zadového podvozku

$$P_{min \text{ Ostruha}} = \frac{F}{S} \quad (8.1.5.13)$$

$$P_{min \text{ Ostruha}} = \frac{F}{\frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4}} \quad (8.1.5.14)$$

$$P_{min \text{ Ostruha}} = \frac{520}{\frac{\pi \cdot 32^2}{4} - \frac{\pi \cdot 14^2}{4}} = 799619,04 \text{ Pa} = 0,799 \text{ MPa} \quad (8.1.5.15)$$

$$P_{min \text{ Ostruha}} = \underline{0,799 \text{ MPa}} \quad (8.1.5.16)$$

Protože pro výpočet akumulátoru platí, že čím menší rozdíl tlaků, tím musí být potřebný objem akumulátoru větší, volím jako minimální pracovní tlak  $p_1$  tlak  $P_{min \text{ Hl.p}} = 9,764 \text{ MPa} = 97,64 \text{ Bar}$ . Maximální pracovní tlak  $p_2$  je pak maximální tlak obvodu  $22,291 \text{ MPa} \doteq 223 \text{ Bar}$ .

Z dostupných podkladů bylo zjištěno, že plnicí tlak akumulátoru  $p_0$  byl 10 MPa = 100 Bar.

### Návrh akumulátoru

Rovnice pro výpočet akumulátoru byly použity z podkladů firmy HYDAC [19].

$$p_{0(t_{min})} = p_0 \cdot \frac{t_{min} + 273}{t_{max} + 273} \quad (8.1.5.17)$$

Jako teplotu  $t_{min}$  volím teplotu  $-40^\circ\text{C}$ , což je teplota v maximální dostupové výšce pro letoun Avia B-135. Teplota  $t_{max}$  byla odhadnuta na  $85^\circ\text{C}$ .

$$p_{0(t_{min})} = 100 \cdot \frac{-40 + 273}{85 + 273} \quad (8.1.5.18)$$

$$p_{0(t_{min})} = 65,083 \text{ Bar} \quad (8.1.5.19)$$

Stanovení požadovaného objemu

$$V_{ideal} = \frac{V}{\left(\frac{p_{0(t_1)}}{p_1}\right)^{0,714} - \left(\frac{p_{0(t_1)}}{p_2}\right)^{0,714}} \quad (8.1.5.20)$$

$$V_{ideal} = \frac{0,2442}{\left(\frac{65,083}{97,64}\right)^{0,714} - \left(\frac{65,083}{223}\right)^{0,714}} \quad (8.1.5.21)$$

$$V_{ideal} = 0,73 \text{ l} \quad (8.1.5.22)$$

Zohlednění reálných poměrů plynu

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{223}{97,64} = 2,28 \Rightarrow C_a \cong 1,14 \quad (8.1.5.23)$$

$$V_{oreal} = C_a \cdot V_{ideal} \quad (8.1.5.24)$$

$$V_{oreal} = 1,14 \cdot 0,73 \quad (8.1.5.25)$$

$$V_{oreal} = \underline{0,83 \text{ l}} \quad (8.1.5.26)$$

S ohledem na vypočtený objem byl zvolen akumulátor o jmenovitém objemu 1 l.

## 9 Hmotový rozbor

V této kapitole je proveden hmotový rozbor hydraulického obvodu v letounu Avia B-135. Hmotnosti dílů a jejich těžiště byly přibližně stanoveny z modelu obvodu. U nakupovaných dílů byla hmotnost zjištěna z informací od výrobce, pokud byla k dispozici.

Součástka	m (kg)	$x_t$ (m)	$y_t$ (m)	$z_t$ (m)
Hydraulické čerpadlo	0,850	3,060	0,140	2,172
Olejová nádrž	1,023	3,888	0,000	2,345
Akumulátor	4,400	3,822	0180	2,026
Válec pravého hlavního podvozku	1,160	3,728	-1,452	1,413
Válec zámku zlamovací vzpěry pravý	0,595	3,671	-1,454	1,394
Válec levého hlavního podvozku	1,160	3,728	1,452	1,413
Válec zámku zlamovací vzpěry levý	0,595	3,670	1,454	1,395
Ventil WLA3 podvozek	0,560	3,520	0,000	1,675
Ventil WLA3 klapka	0,560	4,479	0,000	1,429
Deska ventilu WLA3 podvozek	0,225	3,520	0,000	1,640
Deska ventilu WLA3 klapka	0,225	4,479	0,000	1,394
Ventil P3B5	0,090	3,164	0,045	2,037
Deska ventilu P3B5	0,180	3,192	0,045	2,042
Ventil Q3D pravý	0,090	3,703	-1,338	1,470
Ventil Q3D levý	0,090	3,702	1,338	1,470
Deska ventilu Q3D pravá	0,180	3,699	-1,346	1,443

Deska ventilu Q3D levá	0,180	3,699	1,346	1,443
Zpětný ventil akumulátoru RVG 6	0,034	3,381	0,000	1,675
Zpětný ventil podvozek RVG 6	0,034	3,520	0,000	1,725
Zpětný ventil klapka RVG 6	0,034	4,478	0,000	1,479
Šroubení	1,624	3,959	0,021	1,712
Hadice OL5 s koncovkami	1,169	5,246	0,013	1,703

*Tab. 9.1 Hmotový rozbor komponent hydraulického systému*

Následující tabulka pak ukazuje celkovou hmotnost hydraulického obvodu a polohu jeho těžiště.

m [kg]	$x_t$ (m)	$y_t$ (m)	$z_t$ (m)
15,058	4,062	-0,122	1,710

*Tab. 9.2 Celková hmotnost a poloha těžiště hydraulického systému*

## 10 Závěr

V této práci byla realizována rekonstrukce hydraulického obvodu Československého stíhacího letounu Avia B-135. První část je zaměřena na rešerši hydraulických obvodů použitých v letounech podobné konstrukce a létajících zhruba ve stejném období jako Avia. V dalším kroku byla provedena rekonstrukce blokového schématu hydraulického obvodu a v návaznosti na toto schéma byly vybrány komponenty použité v obvodu. U některých specifických prvků, jako byl hydraulický válec klapky a zámek zlamovací vzpěry, byl vytvořen jejich návrh. Následně byl proveden 3D konstrukční návrh obvodu a poté analýza funkčnosti systému. V poslední kapitole byl vytvořen hmotový rozbor celého obvodu a jeho použitých komponent.

Rekonstrukce hydraulického systému letounu Avia B-135 nebyla ve výsledku jednoduchá, protože k dispozici nebyl dostatečný počet materiálů, ze kterých by se dalo jednoznačně stanovit, jak systém vypadal. Návrh je tedy spíše přehledem, jak mohl daný obvod vypadat a jak zhruba fungoval. Oproti komponentám, které mohly být skutečně součástí tehdejšího hydraulického systému, byly použity komponenty dostupné v dnešní době.

Tento návrh je prvním seznámením a shrnutím informací, jak mohl daný hydraulický systém vypadat a nedá se považovat za konečný, nicméně byl dán základ pro další pokračování prací na tomto hydraulickém systému.

## 11 Použité zdroje

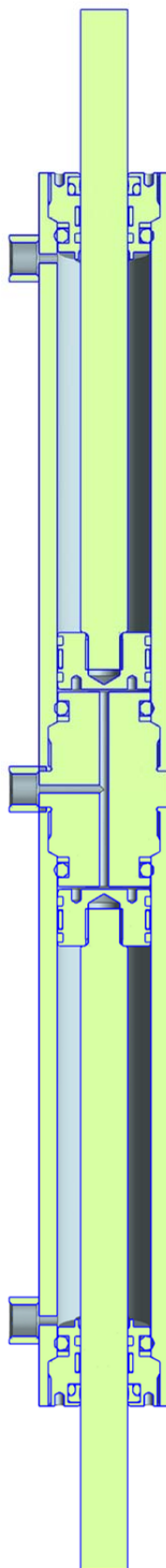
- [1] Messerschmitt Bf 109. Letadlacz.cz [online]. 2011 [cit. 2016-01-10]. Dostupné z: <http://letadlacz.webnode.cz/letadla/bojova-letadla/a2-svetova-valka/nemcove/stihacky/messerschmitt-bf-109/>
- [2] Bf 109E Manual - High Quality German Version: Betriebs- und Rüstanleitung [online]. 2012, , 100 [cit. 2016-01-10]. Dostupné z: <http://voennizdat.com/teh/avia/tehavevia347.pdf>
- [3] Supermarine Spitfire - základní technická data.: *KVH 1. prapor SOS*: [online]. 1011 [cit. 2016-01-10]. Dostupné z: <http://www.1-prapor-sos.wz.cz/raf/letadla/spitfire.html>
- [4] Supermarine Spitfire Hydraulic System (U/C) Drawings.: *Key Publishing Ltd Aviation Forums*: [online]. [cit. 2016-01-10]. Dostupné z: <http://forum.keypublishing.com/showthread.php?98588-Supermarine-Spitfire-Hydraulic-System-%28U-C%29-Drawings>
- [5] *AVIA B-35, B-135, Av-135* [online]. [cit. 2016-01-10]. Dostupné z: <http://www.vinar.cz/mitte/b35.htm>
- [6] ŠULC, Jan. Koncepční studie repliky historického stíhacího letounu. Praha, 2014, 130 s. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav letadlové techniky. Vedoucí práce Ing. Jiří Brabec.
- [7] BÍLÝ, Miroslav, Dénes BERNÀD a Pavel KUČERA. *Avia B-35, B-135*. 1. vyd. Praha: MBI, 2003, 88 s. ISBN 80-865-2403-5.
- [8] *Hydraulické válce, přesné trubky, chromované tyče - HYDRAULICS s.r.o.*: [online]. Sehradice: Hydraulics, 2011 [cit. 2016-01-10]. Dostupné z: <http://www.hydraulics.cz/>
- [9] *CAD soubory Aerospace Sealing Systems*: [online]. TracParts, 2016 [cit. 2016-01-10]. Dostupné z: [http://www.tracepartsonline.net/\(S\(ukx1oxbvjvzqstdft1lrqme\)\)/content.asp?LEBORG&clsid=/F\\_TRELLEBORG/TRELLEBORG.01/TRELLEBORG.1/&st=0x?Class=TRE](http://www.tracepartsonline.net/(S(ukx1oxbvjvzqstdft1lrqme))/content.asp?LEBORG&clsid=/F_TRELLEBORG/TRELLEBORG.01/TRELLEBORG.1/&st=0x?Class=TRE)
- [10] *Hennlich.cz : Všechny produkty: HENNLICH*: [online]. Hennlich, 2016 [cit. 2016-01-10]. Dostupné z: <https://www.hennlich.cz/vsechny-produkty.html>
- [11] *2015DynamicCatalog.pdf* [online]. 2015, , 152 [cit. 2016-01-10]. Dostupné z: <http://www.dynamicfc.com/documents/2015DynamicCatalog.pdf>



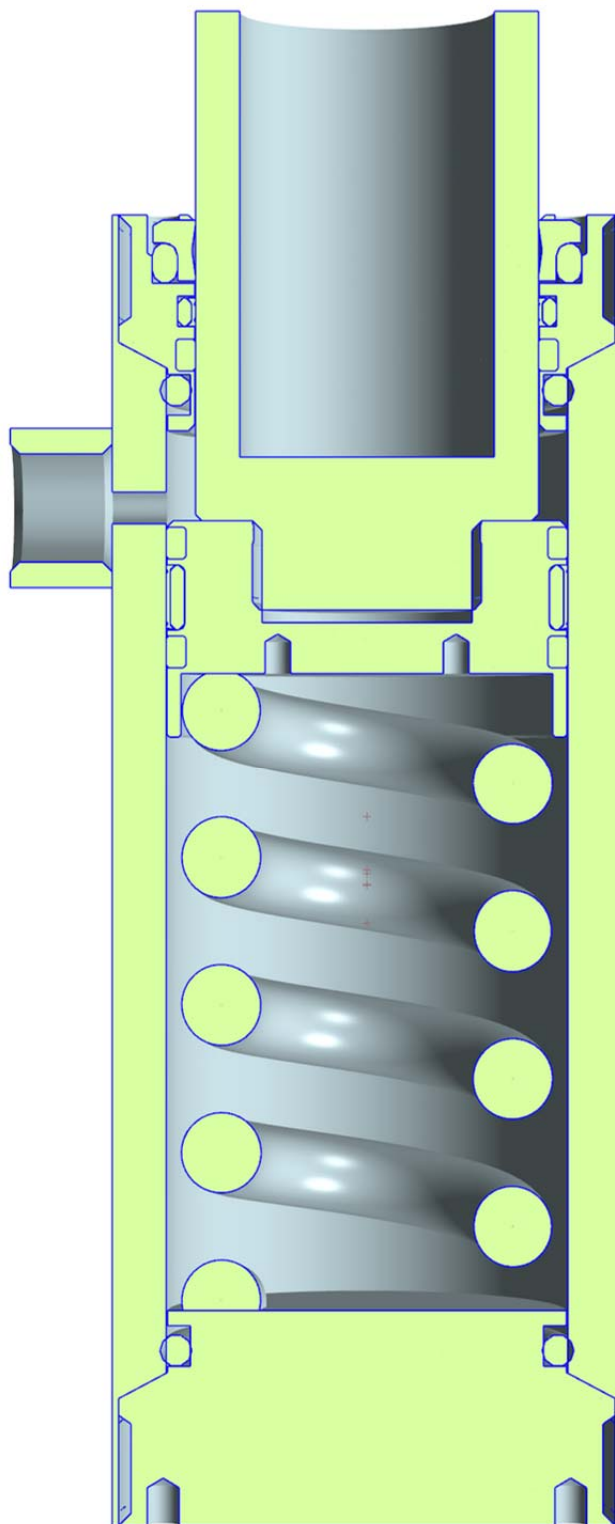
- [12] *Ventile.pdf* [online]. 2011, , 38 [cit. 2016-01-10]. Dostupné z: <https://docs.google.com/viewer?url=http://www.hydraulics-brno.cz/wp-content/uploads/ventile.pdf>
- [13] *E3100\_sbo\_katalogversion\_lq-2.pdf: Diaphragm Accumulators. HYDAC* [online]. HYFAC, 2015 [cit. 2016-01-10]. Dostupné z: <http://www.hydac.com/fileadmin/pdb/pdf/PRO00000000000000000000003100250011.pdf>
- [14] *Ruckschlag2.pdf:: Check valves* [online]. , 4 [cit. 2016-01-10]. Dostupné z: <http://www.hydrower.de/PDF/ruckschlag2.pdf>
- [15] *Charvat\_katalog\_hadice\_2014-1.pdf. Charvát CHS* [online]. Charvát Goroup, 2014 [cit. 2016-01-10]. Dostupné z: [http://www.charvat-chs.cz/download.php?group=produkty1\\_soubory&id=5](http://www.charvat-chs.cz/download.php?group=produkty1_soubory&id=5)
- [16] *Eaton|Walterscheid Rohrverschraubungskatalog - pll\_1185.pdf. Power Management, Powering Business Worldwide* [online]. EATON Power Bussines Worldwide, 2015 [cit. 2016-01-10]. Dostupné z: [http://www.eaton.com/ecm/groups/public/@pub/@eaton/@hyd/documents/content/pll\\_1185.pdf](http://www.eaton.com/ecm/groups/public/@pub/@eaton/@hyd/documents/content/pll_1185.pdf)
- [17] ČERMÁK, Marek. Rekonstrukce přistávacího zařízení historického stíhacího letounu. Praha, 2015, 157 s. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav letadlové techniky. Vedoucí práce Jaromír Kučera.
- [18] SMOLAŘ, a KOČKA. *Musterprüfungen des Flugzeuges Avia 135*. Praha: Flugtechnische Versuchsanstalt Prag., 1941, 64 s.
- [19] *\_ps\_165Akumulator-SBO.pdf* [online]. , 11 [cit. 2016-01-11]. Dostupné z: [http://www.ehydraulika.eu/fotky5404/fotov/\\_ps\\_165Akumulator-SBO.pdf](http://www.ehydraulika.eu/fotky5404/fotov/_ps_165Akumulator-SBO.pdf)
- [20] TRYBENEKR, P.: *Rekonstrukce křídla historického stíhacího letounu*. Praha: ČVUT - České vysoké učení technické, Fakulta strojní, Ústav letadlové techniky, 2016, 114 s. Vedoucí práce: Brabec, J.

## 12 Přílohy

### Příloha 1 – Hydraulický válec klapky



## Příloha 2 – Zámek zlamovací vzpěry







## Příloha 5 – Technická dokumentace - Čerpadlo

# Hydraulic Gear Pump Model GP-F1

## Technical Data

Model GP-F1 is an all aluminium construction, high pressure Hydraulic Gear Pump with 15 displacement sizes from 0.05 to 0.48 cu.in/rev. (0.8 to 8.0 cm<sup>3</sup>/rev). The standard mounting flange is as detailed on the installation drawing and porting is any combination of rear, front or side as defined in the Ordering Example. The drive shaft options include flat tang or tapered keyed.



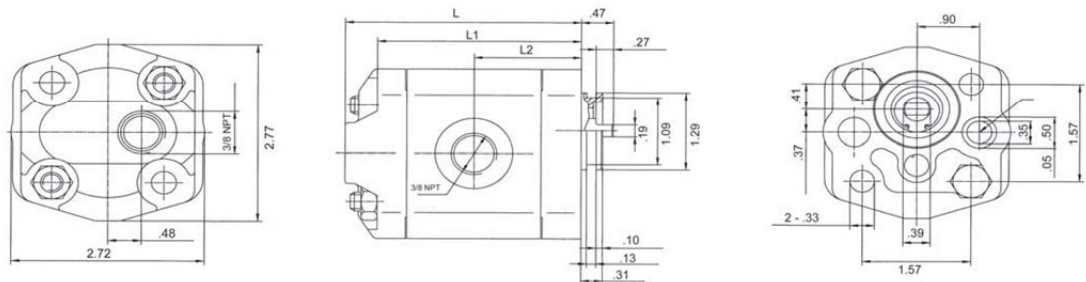
Model	Displacement		Pressure		Speed RPM		Weight	
	cu.in/rev	cm <sup>3</sup> /rev	Rated	Peak	Rated	Max	Lbs.	Kg
*GP-F1-08	0.05	0.80	2900	3626	2000	6000	1.65	0.75
GP-F1-11	0.06	1.1	2900	3626	2000	6000	1.69	0.77
GP-F1-13	0.07	1.3	2900	3626	2000	6000	1.73	0.79
GP-F1-16	0.09	1.6	2900	3626	2000	6000	1.76	0.80
GP-F1-18	0.11	1.8	2900	3626	2000	6000	1.77	0.81
GP-F1-21	0.12	2.1	2900	3626	2000	6000	1.80	0.82
GP-F1-27	0.16	2.7	2900	3626	2000	6000	1.87	0.85
GP-F1-32	0.19	3.2	2900	3626	2000	5000	1.91	0.87

Model	Displacement		Pressure		Speed RPM		Weight	
	cu.in/rev	cm <sup>3</sup> /rev	Rated	Peak	Rated	Max	Lbs.	Kg
GP-F1-37	0.22	3.7	2900	3626	2000	4500	1.98	0.90
GP-F1-42	0.25	4.2	2900	3626	2000	4000	2.02	0.92
GP-F1-48	0.29	4.8	2320	2900	2000	3500	2.09	0.95
GP-F1-58	0.35	5.8	2320	2900	2000	2900	2.20	1.00
*GP-F1-60	0.36	6.0	2320	2900	2000	2750	2.25	1.02
*GP-F1-70	0.43	7.0	2320	2900	2000	2500	2.34	1.06
GP-F1-80	0.48	8.0	2320	2900	2000	2100	2.42	1.10

Flow rate in gpm - Displacement (cu.in/rev) X speed (rpm) / 231

Volumetric efficiency %  $\geq 93$

## Installation Data



Model	L		L1		L2	
	mm	In.	mm	In.	mm	In.
*GP-F1-08	73	2.87	61	2.40	32	1.26
GP-F1-11	74	2.91	62	2.44	33	1.30
GP-F1-13	75	2.95	63	2.48	33.5	1.32
GP-F1-16	76	2.99	64	2.52	34	1.34
GP-F1-18	77	3.03	65	2.56	34.5	1.36
GP-F1-21	78	3.07	66	2.60	35	1.38
GP-F1-27	80	3.15	68	2.68	36	1.42

Model	L		L1		L2	
	mm	In.	mm	In.	mm	In.
GP-F1-32	82	3.23	70	2.76	37	1.46
GP-F1-37	84	3.31	72	2.83	38	1.50
GP-F1-42	86	3.39	74	2.91	39	1.53
GP-F1-48	88	3.46	76	2.99	40	1.57
GP-F1-58	92	3.62	80	3.15	42	1.65
*GP-F1-60	93	3.66	81	3.18	43	1.69
*GP-F1-70	96	3.77	84	3.30	45	1.77
GP-F1-80	100	3.94	88	3.46	46	1.81

## Ordering Information

<b>GP</b>	-	<b>F1</b>	-	<b>16</b>	-	<b>T</b>	-	<b>C</b>	-	<b>1</b>
Aluminum Gear Pump		High Pressure Series		Displacement cm <sup>3</sup> /rev (see chart) 08/11/13/16/18 21/27/32/37 42/48/58/60 70/80		Drive Shaft T-Flat Tang Z-Taper		Rotation Direction C-Clockwise A-Counter Clockwise (viewed from drive shaft end)		Port Options Omit-Standard (see drawing) 1- 3/8 NPT Side Ports <b>Other Option</b> *3- Free Running (reduced Eff.) *Special order only Minimums may apply

## Příloha 6 – Technická dokumentace - Čtyřcestný třípolohový ventil

### Kenngrößen

#### Characteristics

##### Allgemein

<b>Benennung</b>	Wegeventil WLA3
<b>Bauart</b>	Schieberventil
<b>Anschlußart</b>	Flanschanschluß
<b>Einbaulage</b>	beliebig
<b>Durchflußrichtung</b>	nach Sinnbild (siehe Seite 5)

##### Masse in g

Betätigung	4/2-Wege	4/3-Wege
M (kurzer Magnet)	410	560
L (langer Magnet)	490	720

##### General

<b>Designation</b>	directional control valve WLA3
<b>Type of construction</b>	directional control spool valve
<b>Connection</b>	flange port
<b>Installation position</b>	as required
<b>Flow direction</b>	as per symbol (see page 5)

##### Weight in g

operation	4/2-way	4/3-way
M (short solenoid)	410	560
L (long solenoid)	490	720

##### Hydraulisch

<b>Betriebsdruck</b>	$p_{max} = 250 \text{ bar}$
<b>Nenndurchfluß (<math>\Delta p = 1 \text{ bar}</math>)</b>	2 l/min
<b>max. Durchfluß</b>	8 l/min
<b>Druckmitteltemperatur</b>	-10 . . . . +80°C
<b>Viskositätsbereich</b>	10 . . . . 320 mm <sup>2</sup> /s
<b>Druckmittel</b>	Hydrauliköl nach DIN 51.524 und DIN 51.525 (siehe Ölempfehlung)
<b>Filtration empfohlen</b>	25 . . . . 40 µm

##### Hydraulic

<b>Working pressure</b>	$p_{max} = 250 \text{ bar}$
<b>Nominal flow rate (<math>\Delta p = 1 \text{ bar}</math>)</b>	2 l/min
<b>Max. flow rate</b>	8 l/min
<b>Hydraulic fluid temp.</b>	-10 . . . . +80°C
<b>Viscosity range</b>	10 . . . . 320 mm <sup>2</sup> /s
<b>Hydraulic fluid</b>	Hydraulic fluid in accordance with DIN 51.524 and 51.525 (see fluid recommendation)
<b>Filtration recommended</b>	25 . . . . 40 µm

##### Betätigung Elektromagnetisch

<b>Nennspannung</b>	12 oder 24 V DC
<b>Leistungsaufnahme</b>	10 W
<b>Rel. Einschaltdauer</b>	Umgebungsbedingt bis 100 % ED
<b>Schutzart</b>	bis IP 65 DIN 40050 bei entsprechender Steckdose
<b>Stromzuführung</b>	Steckdose AMP - Superseal

##### Solenoid operation

<b>Rated voltage</b>	12 or 24 V DC
<b>Power consumption</b>	10 W
<b>Relative duty</b>	dependent on ambient up to 100 % duty cycle
<b>Protection</b>	IP 65 (DIN 40050) using an appropriate connector
<b>Current supply</b>	connector AMP - Superseal

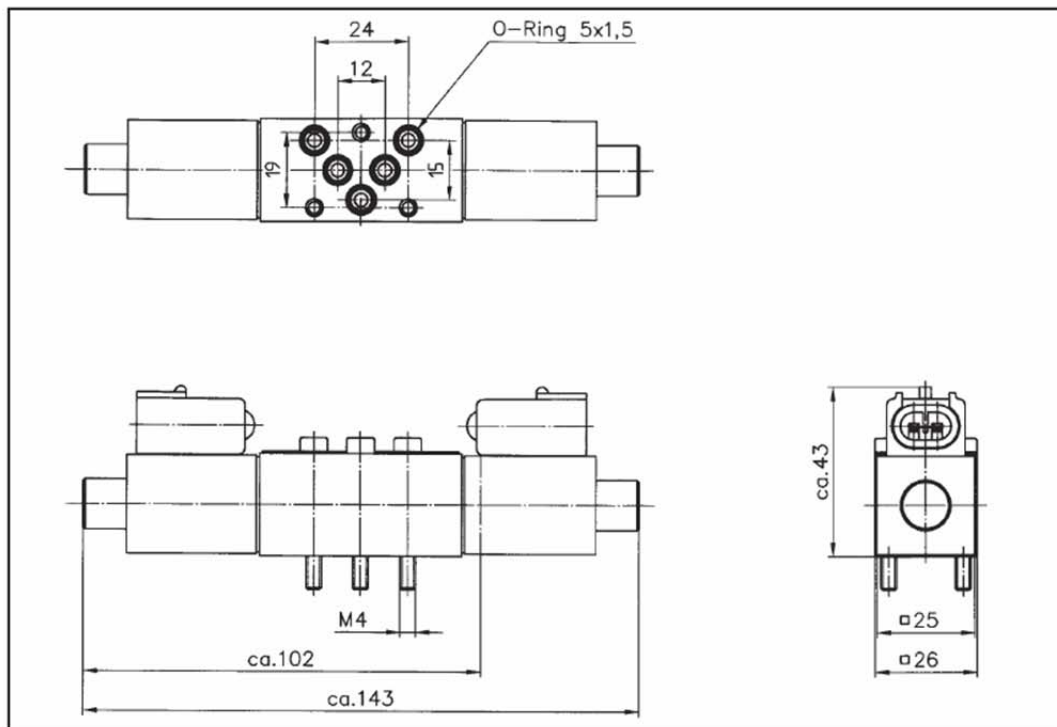
**Ausführungen / Maße**  
**Versions / dimensions**

**WLA3 mit Magnettyp M**

kurzer Magnet mit Stecker AMP - Superseal

**WLA3 with solenoid type M**

short solenoid with plug AMP - Superseal



**Gerätesteckdosen**

**Connectors**

	<p>Stecker AMP - Superseals                  2-poliges Kabel, beständig gegen Hydrauliköl,                  UL-Approval, Kabellänge 1500 ± 50 mm,                  Schaltlitze Querschnitt 2 x 0,75 mm<sup>2</sup>, schwarz/rot,                  Litzenende 10 mm abisoliert  <i>Plug AMP - Superseals</i></p>	<p>Bestellnummer                  Order Code                  325.6001</p>
--	---	--



## Einzelanschlußplatte *Single subplate*

### Einzelanschlußplatte 600.2355

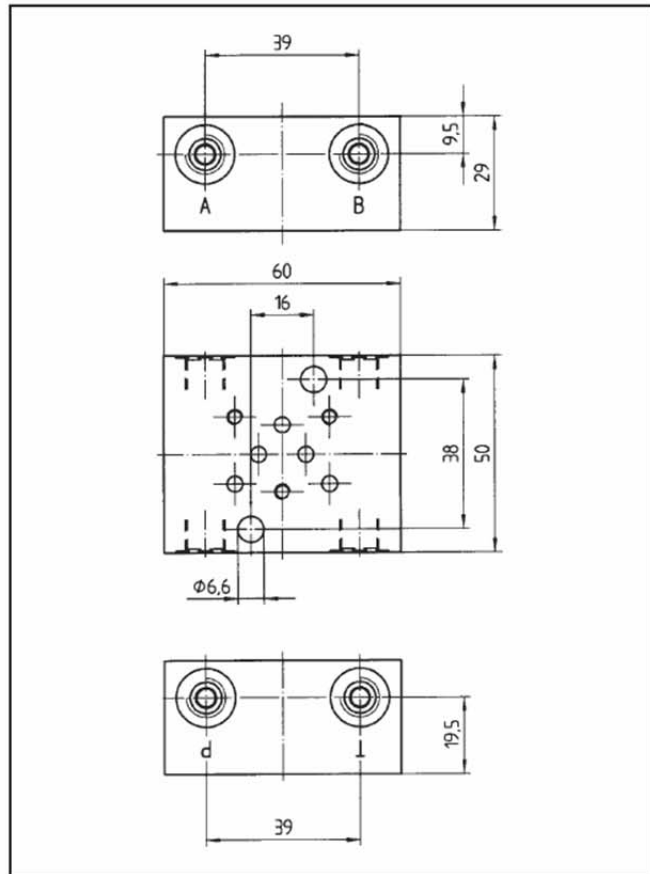
für Gewindeanschluß M10x1 radial zum Aufbau eines Wegeventiles WLA3 bzw. einer Höhenverktettung NG 3.

Anschluß von Hochdruck-Schlauchleitungen für Schnellmontage HS3 möglich.

### *Single subplate 600.2355*

*for radial port connection M10x1 to mount a directional control valve WLA3, resp. a stacking system DN3.*

*high pressure hose for quick assembly HS3 connection possible*

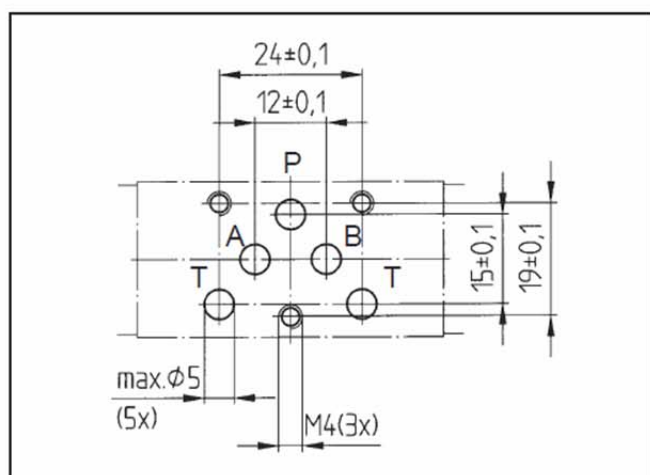


### Anschlußbild WLA3

(Maßstab 1:1)

### *Interface WLA3*

*(Actual size)*



**Příloha 7 – Technická dokumentace – Akumulátor**

**3. TECHNICAL SPECIFICATIONS**

**3.1. WELD TYPE**  
 – non-exchangeable diaphragm –

**3.1.1 Drawings**

Diag.	Type	Gas side connection			Fluid side connection*	
		E1	E2	E3	AK	AB
1						
2			-			
3			on request			
4			-			

\* = alternative fluid connections on request

E 3.100.25/09.14

3.1.2 Dimensions

Nom. vol. <sup>1)</sup>	Perm. press. ratio	Series	Certificate code U		R [mm]	ØD [mm]	Weight [kg]	Q <sup>2)</sup> [l/min]	Standard fluid connection										Diag.
			Permitt. oper. pressure [bar]						Form AK					Form AB					
			Carbon steel	Stainless steel					F ISO 228	ØG [mm]	L [mm]	B 1 [mm]	hex. SW	F ISO 228	H DIN 13	L [mm]	B 2 [mm]	hex. SW	
0.075	8 : 1	250	250	—	91	64	0.7	38	G 1/2	—	14	21	30	not available					1
0.16	8 : 1	210	210	180	103	74	0.8	38	G 1/2	—	14	21	30	not available					1
		300	300	—	108	78	1.1												
0.32	8 : 1	210	210	160	116	93	1.3	95	G 1/2	—	14	21	30	not available					1
		300	300	—	120	96	1.8												
0.5	8 : 1	160	160	—	130	102	1.3	95	G 1/2	—	14	21	30	G 1/2	M33x1.5	14	37	41	1
		210	210	—	133	105	1.7												
0.6	8 : 1	330	330	—	151	115	3.3	95	G 1/2	34	14	21	41	G 1/2	M33x1.5	14	37	41	1
		350	350	—	130	121	3.5												
0.7	8 : 1	100	100	—	151	106	1.8	95	G 1/2	34	14	21	41	G 1/2	M33x1.5	14	37	41	1
		140	140	—	142	116	1.8												
0.75	8 : 1	210	210	140	147	121	2.8	95	G 1/2	34	14	21	41	G 1/2	M33x1.5	14	37	41	1
		250	250	—	152	126	3.6												
		330	330	—	140	126	4												
1	8 : 1	200	200	—	159	136	3.6	95	G 1/2	34	14	21	41	G 1/2	M33x1.5	14	37	41	1
		250	250	—	192	126	4.4												
		330	330	—	169	126	4.8												
1.4	8 : 1	140	140	—	173	145	3.9	95	G 1/2	34	14	21	41	G 1/2	M33x1.5	14	37	41	1
		210	210	—	178	150	5.4												
		250	250	—	185	153	5.9												
		330	330	—	172	155	7.6												
2	8 : 1	100	100	100	190	160	4	150	G 3/4	44	16	28	46	G 3/4	M45x1.5	16	33	46	1
		210	210	—	198	167	6.6												
		250	250	—	232	153	7.4												
2.8	4 : 1	250	250	—	250	170	7.8	150	G 3/4	44	16	28	46	G 3/4	M45x1.5	16	33	46	2
		330	330	—	237	172	11												
		250	250	—	231	172	11												
3.5	4 : 1	250	210	—	306	170	11.2	150	G 3/4	44	16	28	46	G 3/4	M45x1.5	16	33	46	2
		330	330	—	274	172	13.8												
4	4 : 1	50	—	50	294	158	5	150	G 3/4	44	16	44	46	G 3/4	M45x1.5	16	33	46	2
		250	—	180	306	170	11.2												

<sup>1)</sup> others on request

<sup>2)</sup> max. flow rate of operating fluid

## Příloha 8 – Technická dokumentace – Pojistný přetlakový ventil



### **Druckventile** *pressure valves*

**Druckbegrenzungsventil P3B**  
direktwirkend mit Dämpfungskolben  
Druckstufe einstellbar 50 ..... 250 bar  
max. Durchfluß 6 l/min  
Nenngröße 3 mm

**Pressure control valve P3B**  
*direct-acting damping piston*  
*pressure stage adjustable 50 ..... 250 bar*  
*max. flow rate 6 l/min*  
*diameter nominal 3 mm*

**Sicherheitsventil P3S**  
ungedämpft  
Druckstufe einstellbar 20 ..... 160 bar  
max. Durchfluß 6 l/min  
Nenngröße 3 mm

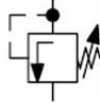
**Pressure relief valve P3S**  
*undamped*  
*pressure stage adjustable 20 ..... 160 bar*  
*max. flow rate 6 l/min*  
*diameter nominal 3 mm*

**Druckregelventil P3R**  
Patronenbauweise  
direktwirkend  
max. Durchfluß 6 l/min  
max. Eingangsdruck 210 bar  
3 Regelbereiche  
Ausgangsdruckabsicherung

**Performance valve P3R**  
*cartridge design*  
*direct-acting*  
*max. flow rate 6 l/min*  
*max. input pressure 210 bars*  
*3 control ranges*  
*output pressure protection*

## Kenngrößen nach VDI/DIN

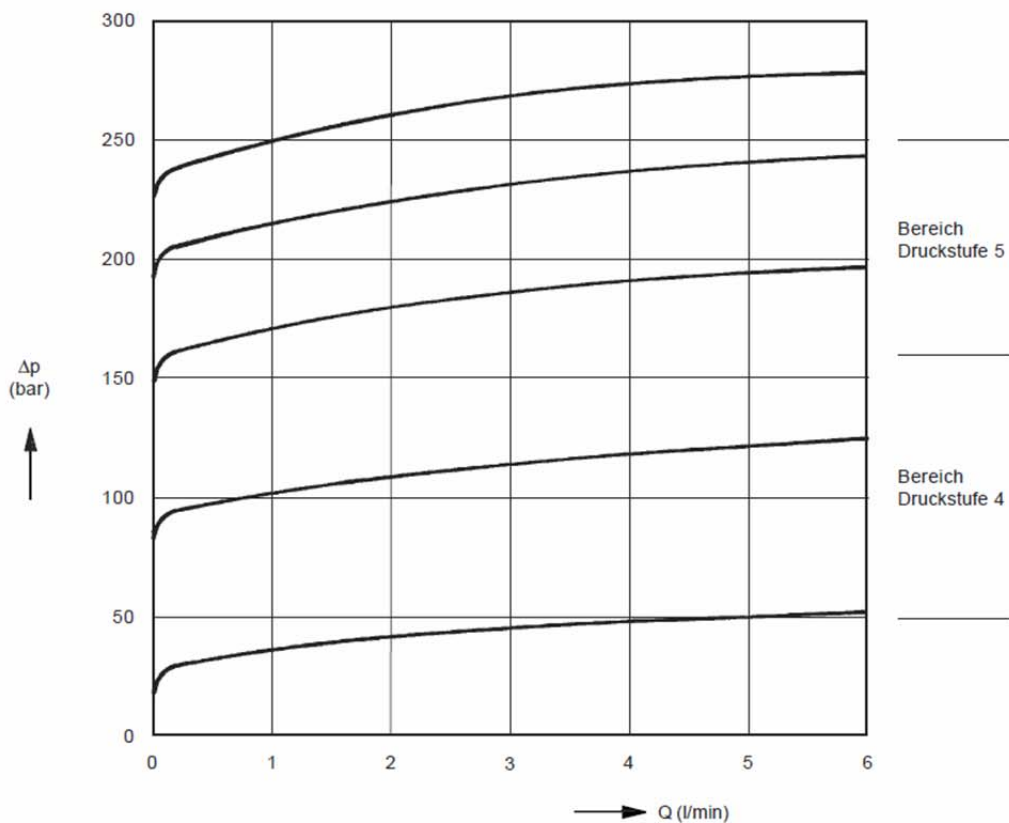
### Allgemein

<b>Benennung</b>	Druckbegrenzungsventil, direktwirkend mit Dämpfungskolben, einstellbar, <b>P3B...</b> Sicherheitsventil ungedämpft, einstellbar, <b>P3S...</b>
<b>Bauart</b>	Patrone
<b>Sinnbild DIN ISO 1219</b>	
<b>Befestigungsart</b>	Einschraubgewinde M18x1,5
<b>Einbaulage</b>	beliebig
<b>Gewicht</b>	ca. 50 g
<b>Umgebungstemperatur</b>	-30 ... +100°C

### Hydraulisch

<b>Nennweite</b>	3 mm
<b>Betriebsdruck (einstellbar)</b>	P3B 50 ... 160 bar ... 250 bar P3S 20 ... 120 bar ... 160 bar
<b>Nenndurchfluß</b>	3 l/min
<b>Durchfluß max.</b>	6 l/min
<b>Druckmittel</b>	Hydrauliköl nach DIN 51.524 und DIN 51.525 (siehe Ölempfehlung)
<b>Viskositätsbereich</b>	10 bis 500 mm <sup>2</sup> /s
<b>Druckmitteltemperatur</b>	-30 ... +80°C
<b>Filtration empfohlen</b>	25 ... 40 µm

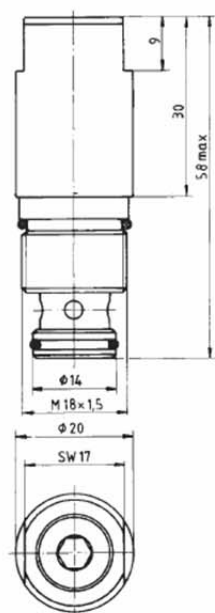
### Kennlinien nach VDI/DIN



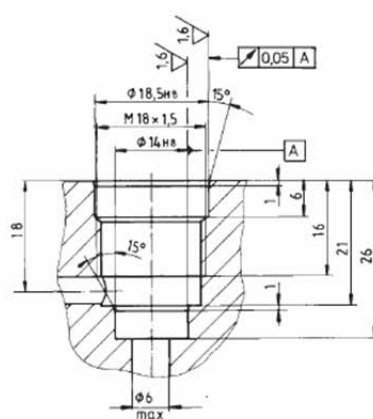
**Maße / Ausführungen / Einbauräume**



**Druckbegrenzungsventilpatrone P3B0\_0 / Sicherheitsventilpatrone P3S0\_0**  
(Maßstab 1:1)

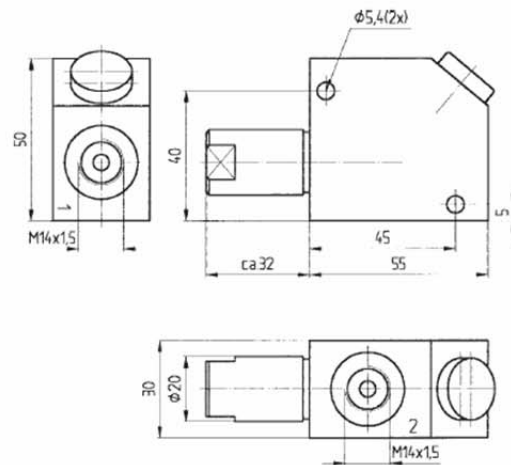


**Einbauraum**

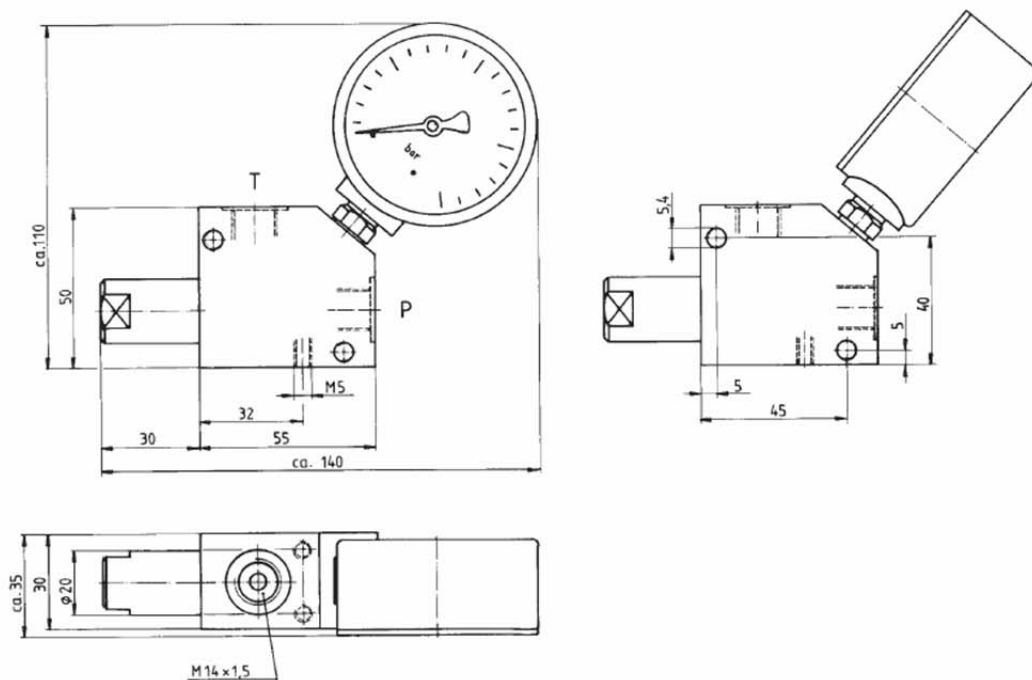


## Maße / Ausführungen

Druckbegrenzungsventil P3BC\_0 /  
Sicherheitsventil P3SC\_0  
für Leitungseinbau (M 14x1,5) ohne  
Druckanzeige



Druckbegrenzungsventil P3BC\_1 /  
Sicherheitsventil P3SC\_1  
für Leitungseinbau (M 14x1,5) mit  
Manometer



## Příloha 9 – Technická dokumentace - Škrtící ventil

**HOERBIGER**  
*micro fluid*<sup>®</sup>

---



### **Stromventil Q3**

Senkbremse, Drosselventil,  
Drosselrückschlagventil

Nenngröße 3 mm

Druck bis 210 bar

Durchfluß bis 6 l/min

feinfühliges Steuerverhalten

kleinste Abmessungen



## Beschreibung

---

Die Stromventilpatronen weisen den gleichen Einbauraum wie die Druckventile P3 auf.

Bei der Senkbremse Q3S müssen je nach gewünschtem Durchflußbereich unterschiedliche Düsen von 0,3 - 1,5 mm Bohrungsdurchmesser montiert werden.

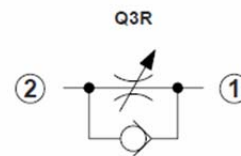
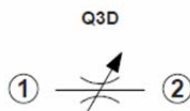
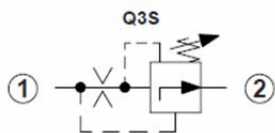
Die Durchflußrichtungen sind zu beachten.

Alle Ventile zeichnen sich durch eine gute Auflösung und feinfühliges Steuerverhalten aus.

## Kenngrößen

### Allgemein

<b>Benennung</b>	Senkbremse Q3S Drosselventil Q3D Drosselrückschlagventil Q3R
<b>Bauart</b>	Schieber
<b>Sinnbild DIN ISO 1219</b>	



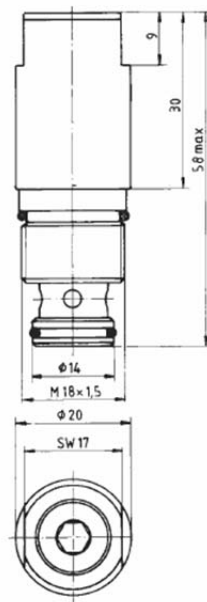
<b>Befestigungsart</b>	Einschraubgewinde M18x1,5
<b>Einbaulage</b>	beliebig
<b>Umgebungstemperatur</b>	-30 .... +100°C

### Hydraulisch

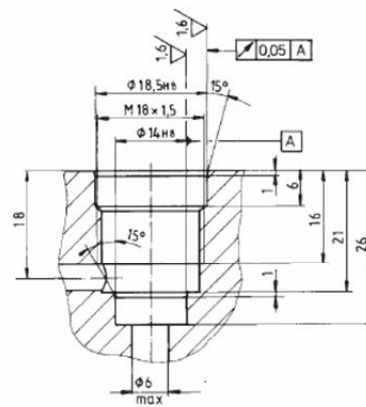
<b>Nennweite</b>	3 mm
<b>Betriebsdruck</b>	bis 210 bar
<b>Durchfluß</b>	bis 6 l/min
<b>Druckmittel</b>	Hydrauliköl nach DIN 51.524 und DIN 51.525 (siehe Ölempfehlung)
<b>Viskositätsbereich</b>	10 bis 500 mm <sup>2</sup> /s
<b>Druckmitteltemperatur</b>	-30 .... +80°C
<b>Filtration empfohlen</b>	25 .... 40 µm

## Maße / Ausführungen / Einbauräume

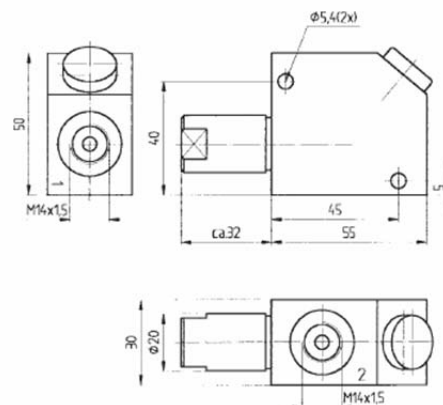
**Senkbremse Q3S  
 und Drosselventile Q3D/R**  
 (Maßstab 1:1)



### Einbauraum



**Senkbremse Q3S  
 und Drosselventile Q3D/R  
 in Gehäuse für Leitungseinbau  
 (auf Anfrage)**



## Příloha 10 – Technická dokumentace - Zpětný ventil

# Rückschlagventile Check Valves

**HydrolWet**

mit patentierter Kugelschale

with patented spherical rocket shell

**Einschraub-Gehäuse-Ausführung**

**Screw in-cage-design**

Nennweite 2-3-4-6-8-10-16

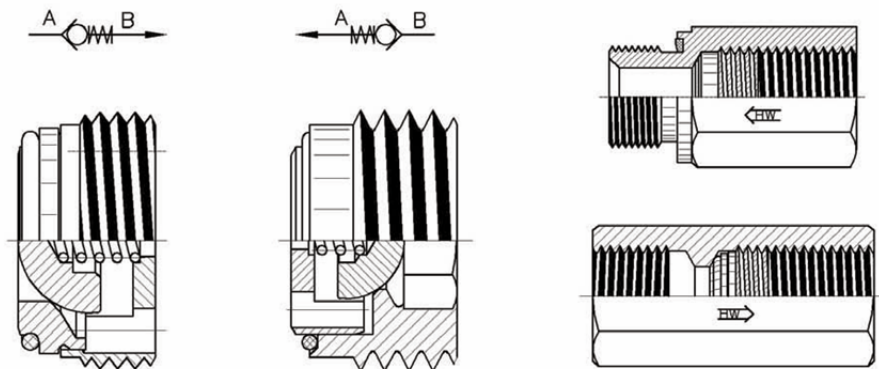
Nominal size  $1/16-1/8-1/4-3/8-1/2-3/4$

Betriebsdruck 700 bar

Working pressure 10.000 psi

mit BSP oder metr. Gewinde

with BSP or metr. thread



**Beschreibung:**

Einschraub- und Gehäuseventile-Ausführung. Beide Ausführungen gibt es in Einschraubrichtung gesperrt oder mit freiem Durchfluss. Werkstoff: Normstahl und Niro. Die Kugelschale bleibt in jeder Lage zuverlässig dicht - auch bei vielen Schaltspielen und hoher Beanspruchung. Einfacher Einbau in normale Bohrungen mit dem entsprechenden Gewinde. Abgedichtet werden die Einschraubventile durch eine ans Gehäuse angedrehte Dichtkante, die mit der Bohrschräge eine spaltfreie Kammer für den O-Ring bildet. Die spaltfreie Kammer und der O-Ring sind eine wiederholbare Abdichtung. Die Ventiltile sind aus hochfestem gehärteten Stahl, wobei der Kugelsitz spezialbehandelt und die patentierte Kugelschale aus einer hochfesten, gehärteten und polierten Kugellagerkugel hergestellt wird. Die kompakte Bauweise ist wirtschaftlich und hilft Platz sparen bei einfachem Einbau.

**Description:**

Screw-in and check valves-design. Both designs are available in screw-in direction closed or with free flow. Material: normal and stainless steel. The spherical cap stays in every position reliable tight, also in case of many switching cycles and high strain. Simple installation into normal drills with respective thread. The screw-in valves are sealed through an edge sealing which is turned to the cage. The edge sealing, together with the drill draft, forms a gap free chamber for the o-ring. The gap free chamber and the o-ring are repeatable sealing. The valve parts are made of high strength hardened steel, with the ball seat getting a special treatment and the patented spherical rocket shell being manufactured of a high tensile hardened and polished ball bearing ball. The compact design is economical and helps to save space with simple installation.

**Technische Daten:**


Zuverlässiger Betriebsdruck: 700 bar (Sperrdruck)  
 Berstdruck: 4-fach  
 Zulässige Temperatur: -40 bis +80°C  
 Viskositätsbereich: 5-500 c St  
 Einbaulage: beliebig

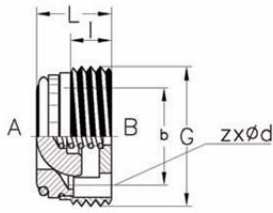
**Technical dates:**

permissible operating pressure: 700 bar (lock pressure)  
 burst pressure: quadruple  
 permissible temperature: -40 to +80°C  
 viscosity: 5-500 c St  
 installation position: any

Made by HydrolWet

## 1. Einschraub-Rückschlagventil

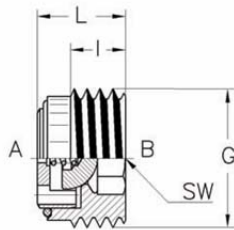
1.1 Typ: RVA... 



Bei der Einschraubbohrung (Seite 3) unbedingt das Maß "X" einhalten.

It is absolutely necessary to comply with the measure "X" at the screw in drill (page 3).

1.2 Typ: RVB... 



Bei der Einschraubbohrung (Seite 3) unbedingt das Maß "X" einhalten.

It is absolutely necessary to comply with the measure "X" at the screw in drill (page 3).

Andere Gewinde auf Anfrage.  
 Anzugsmomente und Montagewerkzeug siehe Seite 4.

## 1. Screw-in check valve

Typ type	G	L	l	b	zxd	O-Ring (90 sh)
RVA 2-M	M 6	6	3,5	3,5	4x1,2	2,5x1
RVA 3-M	M 8x1	6,3	3,5	5	6x1,6	4x1
RVA 4	G 1/8	6,7	3,5	6	6x1,8	6x1
RVA 4-M	M 10x1					
RVA 6	G 1/4	8,2	4,8	9	8x2,2	9x1
RVA 6-M	M 14x1,5					
RVA 8	G 3/8	10,1	5,6	11	8x3	11x1,5
RVA 8-M	M 18x1,5					
RVA 10	G 1/2	11,5	6,8	14,5	8x3,8	14x1,5
RVA 10-M	M 22x1,5					
RVA 16	G 3/4	14,2	8	18,5	8x4,6	18,77x1,78
RVA 16-M	M 27x2					

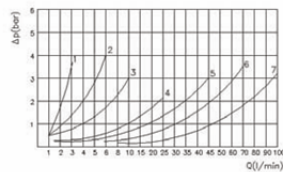
RVA6-8-10 in Niro vorhanden. Andere auf Anfrage.  
 RVA6-8-10 available in stainless. Others upon request.

Typ type	G	L	l	SW	O-Ring (90 sh)
RVB 2-M	M 6	6,5	3,5	3	2,5x1
RVB 3-M	M 8x1	6,7	3,6	4	4x1
RVB 4	G 1/8	7,8	4,6	5	6x1
RVB 4-M	M 10x1				
RVB 6	G 1/4	10	6,3	7	9x1
RVB 6-M	M 14x1,5				
RVB 8	G 3/8	11,8	7,8	8	11x1,5
RVB 8-M	M 18x1,5				
RVB 10	G 1/2	13,2	8	10	14x1,5
RVB 10-M	M 22x1,5				
RVB 16	G 3/4	17	11,4	12	18,77x1,78
RVB 16-M	M 27x2				

RVB6-8-10 in Niro vorhanden. Andere auf Anfrage.  
 RVB6-8-10 available in stainless. Others upon request.

Other threads on request.  
 Starting torques and fitting tools on page 4.

## 2. Durchflusskennlinien

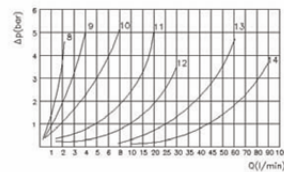


Kurve Curve	Q max (l/min)
1 = RVA 2	3
2 = RVA 3	6
3 = RVA 4 - RVE 4 - RVG 4 - RVC 4 - RVN 1/8	10
4 = RVA 6 - RVE 6 - RVG 6 - RVC 6 - RVN 1/4	25
5 = RVA 8 - RVE 8 - RVG 8 - RVC 8 - RVN 3/8	45
6 = RVA 10 - RVE 10 - RVG 10 - RVC 10	70
7 = RVA 16 - RVE 16 - RVG 16 - RVC 16	100

Ölviskosität bei der Messung 50 cSt.  
 Zur Beachtung: Bei schlagartiger Belastung des Rückschlagventils in Durchflussrichtung, z.B. nach Speichern oder Schläuchen, darf die angegebene Durchflussmenge nicht überschritten werden.

Made by HydroLifer

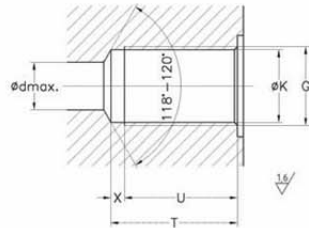
## 2. Flow rate nominal lines



Kurve Curve	Q max (l/min)
8 = RVB 2	2
9 = RVB 3	4
10 = RVB 4 - RVF 4 - RVD 4 - RVP 1/8	8
11 = RVB 6 - RVF 6 - RVD 6 - RVP 1/4	18
12 = RVB 8 - RVF 8 - RVD 8 - RVP 3/8	30
13 = RVB 10 - RVF 10 - RVD 10	60
14 = RVB 16 - RVF 16 - RVD 16	90

Oil viscosity measured at 50 cSt.  
 For attention: In case of sudden loading of the check-valve in flow direction, for example behind tank or hoses, the specified flow quantity must not be exceeded.

### 3. Einschraubbohrung



**X - Gewindeauslauf. Er darf kleiner sein, aber nicht größer.**  
 T - Mindesttiefe ohne Verschlusschraube, Verschraubung, Querbohrung usw.  
 Bei starken Stößen und Vibrationen empfiehlt es sich, die Ventile mit Loctite oder ähnl. zu sichern. Gehäuseventile sind gesichert.

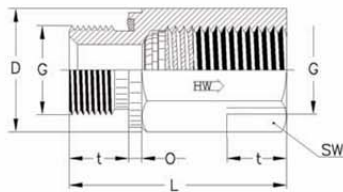
### 3. Screw-in drill

Typ / type	G	K	d	T	U	X
RVA+RVB 2	M 6	5	2	7	4,5	<b>2,5</b>
RVA+RVB 3	M 8x1	7	3,5	7	4,5	<b>2,5</b>
RVA+RVB 4	G 1/8	8,7	5	8,5	6	<b>2,5</b>
	M 10x1	9				
RVA+RVB 6	G 1/4	11,7	8	10,5	7,5	<b>3</b>
	M 14x1,5	12,5				
RVA+RVB 8	G 3/8	15,2	10	12	9	<b>3</b>
	M 18x1,5	16,5				
RVA+RVB 10	G 1/2	19	12	13,5	10	<b>3,5</b>
	M 22x1,5	20,5				
RVA+RVB 16	G 3/4	24,5	16	17,5	13	<b>4,5</b>
	M 27x2	25				

**X - thread run-out. It can be smaller, but not bigger.**  
 T - Minimum depth without plug, thread joint, transverse drill and so on.  
 In case of stronger impacts and vibration it is recommended to secure the valves with loctite or similar. Cage valves are secured.

### 4. Gehäuseventil

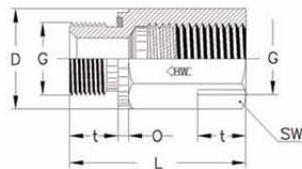
#### 4.1 Typ: RVE...



Einschraubstutzen mit Elastic-Dichtung.  
 Screw-in socket with elastic-sealing.

Typ / type	G	L	D	t	O	sw
RVE 6	G 1/4	40	18,9	12	2,5	19
RVE 8	G 3/8	42	21,9	12	2,5	22
RVE 10	G 1/2	51	26,9	14	3	27

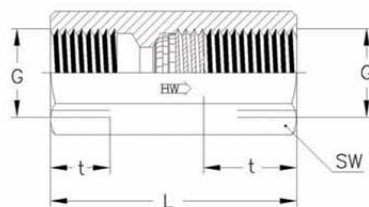
#### 4.2 Typ: RVF...



Einschraubstutzen mit Elastic-Dichtung.  
 Screw-in socket with elastic-sealing.

Typ / type	G	L	D	t	O	sw
RVF 6	G 1/4	40	18,9	12	2,5	19
RVF 8	G 3/8	42	21,9	12	2,5	22
RVF 10	G 1/2	51	26,9	14	3	27

#### 4.3 Typ: RVG...



Andere Gewinde, z.B. metr., auf Anfrage.  
 Durchflusskennlinie und zul. Betriebsdruck siehe Seite 2.

Beidseitig Innengewinde.  
 On both sides internal thread.

Typ / type	G	L	t	sw
RVG 6	G 1/4	45	12	19
RVG 8	G 3/8	48	12	22
RVG 10	G 1/2	58	14	27

Other threads, like metr., on request.  
 Flow rate nominal lines and permissible operating pressure on page 2.



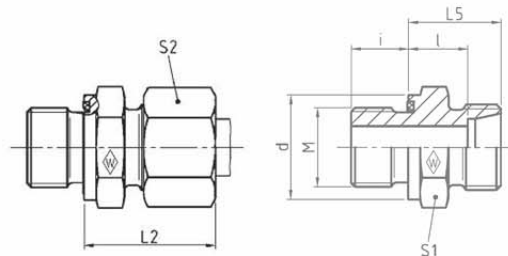
Příloha 12 – Technická dokumentace – Šroubení P-GEV 8 LM-WD

Male stud coupling  
Gerade-Einschraubverschraubung  
Union simple mâle



**P-GEV ..... M-WD**

with captive seal: NBR\* (e. g. Perbunan)  
Stud thread: BSP thread (parallel)  
mit Weichdichtung NBR\* (z. B. Perbunan)  
Einschraubgewinde: Whitworth-Rohrgewinde (zylindrisch)  
avec joint mou: NBR\* (p. ex. Perbunan)  
Filetage mâle: Whitworth (cylindrique)



Series	bar	Tube OD	Type	Reference	kg per 100 pcs.								
Reihe	PN	Rohr-AD	Typ	Best.-Nr.	kg per 100 St.								
Série	(psi)	Tube Ø ext.	Désignation	Réf.	kg par 100 p.								
						L <sub>5</sub>	L <sub>2</sub>	l	i	d	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	
L	500 (7252)	6	M 10 x 1	<b>P-GEV 6 LM-WD</b>	<b>WAL373136</b>	2,5	15,5	23	8,5	8	13,9	14	14
		8	M 12 x 1,5	<b>P-GEV 8 LM-WD</b>	<b>WAL373137</b>	4,0	17	25	10	12	16,9	17	17
		10	M 14 x 1,5	<b>P-GEV 10 LM-WD</b>	<b>WAL373138</b>	4,7	18	26	11	12	18,9	19	19
		10	M 18 x 1,5	<b>P-GEV 10 L/M 18 x 1,5-WD</b>	<b>WAL605930</b>	7,6	19,5	27	12,5	12	23,9	24	19
	400 (5801)	10	M 22 x 1,5	<b>P-GEV 10 L/M 22 x 1,5-WD</b>	<b>WAL605931</b>	8,3	20	27,5	13	14	26,9	27	19
		12	M 16 x 1,5	<b>P-GEV 12 LM-WD</b>	<b>WAL373139</b>	6,3	19,5	27	12,5	12	21,9	22	22
		12	M 18 x 1,5	<b>P-GEV 12 L/M 18 x 1,5-WD</b>	<b>WAL602562</b>	7,8	17	27	12,5	12	23,9	24	22
		12	M 22 x 1,5	<b>P-GEV 12 L/M 22 x 1,5-WD</b>	<b>WAL602563</b>	9,5	20	27,5	13	14	26,9	27	22
		15	M 18 x 1,5	<b>P-GEV 15 LM-WD</b>	<b>WAL373140</b>	9,5	20,5	29	13,5	12	23,9	24	27
		15	M 22 x 1,5	<b>P-GEV 15 L/M 22 x 1,5-WD</b>	<b>WAL602564</b>	11,5	21	29	14	14	26,9	27	27
		18	M 22 x 1,5	<b>P-GEV 18 LM-WD</b>	<b>WAL373141</b>	12,2	22	30	14	14	26,9	27	32
		18	M 18 x 1,5	<b>P-GEV 18 L/M 18 x 1,5-WD</b>	<b>WAL605934</b>	12,9	21,5	31	14,5	12	23,9	27	32
		22	M 26 x 1,5	<b>P-GEV 22 LM-WD</b>	<b>WAL373142</b>	17,6	24	33	16,5	16	31,9	32	36
		28	M 33 x 2	<b>P-GEV 28 LM-WD</b>	<b>WAL373143</b>	24,7	25	34	17,5	18	39,9	41	41
800 (11603)	250 (3626)	35	M 42 x 2	<b>P-GEV 35 LM-WD</b>	<b>WAL373144</b>	40,7	28	39	17,5	20	49,9	50	50
	42	M 48 x 2	<b>P-GEV 42 LM-WD</b>	<b>WAL373145</b>	45,6	30	42	19	22	54,9	55	60	
	6	M 12 x 1,5	<b>P-GEV 6 SM-WD</b>	<b>WAL373146</b>	4,5	20	28	13	12	16,9	17	17	
	8	M 14 x 1,5	<b>P-GEV 8 SM-WD</b>	<b>WAL373147</b>	5,5	22	30	15	12	18,9	19	19	
	10	M 16 x 1,5	<b>P-GEV 10 SM-WD</b>	<b>WAL373148</b>	8,2	22,5	31	15	12	21,9	22	22	
	630 (9137)	12	M 18 x 1,5	<b>P-GEV 12 SM-WD</b>	<b>WAL373149</b>	10,5	24,5	33	17	12	23,9	24	24
		14	M 20 x 1,5	<b>P-GEV 14 SM-WD</b>	<b>WAL373150</b>	14,8	27	37	19	14	25,9	27	27
		16	M 22 x 1,5	<b>P-GEV 16 SM-WD</b>	<b>WAL373151</b>	15,4	27	37	18,5	14	26,9	27	30
		20	M 27 x 2	<b>P-GEV 20 SM-WD</b>	<b>WAL373152</b>	25,3	31	42	20,5	16	31,9	32	36
		420 (6091)	25	M 33 x 2	<b>P-GEV 25 SM-WD</b>	<b>WAL373153</b>	46,5	35	47	23	18	39,9	41
30			M 42 x 2	<b>P-GEV 30 SM-WD</b>	<b>WAL373154</b>	64,4	37	50	23,5	20	49,9	50	50
38			M 48 x 2	<b>P-GEV 38 SM-WD</b>	<b>WAL373155</b>	88,9	42	57	26	22	54,9	55	60

L<sub>2</sub> = approximate length with nut tightened  
L<sub>2</sub> = Ungefährmaß bei angezogener Überwurfmutter  
L<sub>2</sub> = longueur approximative, l'écrou étant bloqué

\* FPM (e. g. Viton) on request  
\* FPM (z. B. Viton) auf Anfrage  
\* FPM (p. ex. Viton) sur demande





## Příloha 14 – Technická dokumentace – Šroubení P-GEV 8 L/1/4 NPT

Male stud coupling  
Gerade-Einschraubverschraubung  
Union simple mâle

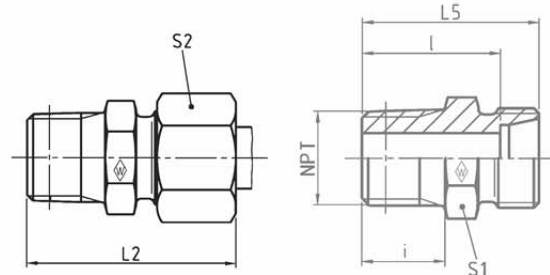


### P-GEV ..... NPT

Stud thread: NPT (ANSI/ASME B1.20.1-1983)

Einschraub-  
gewinde: NPT (ANSI/ASME B1.20.1-1983)

Filetage mâle: NPT (ANSI/ASME B1.20.1-1983)



Series	bar	Tube OD	Type	Reference	kg per 100 pcs.	L <sub>2</sub>	L <sub>5</sub>	l	i	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	
Reihe	PN	Rohr-AD	Typ	Best.-Nr.	kg per 100 St.							
Série	(psi)	Tube Ø ext.	Désignation	Réf.	kg par 100 p.							
LL	100 (1450)	4	1/8 NPT	S-GEV 4 LL/1/8 NPT	WAL038241	1,5	28	22	18	10	11	10
		6	1/8 NPT	S-GEV 6 LL/1/8 NPT	WAL038243	1,5	28	22	16,5	10	11	12
		8	1/8 NPT	S-GEV 8 LL/1/8 NPT	WAL038244	2,0	30	24	18,5	10	12	14
L	315 (4569)	6	1/8 NPT	P-GEV 6 L/1/8 NPT	WAL373026	2,6	32	24	17	10	12	14
		6	1/4 NPT	P-GEV 6 L/1/4 NPT	WAL373027	3,9	38	30	23	15	17	14
		8	1/4 NPT	P-GEV 8 L/1/4 NPT	WAL373028	4,0	38	30	23	15	17	17
		10	1/4 NPT	P-GEV 10 L/1/4 NPT	WAL373029	4,8	39	31	24	15	17	19
		10	3/8 NPT	P-GEV 10 L/3/8 NPT	WAL373030	6,0	40	32	25	15	19	19
		12	1/4 NPT	P-GEV 12 L/1/4 NPT	WAL373031	6,0	40	32	25	15	19	22
		12	3/8 NPT	P-GEV 12 L/3/8 NPT	WAL373032	6,5	40	32	25	15	19	22
		12	1/2 NPT	P-GEV 12 L/1/2 NPT	WAL373033	8,5	45	37	30	20	24	22
		15	1/2 NPT	P-GEV 15 L/1/2 NPT	WAL373034	11,0	46	38	31	20	24	27
		18	1/2 NPT	P-GEV 18 L/1/2 NPT	WAL373035	13,5	48	39	31,5	20	27	32
	160 (2321)	22	3/4 NPT	P-GEV 22 L/3/4 NPT	WAL373036	19,0	50	41	33,5	20	32	36
		28	1 NPT	P-GEV 28 L/1 NPT	WAL373037	27,5	56	47	39,5	25	41	41
		35	1 1/4 NPT	P-GEV 35 L/1 1/4 NPT	WAL373038	40,5	62	51	40,5	26	46	50
S	630 (9137)	42	1 1/2 NPT	P-GEV 42 L/1 1/2 NPT	WAL373039	57,0	65	53	42	26	55	60
		6	1/4 NPT	P-GEV 6 S/1/4 NPT	WAL373040	5,0	43	35	28	15	17	17
		8	1/4 NPT	P-GEV 8 S/1/4 NPT	WAL373041	5,5	43	35	28	15	17	19
		10	1/4 NPT	P-GEV 10 S/1/4 NPT	WAL373042	8,5	44	35	27,5	15	19	22
		10	3/8 NPT	P-GEV 10 S/3/8 NPT	WAL373043	8,0	44	35	27,5	15	19	22
		12	1/4 NPT	P-GEV 12 S/1/4 NPT	WAL373044	9,5	46	37	29,5	15	22	24
		12	3/8 NPT	P-GEV 12 S/3/8 NPT	WAL373045	10,0	46	37	29,5	15	22	24
		12	1/2 NPT	P-GEV 12 S/1/2 NPT	WAL373046	12,5	51	42	34,5	20	22	24
		14	1/2 NPT	P-GEV 14 S/1/2 NPT	WAL373047	15,5	54	44	36	20	24	27
		16	1/2 NPT	P-GEV 16 S/1/2 NPT	WAL373048	16,0	54	44	35,5	20	27	30
	400 (5801)	20	3/4 NPT	P-GEV 20 S/3/4 NPT	WAL373049	25,0	59	48	37,5	20	32	36
		25	1 NPT	P-GEV 25 S/1 NPT	WAL373050	47,5	69	57	45	25	41	46
		30	1 1/4 NPT	P-GEV 30 S/1 1/4 NPT	WAL373051	62,0	73	60	46,5	26	46	50
	315 (4569)	38	1 1/2 NPT	P-GEV 38 S/1 1/2 NPT	WAL373052	89,0	80	65	49	26	55	60

L<sub>2</sub> = approximate length with nut tightened  
L<sub>2</sub> = Ungefährmaß bei angezogener Überwurfmutter  
L<sub>2</sub> = longueur approximative, l'écrou étant bloqué

Taper port form NPT (ANSI/ASME B1.20.1-1983)  
Kegelige Einschraublöcher NPT (ANSI/ASME B1.20.1-1983)  
Trous taraudés coniques NPT (ANSI/ASME B1.20.1-1983)



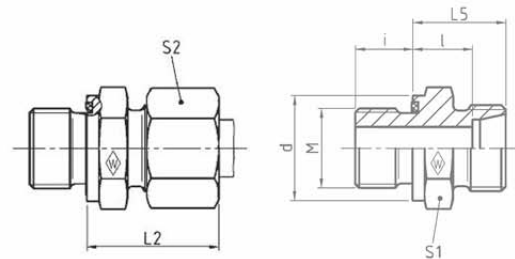
## Příloha 16 – Technická dokumentace – Šroubení P-GEV 8 SM-WD

Male stud coupling  
Gerade-Einschraubverschraubung  
Union simple mâle



### P-GEV ..... M-WD

with captive seal: NBR\* (e. g. Perbunan)  
Stud thread: BSP thread (parallel)  
mit Weichdichtung NBR\* (z. B. Perbunan)  
Einschraubgewinde: Whitworth-Rohrgewinde (zylindrisch)  
avec joint mou: NBR\* (p. ex. Perbunan)  
Filetage mâle: Whitworth (cylindrique)



Series	bar	Tube OD	Type	Reference	kg per 100 pcs.	L <sub>5</sub>	L <sub>2</sub>	l	i	d	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>		
Reihe	PN	Rohr-AD	Typ	Best.-Nr.	kg per 100 St.									
Série	(psi)	Tube Ø ext.	Désignation	Réf.	kg par 100 p.									
M														
L	500 (7252)	6	M 10 x 1	P-GEV 6 LM-WD	WAL373136	2,5	15,5	23	8,5	8	13,9	14	14	
		8	M 12 x 1,5	P-GEV 8 LM-WD	WAL373137	4,0	17	25	10	12	16,9	17	17	
		10	M 14 x 1,5	P-GEV 10 LM-WD	WAL373138	4,7	18	26	11	12	18,9	19	19	
		10	M 18 x 1,5	P-GEV 10 L/M 18 x 1,5-WD	WAL605930	7,6	19,5	27	12,5	12	23,9	24	19	
		10	M 22 x 1,5	P-GEV 10 L/M 22 x 1,5-WD	WAL605931	8,3	20	27,5	13	14	26,9	27	19	
		12	M 16 x 1,5	P-GEV 12 LM-WD	WAL373139	6,3	19,5	27	12,5	12	21,9	22	22	
	400 (5801)	12	M 18 x 1,5	P-GEV 12 L/M 18 x 1,5-WD	WAL602562	7,8	17	27	12,5	12	23,9	24	22	
		12	M 22 x 1,5	P-GEV 12 L/M 22 x 1,5-WD	WAL602563	9,5	20	27,5	13	14	26,9	27	22	
		15	M 18 x 1,5	P-GEV 15 LM-WD	WAL373140	9,5	20,5	29	13,5	12	23,9	24	27	
		15	M 22 x 1,5	P-GEV 15 L/M 22 x 1,5-WD	WAL602564	11,5	21	29	14	14	26,9	27	27	
		18	M 22 x 1,5	P-GEV 18 LM-WD	WAL373141	12,2	22	30	14	14	26,9	27	32	
		18	M 18 x 1,5	P-GEV 18 L/M 18 x 1,5-WD	WAL605934	12,9	21,5	31	14,5	12	23,9	27	32	
	250 (3626)	22	M 26 x 1,5	P-GEV 22 LM-WD	WAL373142	17,6	24	33	16,5	16	31,9	32	36	
		28	M 33 x 2	P-GEV 28 LM-WD	WAL373143	24,7	25	34	17,5	18	39,9	41	41	
		35	M 42 x 2	P-GEV 35 LM-WD	WAL373144	40,7	28	39	17,5	20	49,9	50	50	
		42	M 48 x 2	P-GEV 42 LM-WD	WAL373145	45,6	30	42	19	22	54,9	55	60	
	S	800 (11603)	6	M 12 x 1,5	P-GEV 6 SM-WD	WAL373146	4,5	20	28	13	12	16,9	17	17
			8	M 14 x 1,5	P-GEV 8 SM-WD	WAL373147	5,5	22	30	15	12	18,9	19	19
10			M 16 x 1,5	P-GEV 10 SM-WD	WAL373148	8,2	22,5	31	15	12	21,9	22	22	
12			M 18 x 1,5	P-GEV 12 SM-WD	WAL373149	10,5	24,5	33	17	12	23,9	24	24	
630 (9137)		14	M 20 x 1,5	P-GEV 14 SM-WD	WAL373150	14,8	27	37	19	14	25,9	27	27	
		16	M 22 x 1,5	P-GEV 16 SM-WD	WAL373151	15,4	27	37	18,5	14	26,9	27	30	
		20	M 27 x 2	P-GEV 20 SM-WD	WAL373152	25,3	31	42	20,5	16	31,9	32	36	
420 (6091)		25	M 33 x 2	P-GEV 25 SM-WD	WAL373153	46,5	35	47	23	18	39,9	41	46	
		30	M 42 x 2	P-GEV 30 SM-WD	WAL373154	64,4	37	50	23,5	20	49,9	50	50	
		38	M 48 x 2	P-GEV 38 SM-WD	WAL373155	88,9	42	57	26	22	54,9	55	60	

L<sub>2</sub> = approximate length with nut tightened  
L<sub>2</sub> = Ungefährmaß bei angezogener Überwurfmutter  
L<sub>2</sub> = longueur approximative, l'écrou étant bloqué

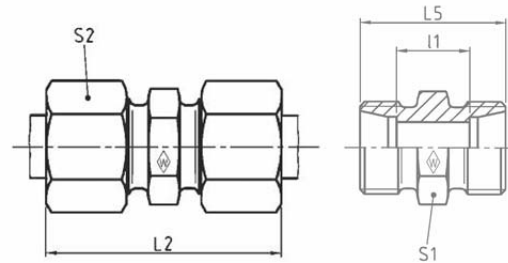
\* FPM (e. g. Viton) on request  
\* FPM (z. B. Viton) auf Anfrage  
\* FPM (p. ex. Viton) sur demande

## Příloha 17 – Technická dokumentace – Šroubení P-GV 8 L

Straight coupling  
 Gerade-Verschraubung  
 Union double



### P-GV .....



Series	bar	Tube OD	Type	Reference	kg per 100 pcs.	L <sub>2</sub>	L <sub>5</sub>	I <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>
Reihe	PN	Rohr-AD	Typ	Best.-Nr.	kg per 100 St.					
Série	(psi)	Tube Ø ext.	Désignation	Réf.	kg par 100 p.					
LL	100 (1450)	4	S-GV 4 LL	WAL038557	1,4	31	20	12	9	10
		6	S-GV 6 LL	WAL038559	2,1	32	20	9	11	12
		8	S-GV 8 LL	WAL038560	2,6	35	23	12	12	14
L	500 (7252)	6	P-GV 6 L	WAL373362	3,5	39	24	10	12	14
		8	P-GV 8 L	WAL373363	4,9	40	25	11	14	17
		10	P-GV 10 L	WAL373364	6,9	42	27	13	17	19
	400 (5801)	12	P-GV 12 L	WAL373365	8,5	43	28	14	19	22
		15	P-GV 15 L	WAL373366	13,8	46	30	16	24	27
		18	P-GV 18 L	WAL373367	19,5	48	31	16	27	32
S	250 (3626)	22	P-GV 22 L	WAL373368	26,2	52	35	20	32	36
		28	P-GV 28 L	WAL373369	31,5	54	36	21	41	41
		35	P-GV 35 L	WAL373370	49,4	63	41	20	46	50
		42	P-GV 42 L	WAL373371	72,8	66	43	21	55	60
		800 (11603)	6	P-GV 6 S	WAL373372	5,9	45	30	16	14
8	P-GV 8 S		WAL373373	7,8	47	32	18	17	19	
10	P-GV 10 S		WAL373374	11,0	49	32	17	19	22	
12	P-GV 12 S		WAL373375	13,6	51	34	19	22	24	
14	P-GV 14 S		WAL373376	18,2	57	38	22	24	27	
16	P-GV 16 S		WAL373377	22,3	57	38	21	27	30	
20	P-GV 20 S		WAL373378	34,7	66	44	23	32	36	
25	P-GV 25 S		WAL373379	66,9	74	50	26	41	46	
420 (6091)	30	P-GV 30 S	WAL373380	80,9	80	54	27	46	50	
	38	P-GV 38 S	WAL373381	119,4	90	61	29	55	60	

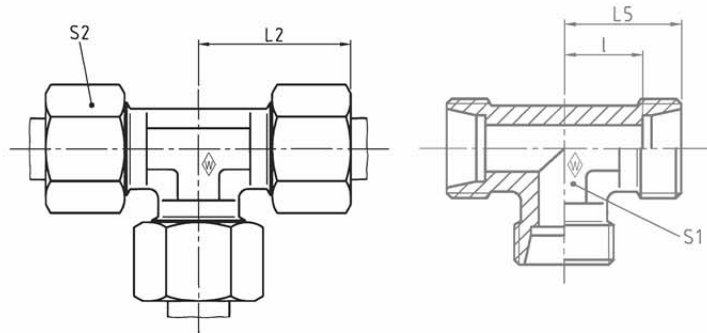
L<sub>2</sub> = approximate length with nut tightened  
 L<sub>2</sub> = Ungefährmaß bei angezogener Überwurfmutter  
 L<sub>2</sub> = longueur approximative, l'écrou étant bloqué

## Příloha 18 – Technická dokumentace – Šroubení P-TV 8L

Equal Tee  
 T-Verschraubung  
 Union té



P-TV .....



Series	bar	Tube OD	Type	Reference	kg per 100 pcs.	L <sub>2</sub>	L <sub>5</sub>	I <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>
Reihe	PN	Rohr-AD	Typ	Best.-Nr.	kg per 100 St.					
Série	(psi)	Tube Ø ext.	Désignation	Réf.	kg par 100 p.					
LL	100 (1450)	4	S-TV 4 LL	WAL038600		21	15	11	9	10
		6	S-TV 6 LL	WAL038602		21	15	9,5	9	12
		8	S-TV 8 LL	WAL038603		23	17	11,5	12	14
L	500 (7252)	6	P-TV 6 L	WAL373408		27	19	12	12	14
		8	P-TV 8 L	WAL373409		29	21	14	12	17
		10	P-TV 10 L	WAL373410		30	22	15	14	19
	400 (5801)	12	P-TV 12 L	WAL373411		32	24	17	17	22
		15	P-TV 15 L	WAL373412	23,2	36	28	21	19	27
		18	P-TV 18 L	WAL373413	35,4	40	31	23,5	24	32
S	250 (3626)	22	P-TV 22 L	WAL373414	44,3	44	35	27,5	27	36
		28	P-TV 28 L	WAL373415	61,1	47	38	30,5	36	41
		35	P-TV 35 L	WAL373416	90,1	56	45	34,5	41	50
	42	P-TV 42 L	WAL373417	136,8	63	51	40	50	60	
	800 (11603)	6	P-TV 6 S	WAL373418		31	23	16	12	17
		8	P-TV 8 S	WAL373419		32	24	17	14	19
		10	P-TV 10 S	WAL373420		34	25	17,5	17	22
	630 (9137)	12	P-TV 12 S	WAL373421		38	29	21,5	17	24
		14	P-TV 14 S	WAL373422	28,5	40	30	22	19	27
		16	P-TV 16 S	WAL373423	35,7	43	33	24,5	24	30
20		P-TV 20 S	WAL373424	55,8	48	37	26,5	27	36	
420 (6091)	25	P-TV 25 S	WAL373425	106,7	54	42	30	36	46	
	30	P-TV 30 S	WAL373426	134,9	62	49	35,5	41	50	
400 (5801)	38	P-TV 38 S	WAL373427	202,2	72	57	41	50	60	

L<sub>2</sub> = approximate length with nut tightened  
 L<sub>2</sub> = Ungefährmaß bei angezogener Überwurfmutter  
 L<sub>2</sub> = longueur approximative, l'écrou étant bloqué

## Příloha 19 – Technická dokumentace – Šroubení P-RSWV 8LR -WD

Banjo coupling with one-piece bolt  
 Winkel-Schwenkverschraubungen  
 Raccord orientable

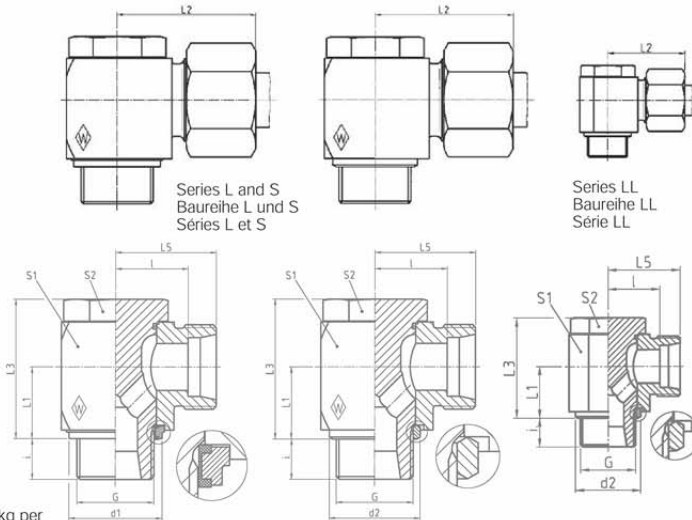


### P-RSWV ..... R

Stud thread: BSP thread (parallel)  
 Einschraubgewinde: Whitworth-Rohrgewinde (zylindrisch)  
 Filetage mâle: Whitworth (cylindrique)

with elastomer seal  
 mit Elastomer-Abdichtung  
 avec étanchéité élastomère

with metallic seal  
 mit metallischer Abdichtung  
 avec étanchéité par arête métal



DIN-ISO 228 (R....DIN 259)

Series	bar	Tube OD
Reihe	PB	Rohr-AD
Série	(psi)	Tube Ø ext.

**K**

				kg per 100 pcs.	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>5</sub>	I	i	d <sub>1</sub> max.	d <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>
LL	100 (1450)	4	G 1/8 A	4,0	10	25,5	21	20	16	8		14,5	14	14
		6	G 1/8 A	4,2	10	26	21	20	14,5	8		14,5	14	14
		8	G 1/8 A	5,2	10	26	21	20	16	8		14,5	14	14
L	500 (7252)	6	G 1/8 A	5,9	10	27,5	21	20	13	8	14,9	13	14	14
		6	G 1/4 A	5,9	13,5	29,5	27	22	15	10	18,9	17,8	19	19
		8	G 1/4 A	9,3	13,5	28,5	27	21	14	10	18,9	17,8	19	19
	400 (5801)	10	G 1/4 A	10,2	13,5	29,5	27	22	15	10	18,9	17,8	19	19
		12	G 1/4 A	15,8	15,5	29,5	30	22	15	10	18,9	17,8	22	19
		12	G 3/8 A	15,9	16	32	32,5	24,5	17,5	10	21,9	22	24	22
		15	G 1/2 A	28,4	19,5	36	43	28	21	14	26,9	26	30	27
250 (3626)	18	G 1/2 A	32,0	21,5	36,5	43	28	20,5	12	26,9	26	30	27	
	22	G 3/4 A	48,5	24	43	48	34,5	27	16	32,9	32	36	32	
	28	G 1 A	88,2	30,5	48	59	39	31,5	18	39,9	39	46	41	
	35	G 1 1/4 A	150,8	35,5	57	70	46	35,5	20	49,9	49	55	50	
S	500 (7252)	42	G 1 1/2 A	234,1	40,5	62,5	80	51	40	22	55,9	55	65	55
		6	G 1/4 A	8,7	13,5	30,5	27	23	16	10	18,9	17,8	19	19
		8	G 1/4 A	10,3	13,5	30,5	27	23	16	10	18,9	17,8	19	19
	400 (5801)	10	G 3/8 A	17,0	16	34	32,5	25,5	18	10	21,9	22	24	22
		12	G 3/8 A	17,9	16	34	32,5	25,5	18	10	21,9	22	24	22
	315 (4569)	14	G 1/2 A	30,3	19,5	39,5	41	30	22	12	26,9	26	30	27
		16	G 1/2 A	31,6	21,5	39,5	43	30	21,5	12	26,9	26	30	27
20		G 3/4 A	51,8	24	47,5	48	36,5	26	16	32,9	32	36	32	
250 (3626)	25	G 1 A	103,0	30,5	55	59	43	31	18	39,9	39	46	41	
	30	G 1 1/4 A	163,7	35,5	63	70	50	36,5	20	49,9	49	55	50	
		38	G 1 1/2 A	262,7	40,5	71,5	80	57	41	22	55,9	55	65	55

L<sub>2</sub> = approximate length with nut tightened  
 L<sub>2</sub> = Ungefährmaß bei angezogener Überwurfmutter  
 L<sub>2</sub> = longueur approximative, l'écrou étant bloqué

**K2** EATON **Walterscheid** Fluid Conveyance Products E-MEFL-MC001-M2 11/2009

