



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

# KONSTRUKČNÍ NÁVRH HYDRAULICKÉHO POSILOVAČE ŘAZENÍ NÁKLADNÍHO AUTOMOBILU TATRA

DESIGN OF HYDRAULIC POWER SHIFT OF THE TATRA TRUCK

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jakub Pončík

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Aleš Prokop

BRNO 2017

## Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství  
Student: **Bc. Jakub Pončík**  
Studijní program: Strojní inženýrství  
Studijní obor: Automobilní a dopravní inženýrství  
Vedoucí práce: **Ing. Aleš Prokop**  
Akademický rok: 2016/17

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

### **Konstrukční návrh hydraulického posilovače řízení nákladního automobilu TATRA**

#### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Práce bude zaměřena na konstrukční návrh posilovače řízení nákladního automobilu TATRA s respektováním zadaných parametrů.

#### **Cíle diplomové práce:**

Současný přehled používaných typů posilovačů řízení u nákladních automobilů a srovnání jednotlivých variant dle zdroje pracovní síly posilovače.

Konstrukční návrh hydraulického posilovače řízení pro převodovku TATRA 14TS210L.

Základní výpočty návrhu.

Výkresová dokumentace v rozsahu: sestavní výkres. posilovače, výrobní výkresy těla posilovače a pístnic.

#### **Seznam literatury:**

SHIGLEY, Joseph Edward, MISCHKE, Charles R. a BUDYNAS, Richard G. (ed.). Konstruování strojních součástí. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIUM, 2010. 1159 s. ISBN 978-80-214-2629-0.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.  
ředitel ústavu

---

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

## ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce je konstrukční návrh hydraulického posilovače řazení pro převodovku Tatra 14TS210L. Práce obsahuje popis jednotlivých posilovačů využívaných u Tater a také u ostatních výrobců nákladních vozidel. Následuje konstrukční návrh posilovače řazení včetně MKP výpočtů řadicích palců a pístnic. Součástí práce jsou také výrobní výkresy těla posilovače a pístnice.

## KLÍČOVÁ SLOVA

posilovač řazení, Tatra, převodovka 14TS210L, nákladní automobil, konstrukční návrh

## ABSTRACT

The aim of this master's thesis is design of hydraulic power shift for transmission Tatra 14TS210L. The master's thesis contains a description of the individual power shifts used by Tater as well as other truck manufacturers. This is followed by a design concept of the power shift, including FEM calculations of the shift inches and piston rods. Part of the work is also production drawings of the body of the power shift and piston rod.

## KEYWORDS

power shift, Tatra, transmission 14TS210L, lorry, Design concept

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PONČÍK, J. *Konstrukční návrh hydraulického posilovače řazení nákladního automobilu TATRA*. Brno, 2017. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 60 s. Vedoucí diplomové práce Aleš Prokop.

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 30. května 2017

Jakub Pončík

## PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval svému vedoucímu diplomové práce, panu Ing. Aleši Prokopovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky při zpracování této diplomové práce. Dále bych rád poděkoval svým rodičům za podporu při studiu vysoké školy a také společnosti Tatra Trucks a.s., která byla zadavatelem pro návrh hydraulického posilovače. Jmenovitě pak panu Ing. Richardu Klosovi, který mě v tomto projektu vedl a poskytl mi veškeré odborné konzultace, včetně technických podkladů.

# 1 OBSAH

Úvod .....	10
2 Tatra.....	11
3 Popis řadicího mechanismu nákladních vozidel tatra.....	12
3.1 Tatra TERRNO .....	12
3.2 Tatra FORCE .....	14
3.3 Tatra PHOENIX .....	16
3.4 Tatra TACTIC.....	17
4 Převodovka 14TS .....	18
5 Přehled používaných posilovačů řazení u nákladních vozidel .....	20
5.1.1 Pneumatické posilovače .....	21
5.1.2 Hydraulické posilovače .....	21
5.1.3 Posilovače s pomocí elektromotorů.....	22
5.2 Posilovače řazení využívané firmou Tatra na převodovkách 14TS .....	22
5.2.1 Pneumatické posilovače .....	22
5.2.2 Mechanicko-pneumatické posilovače.....	25
5.3 Posilovače využívané firmou ZF .....	26
5.3.1 Ecolite.....	27
5.3.2 Ecomid.....	27
5.3.3 Ecosplit .....	28
5.4 Posilovače využívané firmou Scania .....	29
5.5 Posilovače využívané firmou Agrottron .....	30
5.6 Hydraulické a elektromagnetické posilovače .....	30
6 Požadavky na návrh posilovače.....	31
7 Základní výpočty posilovače řazení .....	32
7.1 Analytický výpočet pístnice.....	32
7.1.1 Výpočet průměru pístnice.....	32
7.1.2 Výpočet pístnice na vzpěr.....	32
7.2 Výpočet pístnice pomocí Ansys - Workbench .....	33
7.3 Výpočet průměru pístu.....	38
7.4 Výpočet minimální tloušťky stěny.....	38
7.5 Výpočet maximálního průtoku .....	38
7.6 Návrh přípojek a potrubí.....	39
7.6.1 Rychlost kapaliny v potrubí.....	39
7.6.2 Výpočet Reynoldsova čísla .....	39
7.7 Návrh řadicích palců.....	39



7.7.1	Řadící palec pro rychlost C – R.....	40
7.7.2	Řadící palec pro rychlost 1 - 2.....	41
7.7.3	Řadící palec pro rychlost 3 - 4.....	43
8	Návrh ostatních prvků posilovače .....	45
8.1	Volba těsnění pístu.....	45
8.2	Volba těsnění pístnice .....	45
8.3	Volba vodících pásů.....	46
8.4	Volba odměřovacího systému.....	46
8.5	Návrh umístění čidla zpátečky.....	47
8.6	Řešení ustavení neutrálu .....	47
8.7	Vyřešení umístění tří palců .....	48
8.8	Řešení návrhu těla posilovače.....	49
8.9	Návrh vhodného oleje .....	50
8.10	Řešení připojení posilovače k převodovce.....	50
8.11	Zpomalení pohybu pístu v krajních polohách .....	50
8.12	Celkový pohled na posilovač .....	51
8.13	Volba hydraulického potrubí.....	52
8.14	Volba hydraulického akumulátoru .....	52
8.15	Návrh hydraulického okruhu.....	52
9	Cenová kalkulace.....	54
	Závěr .....	55
	Seznam použitých zkratk a symbolů .....	58
	Seznam příloh .....	60

## ÚVOD

Tato práce se zabývá základním přehledem používaných posilovačů u nákladních vozidel Tatra, ale také u ostatních výrobců nákladních vozidel. Koncepčním návrhem hydraulického posilovače řazení, základními výpočty včetně MKP analýz řadicích palců a pístnic, dále návrhem hydraulického okruhu a cenovou kalkulací.

Tento posilovač má vysoké nároky na funkčnost, která jde ruku v ruce s bezpečností vozidla, která musí být zajištěna za všech okolností, neboť díky poruše na posilovači může být ohrožen život nejenom posádky vozidla, ale také okolních vozidel nebo chodců v blízkém okolí. Důležitý faktor se také klade na výrobní náročnost, která má vliv na celkovou cenu posilovače a v konečném měřítku může rozhodnout o tom, zdali se posilovač dostane do výroby či nikoliv.

Posilovač byl navržen ve spolupráci s konstrukčním oddělením firmy Tatra Truck a. s. s příslibem zařazení tohoto posilovače do výrobního programu s následnou montáží na vozidla TERRNO a FORCE.

Výhodou tohoto posilovači oproti posilovačům používaných do dnešních dnů by měla být jeho schopnost rychleji řadit rychlostní stupně, díky absenci volicího pohybu z důvodu zabudování tří řadicích palců a také zvýšit komfort řidiče vozidla.

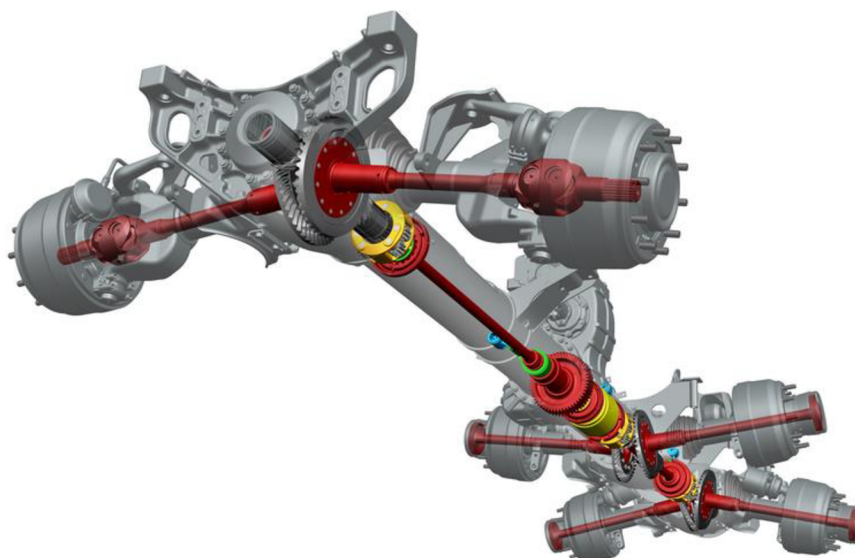
## 2 TATRA

Tatra patří mezi nejstarší automobilky na světě. Založena byla v roce 1850, prvotně se zabývala výrobou kočárů a bryček. První osobní automobil vyjel z továrny v roce 1891 s označením Präsident, ještě pod značkou NW (Nesselsdorfer Wagenbau-Fabriks-Gesellschaft A.G.). Stavba prvního nákladního vozidla byla dokončena roku 1898. Výroba osobních automobilů byla ukončena v roce 1994, nákladní automobily se v Tatře vyrábí dodnes.

V době největší slávy Tatra vyráběla až 15000 nákladních aut ročně, v roce 2016 to bylo pouze 1300, ovšem po skoro ukončení výroby v roce 2012 počet vyrobených aut každoročně roste a pro rok 2017 je naplánováno vyrobit 1700 vozidel. Momentálně Tatra zaměstnává přibližně 1350 zaměstnanců.

Nákladní vozidla se značkou Tatra jsou založena především na „tatrovacké koncepci“ podvozku, kterou se doposud nepodařilo nikomu úspěšně napodobit. Těžká nákladní vozidla z Kopřivnice jsou pověstná díky své průchodnosti nejtěžšími terény v extrémních klimatických podmínkách, vysoké spolehlivosti a vynikajícím užitným vlastnostem. Tatra se přizpůsobí třeskutým mrazům i abnormálně vysokým pouštním teplotám.

Zadní nápravy Tatra jsou ve své základní verzi vždy poháněny a vždy opatřeny uzávěrkami. Pohon předních náprav je standardně připojitelný a využívá se tehdy, pokud je ho potřeba. Ve skříni nápravy je uložena dvojice hnaných talířových kol (pro každou polonápravu jedno) a dvojice pastorků, přenášejících točivý moment od diferenciálu. Ten je umístěn mimo nápravu v centrální nosné rouře a je na rozdíl od klasického řešení náprav s kuželovým diferenciálem tzv. korunového, resp. válcového typu. Vnitřní prostor skříně je uzpůsoben pro výkyvný pohyb polonáprav. Nápravy jsou osazeny vzduchovými bubnovými brzdami, vybavenými klínovými rozvírači Perrot, nebo kotoučovými brzdami dle přání zákazníka na kolech předních náprav. Součástí brzdového systému jsou také snímače ABS. [3]



Obr. 1 Podvozek vozidel Tatra [3]

### 3 POPIS ŘADICÍHO MECHANISMU NÁKLADNÍCH VOZIDEL TATRA

Jelikož převodovky Tatra 14TS jsou využívány pouze u typů TERRNO a FORCE, je mechanismus řazení popsán u těchto dvou typů.

#### 3.1 TATRA TERRNO

Tento model se vyrábí již od roku 1983. Původně pod označením Tatra 815, ale s globalizací Tatry přišla také změna názvu na TERRNO.

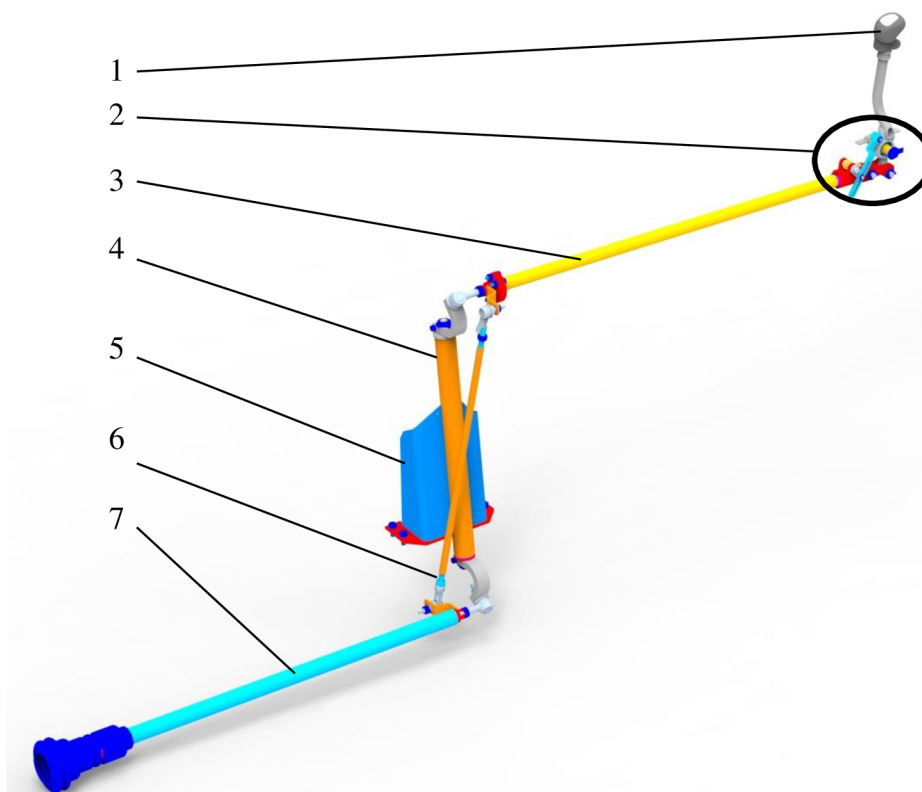
Vozidlo se vyrábí v několika variantách, např. podle počtu náprav nebo druhu nástavby. Vozidla typu TERRNO jsou využívány ve většině průmyslových odvětví od zemědělství přes těžbařství až po speciální vozidla pro hasiče nebo armádu.

*Tab. 1 Typy motorů a převodovek používané u vozidel TERRNO*

Model vozidla	Výrobce motoru	Typ převodky a její specifikace
Tatra TERRNO	Tatra V8	Allison 4500 - automatická, 6. rychlostní
		Tatra 14TS - manuální, 14. rychlostní
		Tatra-Norgen - automatizovaná, 14. rychlostní
	CUMMINS	Allison 4500 - automatická, 6. rychlostní
		Tatra 14TS - manuální, 14. rychlostní
		Tatra-Norgen - automatizovaná, 14. rychlostní



*Obr. 2 Tatra TERRNO - lesní speciál [3]*



*Obr. 3 Mechanismus řazení Tatra TERRNO*

Na obr. č. 3, jde vidět řazení vozidla Tatra TERRNO. Řadící páka (č. 1, obr. 3) je ovládána řidičem. Důležitým prvkem je mechanismus (č. 2, obr. 3) využívaný při zvedání kabiny, např. při opravě motoru. Díky tomuto mechanismu nedochází k rozpojení táhel, tudíž není nutno při sklápění kabiny nijak manuálně tyto táhla do sebe zpětně navádět. Trubka (č. 3, obr. 3), přenáší volicí i řadící pohyb z řadící páky na tyč volby pomocí posuvu (č. 6, obr. 3) a na tyč řazení pomocí rotace. Tyč řazení je uvnitř trubky (č. 4, obr. 3), jenž je přivařena ke konzole (č. 5, obr. 3). Dále je posun i rotace přenášena na trubku (č. 7, obr. 3), která koná jak posuvný (řadící), tak i rotační pohyb (volicí) a je připojena k posilovači řazení.

Výhodou tohoto mechanismu jsou zástavbové rozměry, přesný chod a výrobní cena. Nevýhodou tvoří složitý mechanismus z pohledu kinematických vazeb.

### 3.2 TATRA FORCE

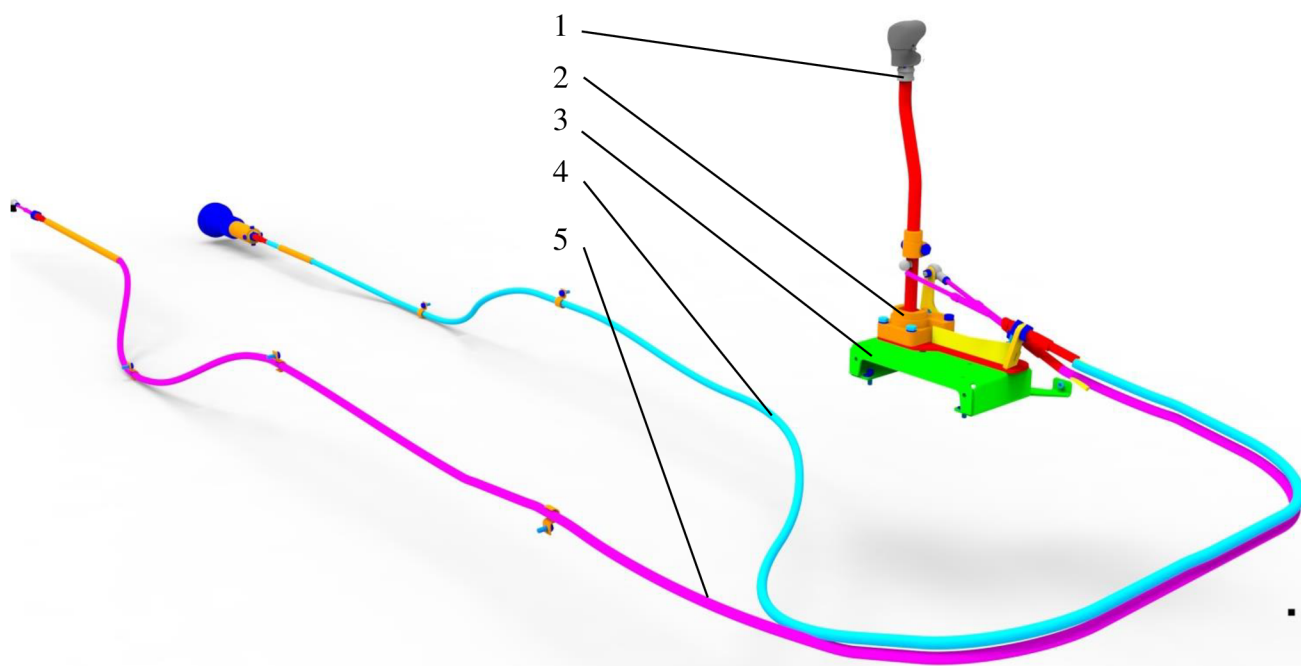
Nákladní auta typu FORCE, dříve známé pod označení 815-7 se vyrábí od roku 2008. Jsou využívány hlavně jako speciály. Nejčastěji se s nimi lze setkat ve zbrojním průmyslu, u hasičů nebo v ropném průmyslu. FORCE mohou být vybaveny různými nástavbami nebo různým počtem náprav.

Tab. 2 Typy motorů a převodovek používané u vozidel FORCE

Model vozidla	Výrobce motoru	Typ převodky a její specifikace
Tatra FORCE	Tatra V8	Allison 4500 - automatická, 6. Rychlostní
		Tatra 14TS - manuální, 14. Rychlostní
		Tatra-Norgen - automatizovaná, 14. rychlostní
	CUMMINS	Allison 4500 - automatická, 6. Rychlostní
		Tatra 14TS - manuální, 14. rychlostní
		Tatra-Norgen - automatizovaná, 14. rychlostní



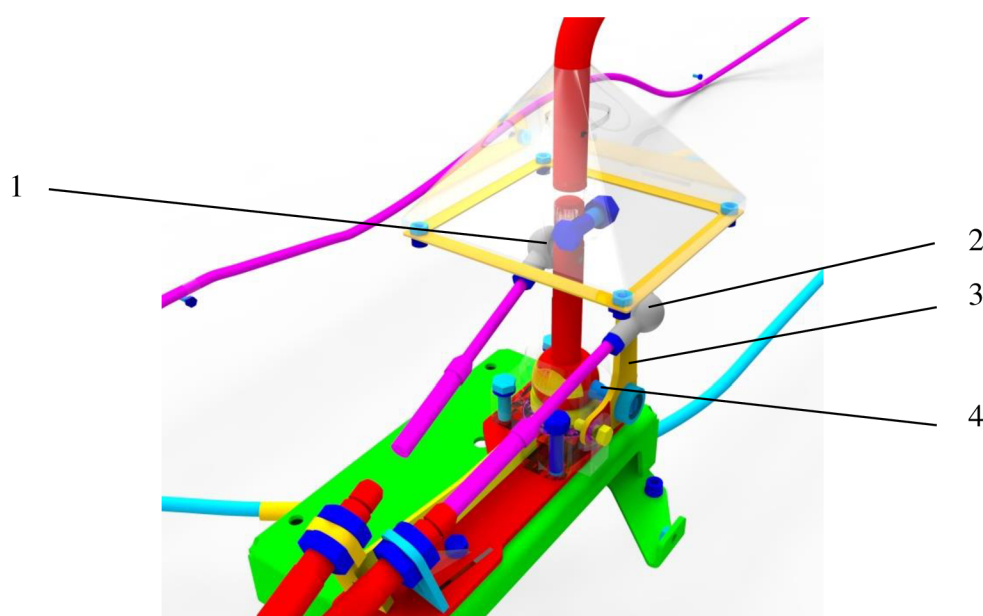
Obr. 4 Tatra FORCE – vyprošťovací speciál [3]



Obr. 5 Mechanismus řazení Tatra FORCE do roku 2016

Řadící páka (č. 1, obr. 5) je uložena do kloubového uložení (č. 2, obr. 5). Řadící bowden (č. 4, obr. 5) je připojen k ramenu volby (č. 3, obr. 6) přes kulový čep (č. 2, obr. 6). Řadící pohyb se na kulový čep přenáší přes čep volby (č. 4, obr. 6) a rameno volby. Volicí bowden (č. 5, obr. 5) je připojen na řadící páku přímo přes kulový čep (č. 1, obr. 6). Celý mechanismus řazení je umístěn na konzole řazení (č. 3, obr. 5).

U Tatra FORCE probíhalo do roku 2016 řazení pomocí bowdenů. Po modernizaci v roce 2016 probíhá pomocí kombinace řadící tyče a bowdenů. Volicí pohyb zůstává stále volen pomocí bowdenů, který přes páku přenáší sílu na táhlo připojené k posilovači. Tyč řazení nemohla vykonávat současně řadící i volící pohyb z důvodu zástavby ve vozidle.



Obr. 6 Detail řadící kulisy Tatra FORCE

### 3.3 TATRA PHOENIX

PHOENIXY (interní označení T158) momentálně plní roli vlajkové lodi automobilky. Vozidlo má typický tatrovácký podvozek s centrální nosnou rourou a nápravami s nezávisle zavěšenými výkyvnými polonápravami. Tento podvozek je doplněn o kabinu dodávanou firmou DAF. Kabinu lze vybrat ze dvou provedení. První pod označení PHOENIX Euro 5, tedy starší verzi nebo novou PHOENIX Euro 6. Model PHOENIX se začal vyrábět v roce 2011 v několika provedení.

V roce 2017 se objevily PHOENIXY Euro 5 na Rallye Dakar ve stáji Buggyra.

*Tab. 3 Typy motorů a převodovek používané u vozidel PHOENIX*

Model vozidla	Výrobce motoru	Typ převodky a její specifikace
Tatra PHOENIX	PACCAR	ZF EcoSplit - manuální, 16. Rychlostní
		ZF AsTronic - automatizovaná, 16. rychlostní
		Allison 4500/4700 - automatická, 6./7. rychlostní



*Obr. 7 Porovnání vozidel Tatra PHOENIX Euro 5 a Euro 6 [3]*



### 3.4 TATRA TACTIC

TACTIC původním označením T810 se nejvíce vyrábí pro vojenský průmysl. Počátek výroby byl v roce 2008. Je to jediný typ vozidla, který se vyrábí v Tatře bez páteřového rámu. TACTIC má portálové nápravy s označením Tatra-Rigid. Vyrábí se se třemi plně pohonnými nápravami.

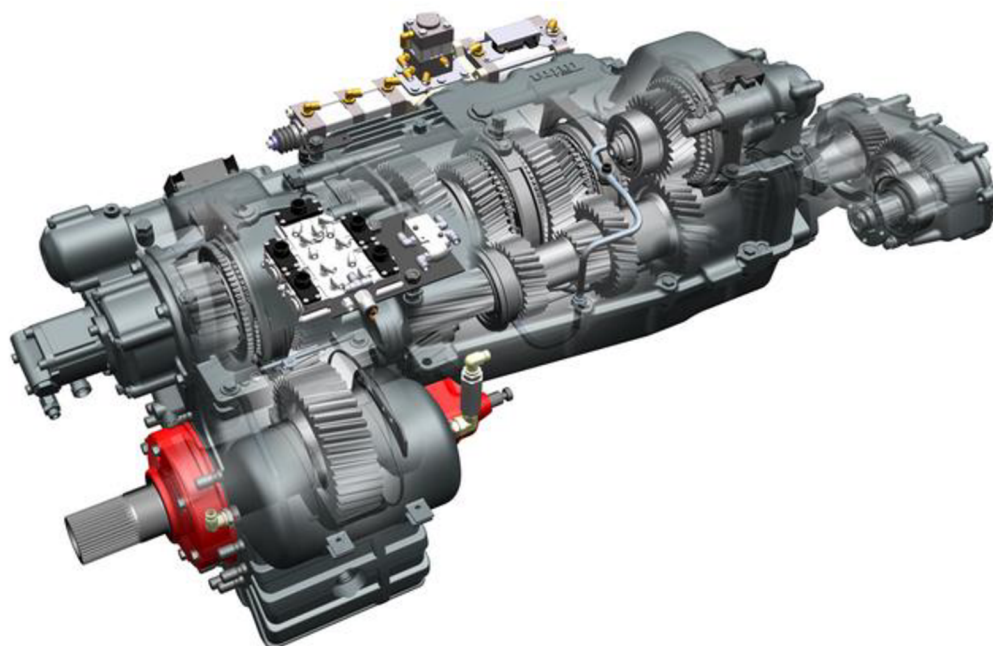
*Tab. 4 Typy motorů a převodovek používané u vozidel TACTIC*

Model vozidla	Výrobce motoru	Typ převodky a její specifikace
Tatra TACTIC	Renault	ZF EcoLite 6S - manuální, 6. rychlostní

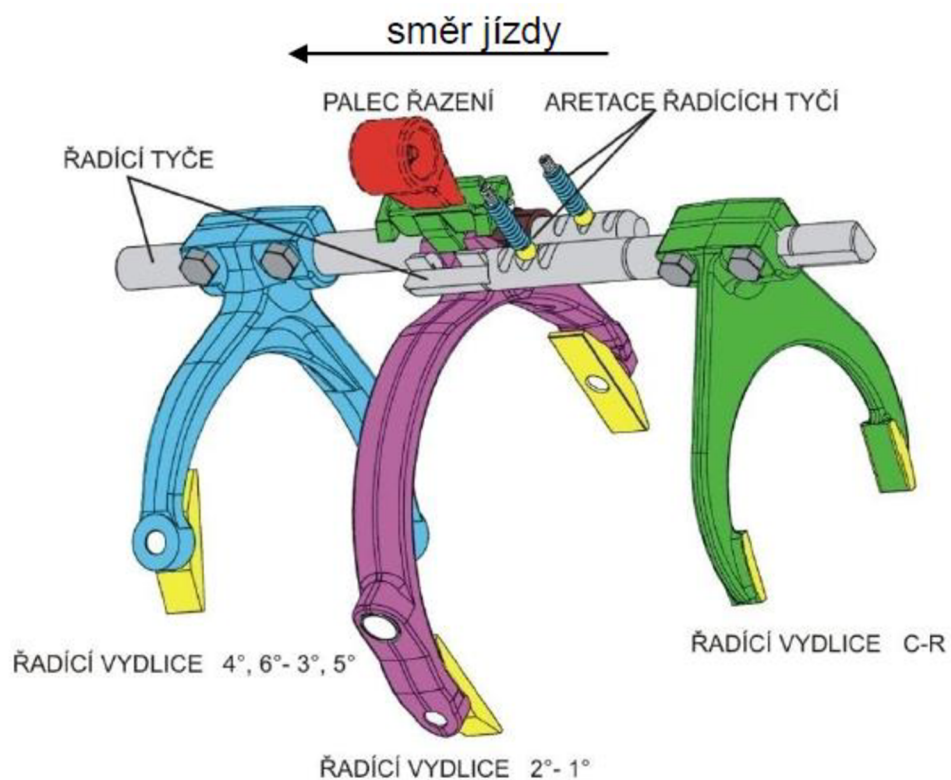


*Obr. 8 Tatra TACTIC [3]*

## 4 PŘEVODOVKA 14TS



Obr. 9 Převodovka Tatra 14TS [5]



Obr. 10 Řadící vidlice včetně řadícího palce [9]

14TS je manuální čtrnáctistupňová převodovka používaná ve vozech TERRNO a FORCE, alternativou k této převodovce je 10TS, což je také manuální, ale pouze desetistupňová převodovka.

Převodovka 14TS je připojena k motoru přes kardanův hřídel. Jedná se o dvouskupinovou převodovku s redukcí.

Převodovka má sama o sobě pouze pět stupňů dopředu a jeden dozadu, ovšem díky vstupní dvoustupňové redukcí, která je ovládána elektropneumatikou přepínačem, kterému dává řidič impuls k zařazení pomocí páčky na řadicí páce, dosahuje již převodovka deseti stupňů dopředu a dvou dozadu. Všechny převodové stupně jsou synchronizované až na zpětný chod a na speciálně pomalou rychlost označenou jako C (Crawler – tedy plazivá rychlost), používaná např. při zapadnutí nebo při rozjezdu s plně naloženým vozidlem. Přídavný převod je dvoustupňový s kuželovou synchronizací, jejíž řazení je prováděno dle pohybu řadicí páky (elektro - pneumatiky). Princip tohoto agregátu spočívá v tom, že dva nejrychlejší převody (po využití vstupní redukce čtyři) jsou řazeny dvakrát. Jednou při zařazení rozsahové redukci v přídavném převodu do pomala a podruhé při rozsahové redukci do rychla. Díky tomu je možné řadit 14 převodových stupňů vpřed a dva pro reverzní chod. Doménou tohoto převodu je přenášený krouticí moment až 2100 Nm.

Díky většímu počtu převodových stupňů je možné snížit spotřebu vozidla a to zejména při vyšších rychlostech, které lze realizovat při nižších otáčkách, kdy motor disponuje větším krouticím momentem při menší měrné spotřebě. Dále také snížení rázového namáhání hnacího traktu při řazení. [7]

## 5 PŘEHLED POUŽÍVANÝCH POSILOVAČŮ ŘAZENÍ U NÁKLADNÍCH VOZIDEL

Posilovač řazení je umístěn přímo na převodovce, ovšem není její součástí. Jeho pohon může být realizován různými systémy, např. pneumaticky, hydraulicky, pomocí elektromotorů, mechanicky nebo kombinací některých z těchto způsobů.

V případě pneumatického nebo hydraulického pohonu jsou uvnitř těla posilovače (nejčastěji odlitku) ukryty písty, díky kterým je možné pohybovat s řadicím elementem.

V případě posilovače s pomocí elektromotorů je řadicí element součástí hřídele, která vychází z tohoto zařízení.

Hlavním úkolem posilovače řazení je zvýšení komfortu obsluhy vozidla, zvýšit bezpečnost provozu, snížení rizika poškození vlivem nesprávného řazení. Např. u vozů značky Tatra je zapotřebí řadicí síly až 4580 N a volicí síly 410 N, což je pro řidiče automobilu s absencí posilovače velmi obtížně dosažitelná hodnota.

Dříve, než byly vynalezeny posilovače, bylo řazení velmi namáhavé a to zejména u nákladních vozidel, kde funkci posilovače nahrazovala dlouhá řadicí páka. Díky momentu přepákování mezi řadicí pákou a řadicím elementem v kulise bylo možné snáze řídit, ovšem i přesto bylo řazení velmi složité.

První posilovač řazení u značky Tatra, byl použit u modelu T138, tento posilovač byl elektropneumatický a byl využit pro řazení na přidavném převodu.

Momentálně využívají nákladní vozidla značky Tatra pneumatické nebo mechanicko - pneumatické posilovače.



Obr. 11 Porovnání délky řadicí páky, vlevo Tatra FORCE, vpravo Tatra 138 [1]

### 5.1.1 PNEUMATICKÉ POSILOVAČE

Hlavní výhody a nevýhody posilovačů pracujících se stlačeným vzduchem jsou shrnuty v tabulce číslo 5.

Tab. 5 Výhody a nevýhody pneumatických posilovačů

Pneumatický posilovač	
Výhody	Nevýhody
- jednoduchost zapojení celého systému	- velký průměr pístu
- v případě úniku vzduchu nehrozí žádné znečištění	- stlačitelnost vzduchu
- provozní médium je zdarma	- je nutný kompresor
- možnost využití odběru stlačeného vzduchu z centrálního rozvodu, při němž není třeba zpětného vedení	- energeticky drahý provoz při nízké celkové účinnosti
- velmi rychlá odezva na vstupní řídicí signál	
- možnost dosažení vysokých pohybových frekvencí pneu motoru, což je dáno vysokou rychlostí proudění stlačeného vzduchu – až desítky $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ a s minimální tlakovou ztrátou	

### 5.1.2 HYDRAULICKÉ POSILOVAČE

V tabulce číslo 6 jsou uvedeny hlavní výhody a nevýhody posilovačů pracujících s hydraulickým médiem.

Tab. 6 Výhody a nevýhody hydraulických posilovačů

Hydraulický posilovač	
Výhody	Nevýhody
- menší průměry pístů	- v případě úniku kapaliny hrozí znečištění
- nestlačitelnost kapaliny	- cena hydraulických olejů
- dobrá účinnost	- zpětná větev odvádějící olej do nádoby
- menší časové prodlevy	- energeticky drahý provoz při nízké celkové účinnosti

### 5.1.3 POSILOVAČE S POMOCÍ ELEKTROMOTORŮ

Následující tabulka shrnuje hlavní výhody a nevýhody posilovačů s pomocí elektromotorů.

Tab. 7 Výhody a nevýhody posilovačů s pomocí elektromotorů

Posilovač s pomocí lineárních elektromotorů	
Výhody	Nevýhody
- jednoduché konstrukční řešení	- vyšší cena
- nehrozí únik žádných kapalin	
- rychlé řazení	
- není zde závislost na chodu motoru	

## 5.2 POSILOVAČE ŘAZENÍ VYUŽÍVANÉ FIRMOU TATRA NA PŘEVODOVKÁCH 14TS

### 5.2.1 PNEUMATICKÉ POSILOVAČE

Tyto posilovače firma Tatra produkuje ve spolupráci s americkou firmou Norgren. Celý systém řazení je zařazen do kategorie automatizovaných systémů řazení. Sílu vyvolávající změnu rychlostního stupně vyvolává pneumatický tlak působící na plochu pístu. Tyto posilovače jsou používány jak pro čtrnáctistupňovou převodovku, tak i pro desetistupňovou. Můžou kombinovat jak manuální tak automatický režim. Součástí tohoto systému je řídicí jednotka, která je umístěna v kabině, displej na přístrojové desce, na kterém jsou podávány informace o aktuálně zařazeném stupni a volič řazení. Další součástí je blok elektropneumatických ventilů umístěných na převodovce.

V manuálním módu řazení, který je na displeji přístrojové desky znázorněn jako M, lze zařadit jakýkoliv převodový stupeň. Systém však neumožňuje zařadit stupeň, díky kterému by mohlo vzniknout přetočení motoru. Pohybem voliče dopředu nebo dozadu lze volit vyšší nebo nižší převodový stupeň. Daný stupeň se opět zobrazí na displeji.

Zařazení navoleného stupně proběhne po vyšlápnutí spojkového pedálu. Po akustickém signálu, který znamená úspěšné zařazení, je možné spojkový pedál uvolnit.

V automatickém módu lze korigovat rychlostní stupeň pomocí voliče a přizpůsobit si ho dle aktuálních potřeb a jízdních podmínek.

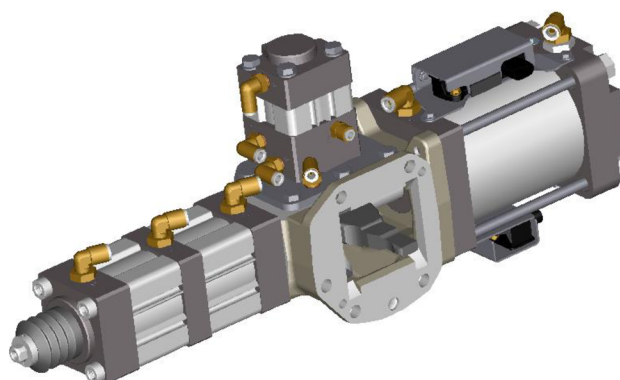
V automatickém režimu je možné si vybrat z několika módů: AE – ekonomiku jízdy, AM – zatížení vozidla, AP – dynamiku jízdy, AS – samo vyproštění uvízlého vozidla, MB – použití motorové brzdy.



Obr. 12 Pohled do kabiny vozidla vybaveného posilovačem Norgren [3]

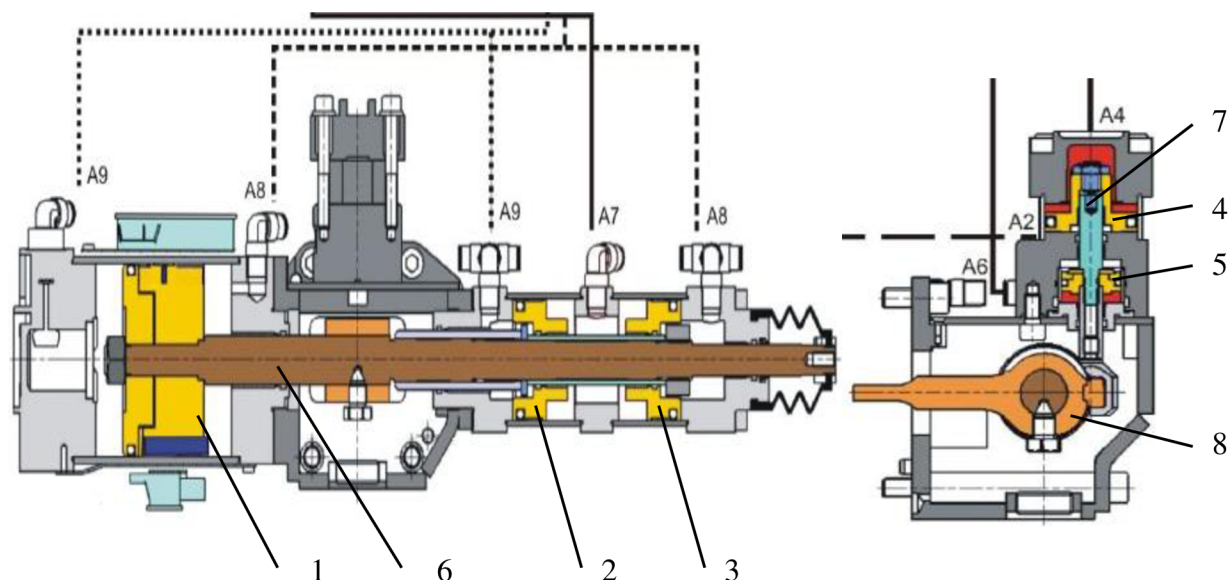
Řadící páka (č. 1, obr. 12), nouzový ovladač (č. 2, obr. 12), displej na přístrojové desce (č. 3, obr. 12)

Jednotlivé předvolby jsou opět viditelné na displeji přístrojové desky. Režimy automatického módu nabízejí řazení převodových stupňů v závislostech na nastavených otáčkách motoru odpovídajících zvolenému druhu provozu. Vlastní zařazení se opět děje po vyšlápnutí spojky. Úspěšné zařazení je znovu signalizováno akustickým tónem, po kterém je možné pedál spojky pustit.

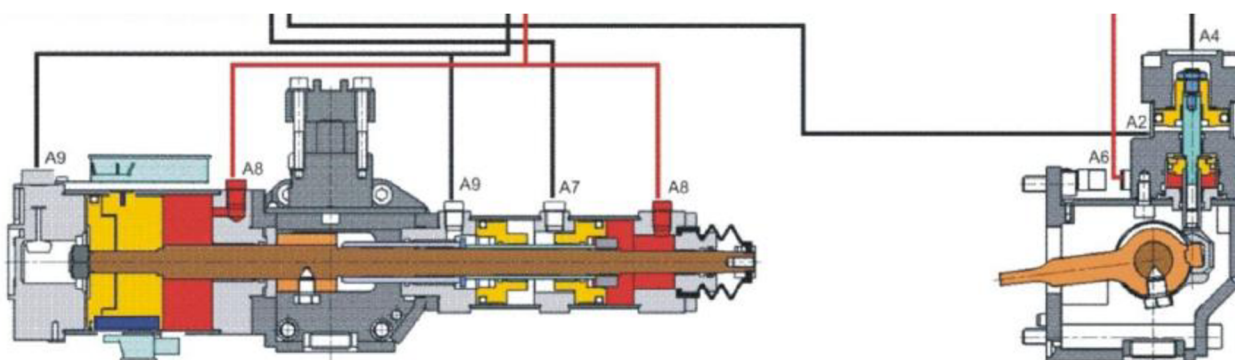


Obr. 13 Posilovač Norgren [9]

Zabezpečení proti řazení při sepnuté spojce je následující. Ve vozidle se nachází hydraulicko-pneumatická spojka, po zmáčknutí spojkového pedálu, je stlačen hydraulický válec, díky síle, kterou vyvolá je rozepnuta spojka. Při rozpojení spojky dochází k otevření elektro ventilu, který přepouští vzduch do ventilů, které následně ovládají samotný posilovač.



Obr. 14 Norgren v neutrálním stavu [9]



Obr. 15 Zařazení 2. rychlostního stupně [9]

Posilovač se skládá z hlavního pístu (č. 1, obr. 14) a dvou pomocných (č. 2 a 3, obr. 14) sloužících pro řídicí pohyb, tyto písty jsou umístěny na pístnici (č. 6, obr. 14). Dalšími částmi posilovače jsou dva písty (č. 4 a 5, obr. 14) sloužící pro volbu řídicí roviny, jenž se nachází na pístnici volby (č. 7, obr. 14). Poslední důležitou částí je řídicí palec (č. 8, obr. 14)

Stlačený vzduch je vtlačován nebo vytlačován přes průchody A2, A4, A6, A7, A8 a A9.

V případě volby řídicí roviny 1-2 dochází současně k vpuštění stlačeného vzduchu do přívodů A4 a A6. Pro zařazení roviny C-R je vzduch vpuštěn do přívodu A6. Pro rovinu 3-4 je natlakovaný vzduch vpuštěn přes přívod A2.

Zařazení neutrálu probíhá vpuštěním stlačeného vzduchu do přívodu A7. Pomocné písty jsou na pístnici uloženy volně. Mohou se tedy po pístnici pohybovat, samotná funkce lze vidět na obr. 15. Před hlavní a pravý pomocný píst je vpuštěn stlačený vzduch (A8), hlavní i pravý pomocný píst se pohybují zároveň s pístnicí, kdežto levý pomocný píst stojí. V případě zařazení palce doprava je vzduch vpuštěn před hlavní a levý vedlejší píst přes přívod A9. Tím dochází k posunu hlavního a levého pomocného pístu společně s pístnicí doprava a pravý pomocný píst zůstává stát.

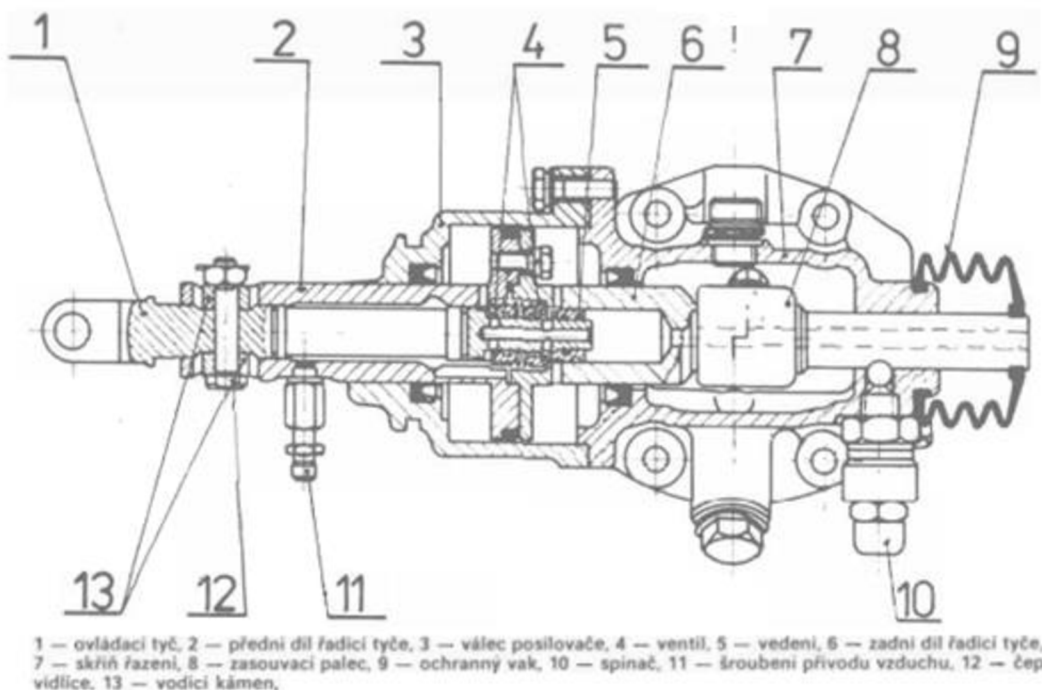


### 5.2.2 MECHANICKO-PNEUMATICKÉ POSILOVAČE

Tento systém řazení je zařazen do kategorie manuálních systémů řazení. Řazení převodového stupně je zde obvyklé, stejně jako u kteréhokoliv auta s manuální převodovkou. Tzn. jako první sešlápneme spojkový pedál, dále je zvolen pomocí řadicí páky převodový stupeň, který nám vyhovuje, následně spojkový pedál postupně uvolňujeme. Řadicí páka vykonává čtyři pohyby: vlevo, vpravo, dopředu a dozadu z neutrální pozice. Tento pohyb se pomocí řadicích táhel (popř. bowdenů) přenáší až na takzvaný řadicí palec. Ten vykonává pohyb rotační (volící) a pohyb posuvný (řadicí). Volící pohyb je způsoben řazením na řadicí páce (červené šipky, dle obr. 16) a je řazen mezi třemi rovinami. Mezi Crawler (C) a zpátečkou (R), další rovina je mezi 1. př. st. a 2. př. st. a poslední rovina je mezi 3. př. st. a 4. př. st.. Řadicí pohyb (modré šipky, dle obr. 16) je rovnoběžný s hřídelem uvnitř převodovky. Jeho úkolem je řadit rychlosti v dané rovině. Mechanická síla, kterou jsou jednotlivé stupně voleny je násobena pneumatikým tlakem. Rychlost 5. a 6. převodového stupně je řazena pomocí přídavného převodu, kdy na samotné převodovce je stále zařazen 3. nebo 4. rychlostní stupeň, ale díky přídavnému převodu získávají tyto rychlosti jiný převodový stupeň (poměr).



Obr. 16 Schéma řadicí páky

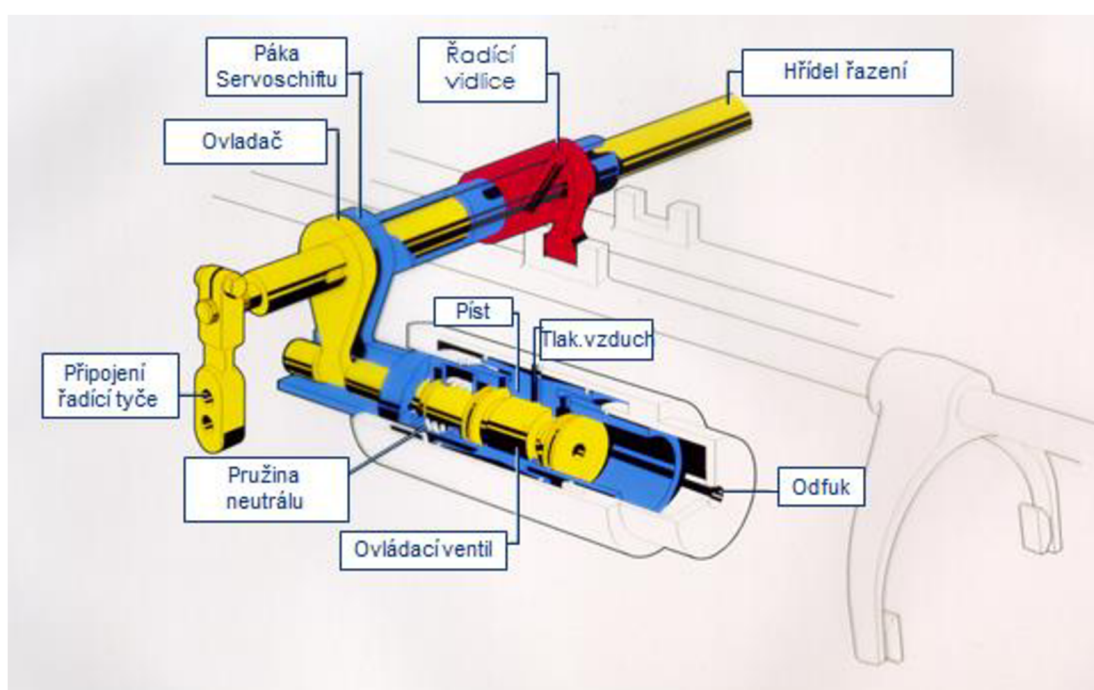


Obr. 17 Pohled v řezu na posilovač Tatra [6]

### 5.3 POSILOVAČE VYUŽÍVANÉ FIRMOU ZF

Manuální převodovky z typové řady Eco využívají pneumacko-mechanický systém řazení, tzv. Servoshift. Celý systém řazení je zařazen do kategorie automatizovaných systémů řazení. Servoshift je integrované zařízení v kombinaci s převodovkami ZF, konkrétně se jedná o typy Ecolite, Ecomid, Ecosplit.

Řazení probíhá následně, před zařazením rychlosti je nutné sešlápnout spojkový pedál. Ovšem je nutné překonat minimálně 70 % dráhy pedálu, kdy dojde k sepnutí kontaktu, který napájí elektromagnetickou cívku, která spustí kalibrovaným otvorem tlak vzduchu do posilovače a ten začne pracovat. Jedná se o zabezpečení, aby řidič nezařadil se seplou spojkou. Napájení Servoshiftu je realizováno stlačeným vzduchem z pomocných okruhů. Tlak v tomto okruhu je 8 barů. Tento posilovač snižuje řadicí sílu až o 50 %, díky němu bylo také možné zkrátit řadicí páku a zmenšit dráhy řazení. [10]



Obr. 18 Servoshift – Ecomid [10]

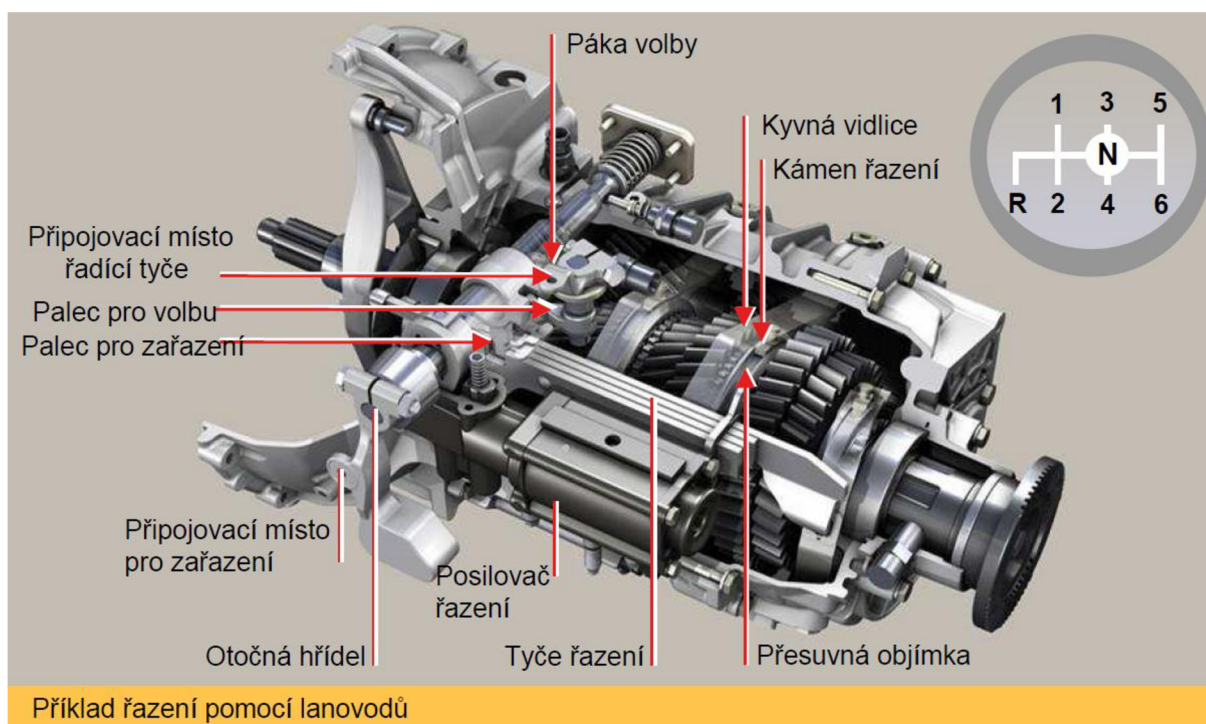
Při pohybu řadicí tyče přemístí ovládací ventil pomocí tlakového vzduchu píst, který aktivuje řadicí vidlici Servoshiftu.

Servoshift se pro jednotlivé převodovky typu Eco mírně liší.

### 5.3.1 ECOLITE

Převodovky Ecolite se používají převážně u lehkých nákladních aut (užitné zatížení do 3,5 t). Tyto převodovky disponují pěti popř. šesti rychlostními stupni. Mezi jejich výhody patří nízká hluchnost, vysoký přenos výkonu a snadná ovladatelnost díky pneumatickému posilovači.

Hlavním rozdílem oproti Ecomid je, že jsou zde dvě přípojná místa pro řazení, pro volici a řadící pohyb. K těmto bodům nejsou připojeny řadící tyče, ale lanovody.



Příklad řazení pomocí lanovodů

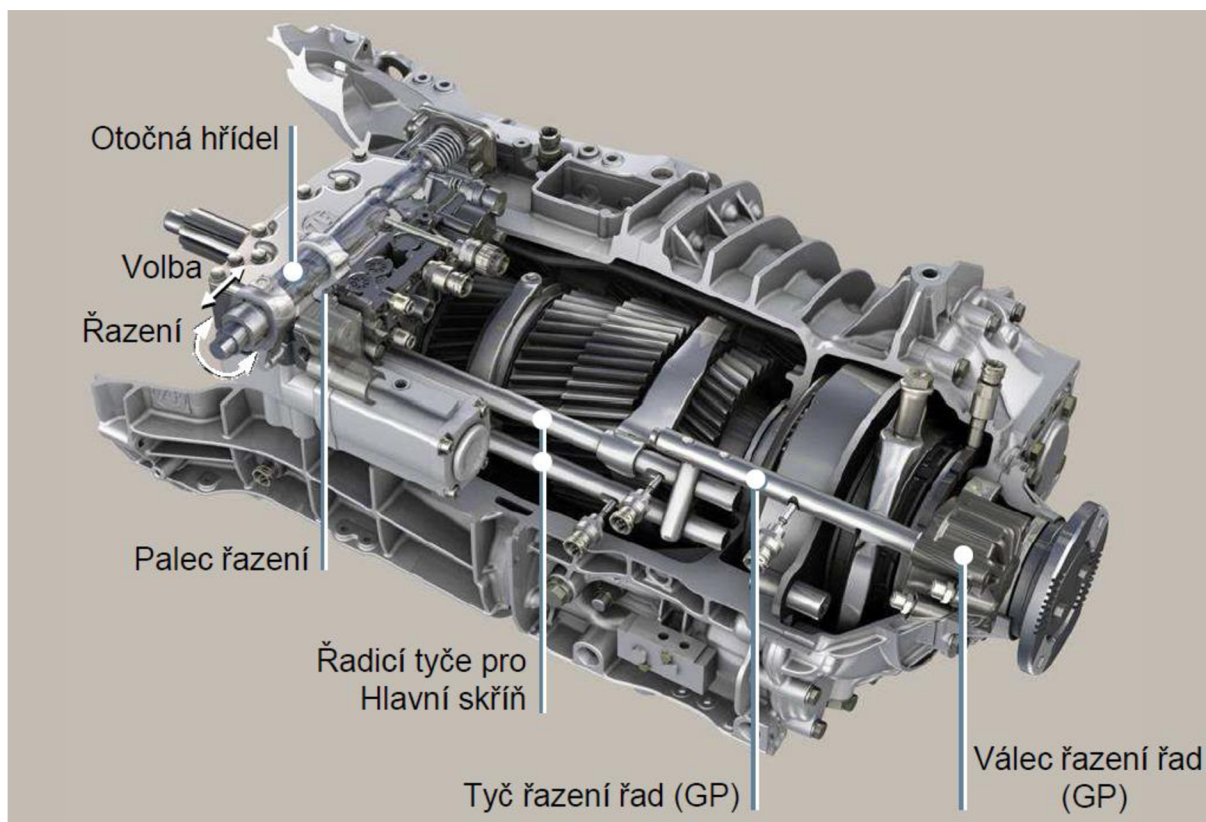
Obr. 19 Ecolite [10]

### 5.3.2 ECOMID

Převody vhodné pro střední třídu nákladních vozidel (užitná hmotnost 3,5-10 t). Možnost řazení až devíti rychlostních stupňů. Předností této převodovky (obr. 17) je univerzální použití, minimální hluchnost, hospodárnost a jednoduché ovládaní, díky pneumatickému posilovači řazení.

### 5.3.3 ECOSPLIT

Nejvhodnější verzí pro těžké nákladní vozy (užitné zatížení nad 10 t) je převodovka pod označením Ecosplit. Lze volit ze dvou možných konfigurací, 12. nebo 16. rychlostní. Hlavními klady jsou univerzálnost, klidný chod, vysoké užitné zatížení a v neposlední řadě lehké ovládání, opět díky pneumatickému posilovači.



Obr. 20 Ecosplit [10]

Jakou sílu posilovače firmy ZF vyvíjí pro zařazení, není bohužel nikde zveřejněno. Ovšem díky vývojové dílně ve firmě Tatra Trucks, bylo možné, dostat se k posilovači přímo fyzicky. Posilovač byl rozebrán a následně odměřen průměr pracovního pístu, který byl 70 mm. Dle informací, které poskytl servis Iveco, je v pneumatickém okruhu tlak 8 barů. Díky těmto dvěma hodnotám bylo možné zjistit přibližnou sílu v těchto posilovačích.

Základní předpoklad vychází z rovnice:

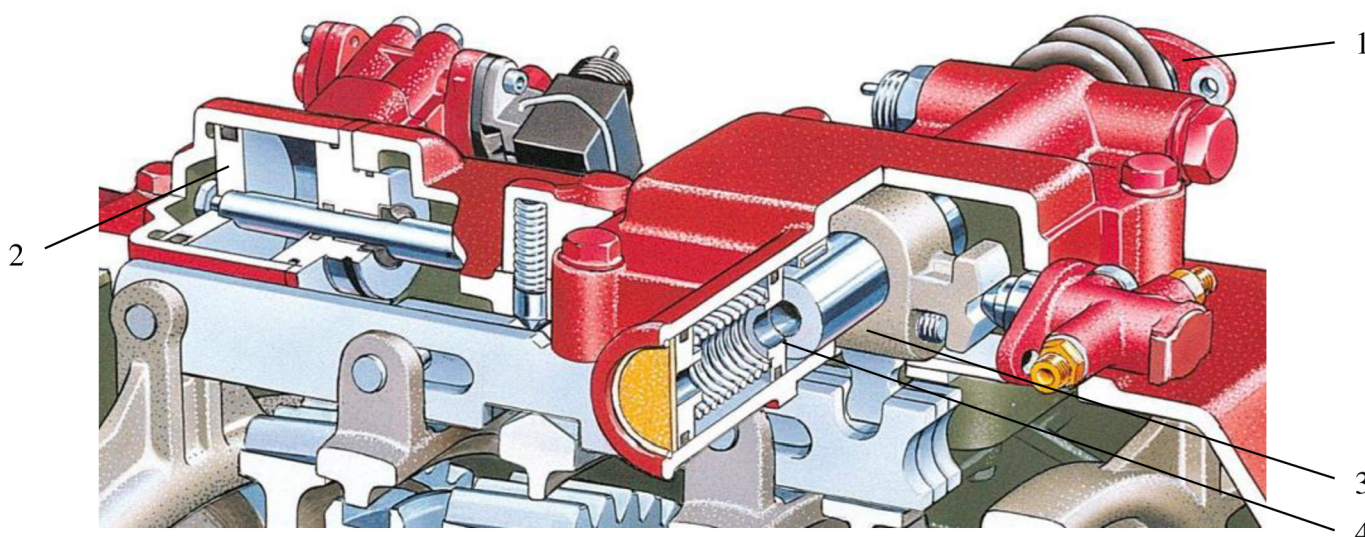
$$p_{ZF} = \frac{F_{ZF}}{S_{ZF}} \Rightarrow F_{ZF} = p_{ZF} \cdot S_{ZF} = p_{ZF} \cdot \frac{\pi \cdot d_{ZF}^2}{4} = 0,8 \cdot \frac{\pi \cdot 70^2}{4} = 3080 \text{ N} \quad (1)$$

Jak jde vidět, řadicí síla v těchto převodovkách je oproti tatrováckým menší asi o 30 % (řadicí síla u převodovek značky Tatra je 4580 N). Což může být způsobeno lepší synchronizací převodů a celkově modernějším provedením.

## 5.4 POSILOVAČE VYUŽÍVANÉ FIRMOU SCANIA

System Opticruise zajišťuje funkčnost a komfort, díky elektro-pneumatickému řazení. Řazení je navrženo tak, aby se neustále adaptovalo danému prostředí, jako je stav silnice, náklon vozidla, hmotnost a charakteristice motoru, stejně jako poloze plynového pedálu tak, aby reakce na pohyb plynového pedálu byla co nejkratší.

V kombinaci s elektro hydraulickou spojkou umožňuje vysoce přesné manévrování. [22]



Obr. 21 Převodovka GRS900 se systémem Opticruise [22]

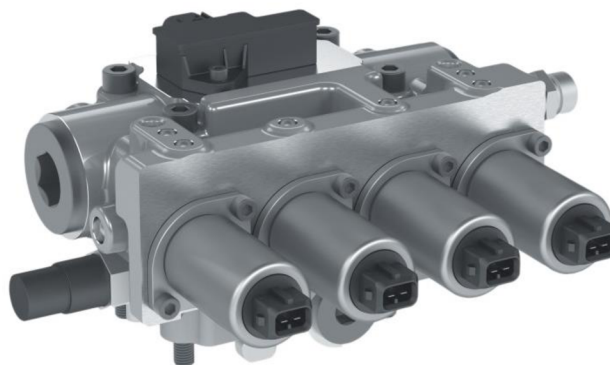
Řadicí táhlo je napojeno na přírubu (č. 1, obr. 21), jak volicí tak i řadicí pohyb je pro řidiče zjednodušen díky stlačenému vzduchu působící na pracovní elementy. Pro řadicí pohyb slouží píst umístěný v pouzdře (č. 2, obr. 21). Tento píst koná posuvný pohyb. Palec (č. 3, obr. 21) v případě zařazení koná rotační pohyb kolem osy hřídele (č. 4, obr. 21), což znamená, že vykonává volicí pohyb.

Tlak v okruhu posilovače dosahuje 0,5 MPa, průměr řadicího válce je 85 mm. Řadicí síla u těchto převodovek dosahuje hodnoty 2840 N. Což je velmi podobné převodovkám ZF. [23]

## 5.5 POSILOVAČE VYUŽÍVANÉ FIRMOU AGROTRON

Firma Agrottron využívá elektrohydraulické posilovače řazení s názvem ComfortShift. Tento systém od roku 2015 nahrazuje řazení přes bowdeny u traktorů typu AgroTron 6. Je konstruovaný tak, aby snížil zatížení obsluhy na minimum. Proto k řazení není potřeba nic jiného, než táhnout joystick a to bez sešlápnutí spojkového pedálu. Přeřazení převodového stupně netrvá déle než 0,5 sekundy. [21]

Samotné řazení je umožněno díky tlaku kapaliny. Elektronika zde slouží k co možná nejlepšímu vyhodnocení jízdních podmínek a zařazení vhodného převodového stupně.



*Obr. 22 ComfortShift [21]*

## 5.6 HYDRAULICKÉ A ELEKTROMAGNETICKÉ POSILOVAČE

Hydraulické a elektromagnetické posilovače se u sériových nákladních vozidel momentálně nevyužívají. Důvodů proč tomu tak je může být několik. Například nespolehlivost chodu, náročná údržba nebo také vysoká cena těchto zařízení. Hydraulické posilovače se používají ve velké míře u osobních sportovních aut, např. Ferrari 360 nebo Ferrari F430. Také u již zde zmíněných traktorů značky Agrottron.

O zavedení elektro magnetických posilovačů se marně snažila firma Zetor, z důvodů vysoké ceny však od tohoto zařízení upustila.[29]

## 6 POŽADAVKY NA NÁVRH POSILOVAČE

Hlavní důvod vývoje nového posilovače řazení je záměna pneumatického systémů řazení za hydraulický systém řazení. Výhody a nevýhody těchto systémů jsou shrnuty již v tabulce č. 5 a č. 6.

Jako hlavní problém figurovala stlačitelnost vzduchu a menší tlaky, tudíž větší plochy pístů. Dalším důvodem je vyhnouti se volicímu pohybu palce. Z tohoto důvodu vznikl požadavek na tři řadící palce. Při požadavku na zachování zástavbových rozměrů by bylo pneumatické provedení se třemi palci nereálné z důvodů velkých průměrů pístu, které by nebylo možné umístit do zástavbového prostoru určeného pro posilovač.

Jelikož je tato diplomová práce tvořena ve spolupráci s firmou Tatra Trucks a.s., tak také veškeré požadavky na tento posilovač pramení z jejich iniciativy.

Dalším požadavkem je použití převodového oleje jako pracovní médium. Olej bude čerpán z převodové skříně, pomocí čerpadla, které bude umístěno na motoru, v místech čerpadla pro servo řízení. Výtlak čerpadla může dosahovat až 160 barů. Ovšem posilovač by měl pracovat s rozhraním tlaků 30 – 50 bar.

Následujícím důležitým požadavkem jsou zástavbové rozměry. Převodovka včetně posilovače je umístěna vně rámu, tudíž jsou zde značně omezeny rozměry, kterých může posilovač dosahovat. Jelikož je zadáno, že se nesmí jakkoliv upravovat skříň převodovky, musí se posilovač vlézt mezi rám a převodovku. Zástavbový požadavek je také na připojení posilovače k převodovce, který musí zůstat zachován. Změna způsobu připojení by vedla k změně odlitku víka převodovky, což by bylo velmi nákladné.

## 7 ZÁKLADNÍ VÝPOČTY POSILOVAČE ŘAZENÍ

### 7.1 ANALYTICKÝ VÝPOČET PÍSTNICE

#### 7.1.1 VÝPOČET PRŮMĚRU PÍSTNICE

Vhodný materiál na pístnice 20MnV6 nebo 42CrMo4 [8]

**20MnV6** – vanadiová ocel, s vyšší mezí průtažnosti, zlepšenou svařitelností a obrobitelností, s vrstvou chromu pro zmenšení tření, drsností povrchu Ra max. 0,2 μm a mezí kluzu  $Re_{pce} = 440$  MPa [8]

**42CrMo4** – slitinová ocel, zakalená a popuštěná v lázni, používá se pro vysoce namáhané součástky, mez kluzu  $Re_{pce2} = 735$  MPa [8]

Z důvodu cenových úspor zvolen materiál 20MnV6, který je asi o 30 % levnější než 42CrMo4 [17]

$F_{skt} = 4580$  N - skutečná řadící síla

$k = 3 \div 5$  - koeficient bezpečnosti k mezi kluzu (zvolen 3) [18]

$$\sigma_D = \frac{Re_{pce}}{k} = \frac{440}{3} = 147 \text{ MPa} \quad (2)$$

$$\sigma_D = \frac{F_{skt}}{S_{pce}} \Rightarrow d_{pce} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{skt}}{\pi \cdot \sigma_D}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4580}{\pi \cdot 147}} = 6,3 \text{ mm} \quad (3)$$

$d_{pce} = 20$  mm, zvoleno

#### 7.1.2 VÝPOČET PÍSTNICE NA VZPĚŘ

$\lambda_D = 20 \div 30$  – výpočet pouze na tlak [19]

$l_o = 100$  mm – maximální délka pístní tyče namáhané na vzpěr

$$j = \sqrt{\frac{J_{min}}{S_{pce}}} = \sqrt{\frac{\frac{\pi \cdot d_{pce}^4}{64}}{\frac{\pi \cdot d_{pce}^2}{4}}} = \sqrt{\frac{d_{pce}^2}{16}} = \frac{d_{pce}}{4} = \frac{20}{4} = 5 \text{ mm} \quad (4)$$

$$\lambda = \frac{l_o}{j} = \frac{100}{5} = 20, \lambda < \lambda_D = 20 \div 30, \text{ z výsledku plyne kontrola na tlak} \quad (5)$$

$$\sigma_{Dvz} = \frac{F_{skt}}{S_{pce}} = \frac{4 \cdot F_{skt}}{\pi \cdot d_p^2} = \frac{4 \cdot 4580}{\pi \cdot 20^2} = 14,6 \text{ MPa} \quad (6)$$

$$\sigma_{Dvz} < \sigma_D \quad 14,6 < 147, \text{ kontrola na tlak vyhovuje} \quad (7)$$



## 7.2 VÝPOČET PÍSTNICE POMOCÍ ANSYS - WORKBENCH

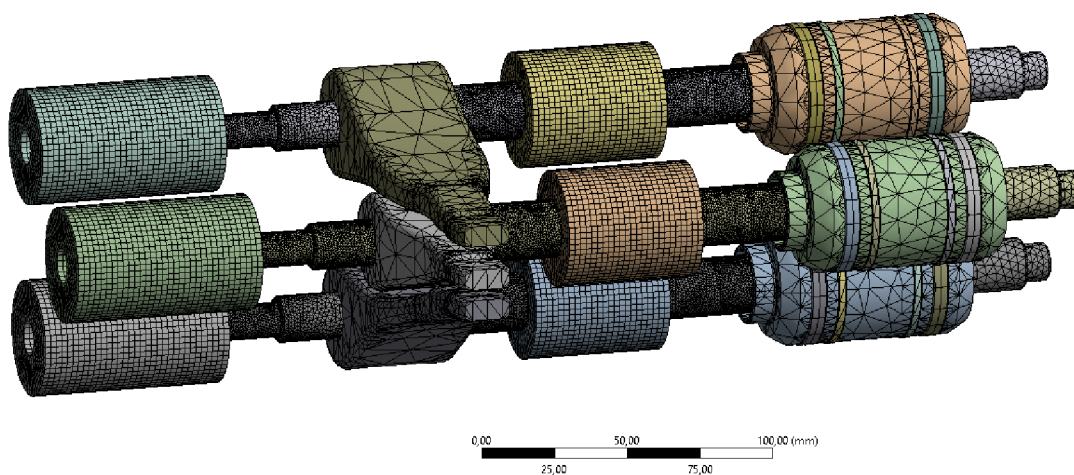
Pístnice jsou zatěžovány celkově v šesti stavech. Tyto stavy vychází z polohy palce společně s pístnicí a strany, ze které je palec zatěžován.

$E = 210 \text{ GPa}$  – modul pružnosti materiálu 20MnV6

$\mu = 0,30$  – Poissonovo číslo materiálu 20MnV6

Sít':

Sít' na pístnici je objemově zjemněna v místech předpokládaných napětí a to na velikost elementu 1 mm. Hlavně vlevo a vpravo od řadičního palce, kde vzniká ohybové napětí a poté mezi pravými podpůrnými válečky a písty, kde hrozí vznik vzpěru. Tato sít' je stejná pro všechny zátěžné stavy.

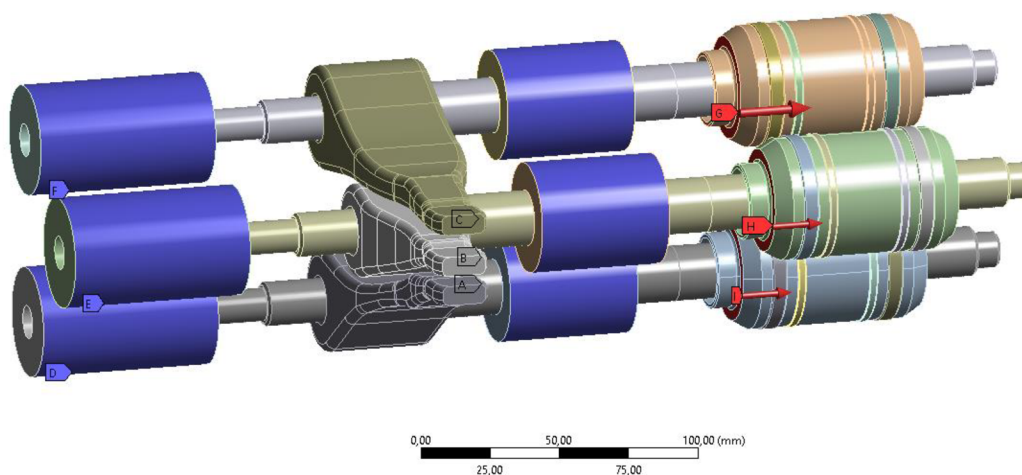


Obr. 23 Sít' pístnic

Okrajové podmínky:

E:BE  
Static Structural  
Time: 1, s  
12. 5. 2017 19:21

- A Displacement
- B Displacement 2
- C Displacement 3
- D Fixed Support
- E Fixed Support 2
- F Fixed Support 3
- G Force: 5000, N
- H Force 2: 5000, N
- I Force 3: 5000, N



Obr. 24 Okrajové podmínky

Pro zjednodušení výpočtu jsou nahrazeny skříně palců válečky, které slouží jako podpora. Mezi pístnicemi a válečky je nastaven kontakt – tření s velikostí 0,1. Další kontakt je mezi řadicími palci a pístnicemi nastaven jako pevný, jak mezi válcovými plochami, tak také mezi čelními. Stejný kontakt je také mezi pístem a pístnicí, opět jsou válcové i čelní plochy k sobě pevně spojeny.

Okrajové podmínky jsou zvoleny následovně. Vnějších plochám válečků je zamezen pohyb ve všech směrech. Pohyb palců je zamezen ve směru X (tedy ve směru pohybu mechanismu) a jako poslední jsou písty zatíženy silou 5000 N. I přesto, že je reálná řadicí síla max. 4580 N, je zvolena větší hodnota z důvodu možné kolize uvnitř převodovky, díky mírnému předimenzování, tak můžeme zabránit poškození pístnic v případě poruchy.

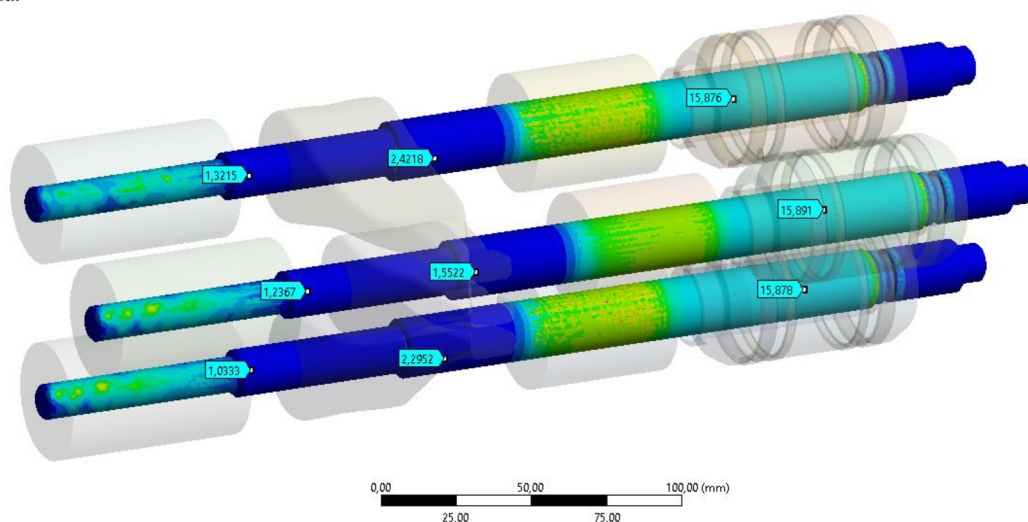
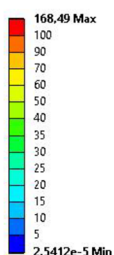
První zatížený stav (poloha řadicího palce vlevo), zatížení zleva:

Max. napětí vlevo od palce: 1,3MPa

Max. napětí vpravo od palce: 2,4 MPa

Max. napětí v místě hrozby vzpěru: 15,9 MPa

D: CD  
Equivalent Stress 4  
Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
Unit: MPa  
Time: 1  
23. 5. 2017 13:56



*Obr. 25 Zátěžný stav A*

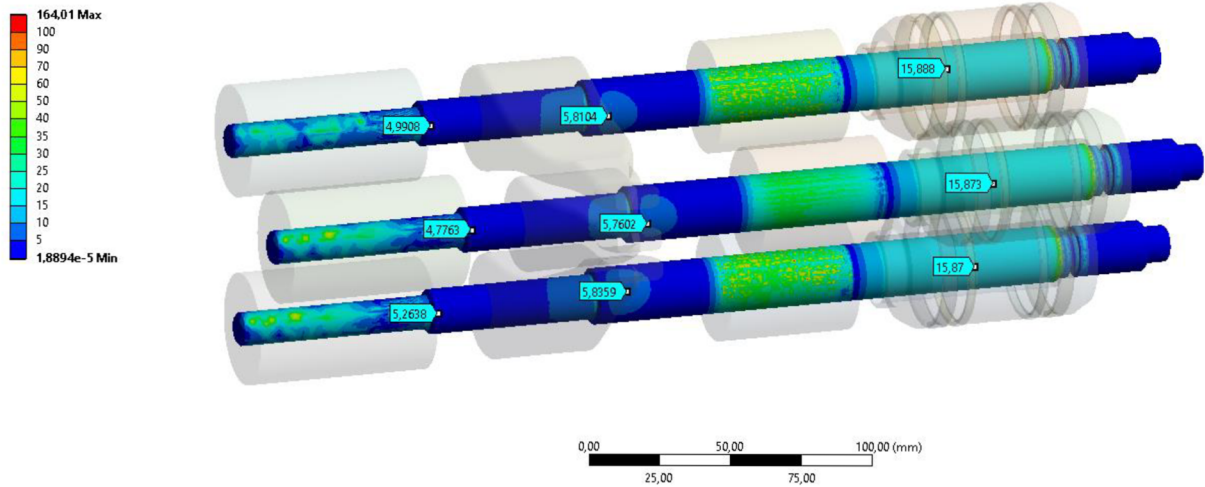
Druhý zatížený stav (poloha řadicího palce vlevo), zatížení zprava:

Max. napětí vlevo od palce: 5,2 MPa

Max. napětí vpravo od palce: 5,8 MPa

Max. napětí v místě hrozby vzpěru: 15,9 MPa

C: CD  
Equivalent Stress 4  
Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
Unit: MPa  
Time: 1  
23. 5. 2017 14:00



*Obr. 26 Zátěžný stav B*

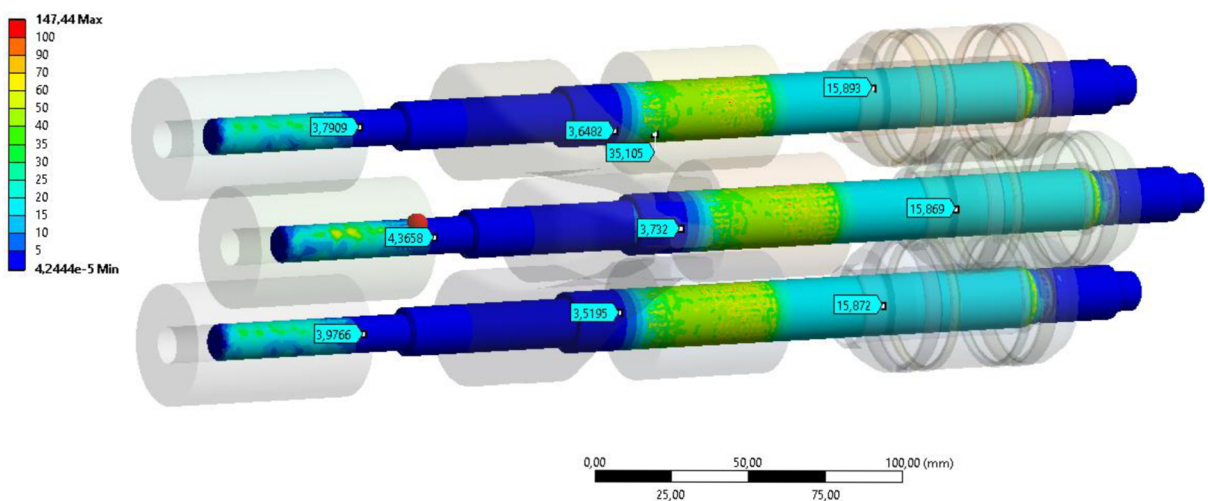
Třetí zatížený stav (poloha řadicího palce uprostřed), zatížení zleva:

Max. napětí vlevo od palce: 4,3 MPa

Max. napětí vpravo od palce: 3,7 MPa

Max. napětí v místě hrozby vzpěru: 15,9 MPa

E: BE  
Equivalent Stress 4  
Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
Unit: MPa  
Time: 1  
23. 5. 2017 14:03



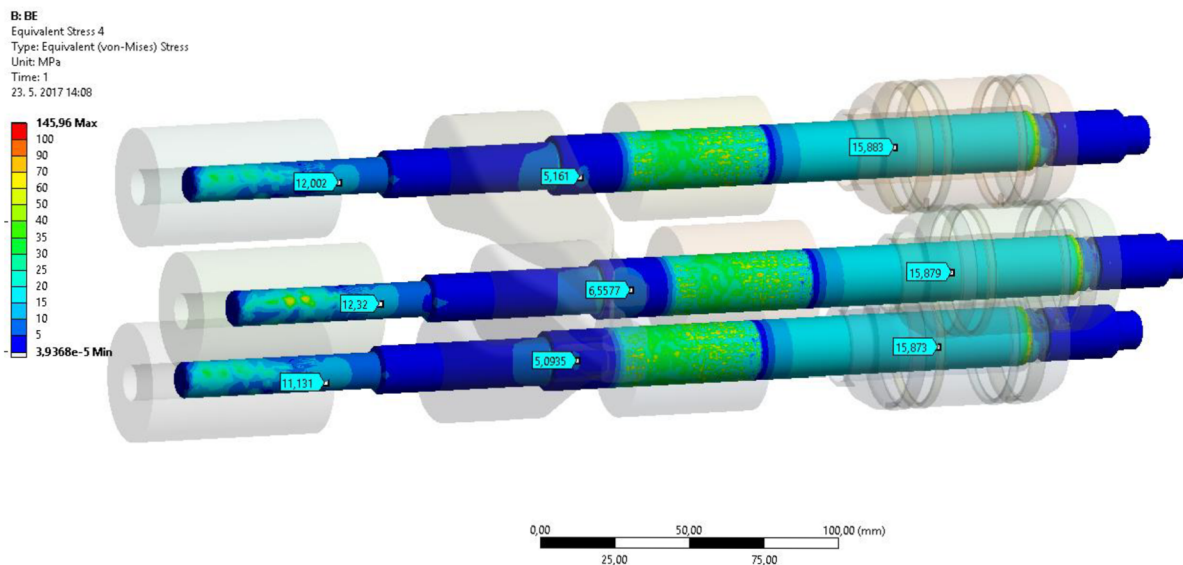
*Obr. 27 Zátěžný stav C*

Čtvrtý zatížený stav (poloha řadicího palce uprostřed), zatížení zprava:

Max. napětí vlevo od palce: 12,3 MPa

Max. napětí vpravo od palce: 6,6 MPa

Max. napětí v místě hrozby vzpěru: 15,9 MPa



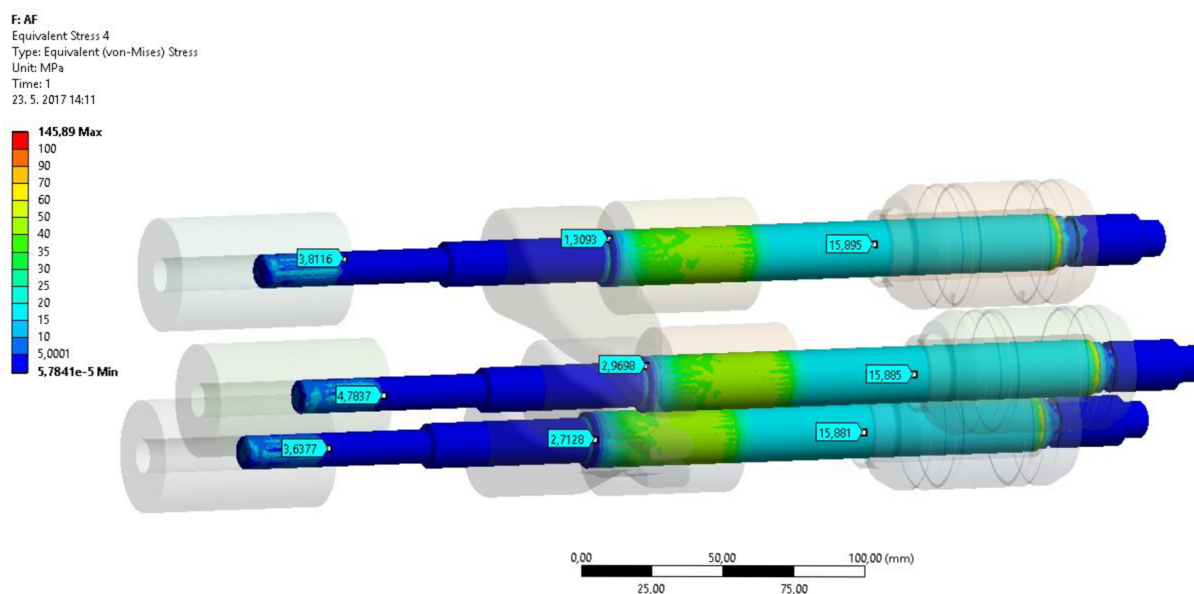
Obr. 28 Zátěžný stav D

Pátý zatížený stav (poloha řadicího palce vpravo), zatížení zleva:

Max. napětí vlevo od palce: 4,8 MPa

Max. napětí vpravo od palce: 3,0 MPa

Max. napětí v místě hrozby vzpěru: 15,9 MPa



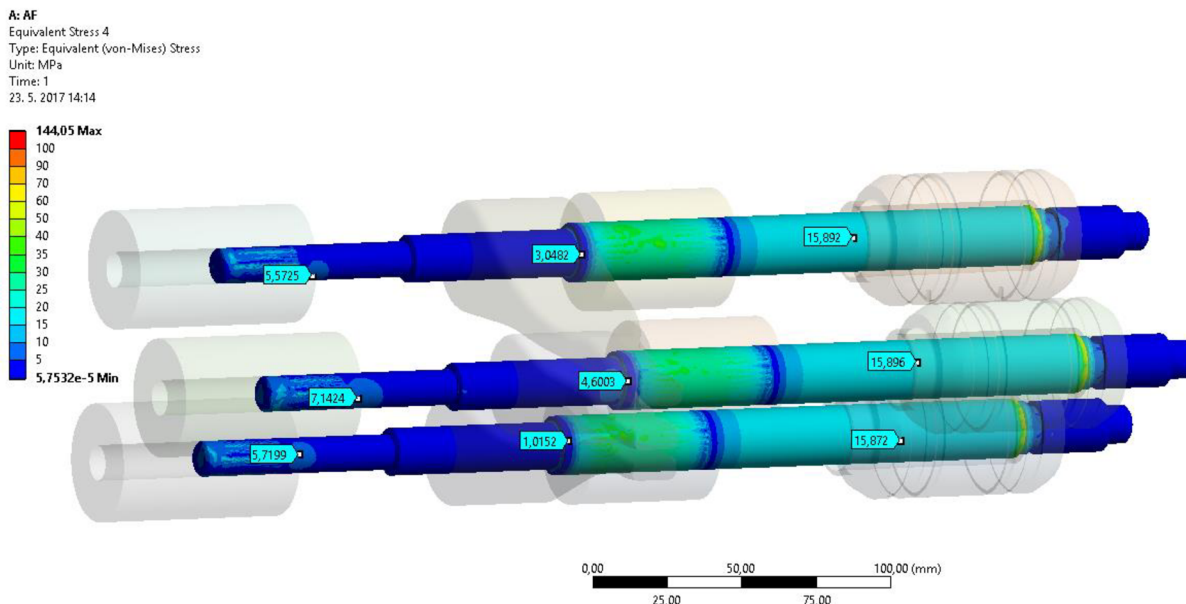
Obr. 29 Zátěžný stav E

Šestý zatížený stav (poloha řadicího palce vpravo), zatížení zprava:

Max. napětí vlevo od palce: 7,2 MPa

Max. napětí vpravo od palce: 4,6 MPa

Max. napětí v místě hrozby vzpěru: 15,9 MPa



Obr. 30 Zátěžný stav F

Největších napětí bylo dosaženo v místech, kde se opírá čelo pístu o pístnici. Důvodem takto vysokého napětí může být ostrá přechodová hrana, kde výpočet nedosahuje potřebné přesnosti. Další vysoké napětí v hodnotách kolem 50 MPa vzniká na pístnici v místech pravého uložení. Toto napětí je zvýšeno z důvodu tření mezi pístnicí a válečkem, hodnoty opět neodpovídají realitě a ve skutečnosti budou menší.

Napětí v místech, kde hrozí vzpěr, dosahuje hodnoty 15,9 MPa, což je blízká hodnota analytickému výpočtu. Hodnota se mírně liší, kvůli uvažovanému zatížení 5000 N. Bezpečnost vychází přibližně 27,5.

### 7.3 VÝPOČET PRŮMĚRU PÍSTU

$p = 3 \div 5$  MPa – tlak ve válci (zvoleno 4 MPa)

$$p = \frac{F_{skt}}{S_{pmin}} \Rightarrow S_{pmin} = \frac{F_{skt}}{p} = \frac{4580}{4} = 1145 \text{ mm}^2 \quad (8)$$

Plocha  $S_{pmin}$  je plocha, která je nejmenší možná k překonání síly 4580 N. Ovšem ze strany pístu, na které se nachází pístnice je plocha menší. Proto je nutné přičíst plochu pístnice k  $S_{pmin}$ .

$$S_p = S_{pmin} + S_{pce} = S_{pmin} + \frac{\pi \cdot d_{pce}^2}{4} = 1145 + \frac{\pi \cdot 20^2}{4} = 1460 \text{ mm}^2 \quad (9)$$

$$S_p = \frac{\pi \cdot D_p^2}{4} \Rightarrow D_p = \sqrt{\frac{4 \cdot S_p}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1460}{\pi}} = 43,1 \text{ mm} \quad (10)$$

$D_p = 45$  mm, zvoleno

$$S_{ps} = \frac{\pi \cdot D_p^2}{4} = \frac{\pi \cdot 45^2}{4} = 1590,4 \text{ mm}^2 \quad (11)$$

### 7.4 VÝPOČET MINIMÁLNÍ TLOUŠŤKY STĚNY

Vhodný materiál pro odlitek těla válce je šedá litina (42 2420) s lupínkovým grafitem, hlavním důvodem je možnost odlítí této litiny ve vlastních zařízeních společnost Tatra Trucks.

$Re_{\text{sl}} = 130 \div 195$  MPa - mez kluzu šedé litiny [12]

$k = 2 \div 3$  - koeficient bezpečnosti k mezi kluzu (zvoleno  $k = 3$ )

$$\sigma_{D\text{sl}} = \frac{Re_{\text{sl}}}{k} = \frac{130}{3} = 44 \text{ MPa} \quad (12)$$

$$t_{min} = \frac{p \cdot D_p}{2 \cdot (\sigma_{D\text{sl}} - p)} = \frac{4 \cdot 45}{2 \cdot (44 - 4)} = 2,25 \text{ mm} \quad (13)$$

$t_{min} = 4$  mm, zvoleno

### 7.5 VÝPOČET MAXIMÁLNÍHO PRŮTOKU

$l_p = 20$  mm – chod pístu

$t = 0,1$  s – maximální rychlost změny převodového stupně [11]

$$Q = \frac{V_p}{t} = \frac{S_{ps} \cdot l_p}{t} = \frac{1590,4 \cdot 20}{0,1} = 0,318 \frac{l}{s} \quad (14)$$

## 7.6 NÁVRH PŘÍPOJEK A POTRUBÍ

### 7.6.1 RYCHLOST KAPALINY V POTRUBÍ

$d_{pot} = 10 \text{ mm}$  – vnitřní průměr vstupního potrubí (zvoleno)

$$v_{pot} = \frac{Q}{\frac{\pi \cdot d_{pot}^2}{4}} = \frac{0,000318}{\frac{\pi \cdot 0,010^2}{4}} = 4,05 \frac{m}{s} \quad (15)$$

### 7.6.2 VÝPOČET REYNOLDSOVA ČÍSLA

$\vartheta = 17,85 \frac{mm^2}{s}$  – viskozita oleje 75W – 90 při teplotě 100 °C [13]

$$Re = \frac{v_{pot} \cdot d_{pot}}{\vartheta} = \frac{4,05 \cdot 10}{17,85 \cdot 10^{-3}} = 2269 \quad (16)$$

$$Re = 2269 < 2320, \text{ jedná se o laminární proudění} \quad (17)$$

Výhodou laminárního proudění jsou rovnoběžné proudnice. Díky tomu se spolu jednotlivé proudnice nemísí a nedochází tak ke ztrátám jako u turbulentního proudění.

Dle vnitřního průměru potrubí je zvolena přípojka, která spojuje válec a hydraulické potrubí - hrdlo přímé s pryžovým kroužkem NBR - PHEM2 10LM [20]

## 7.7 NÁVRH ŘADICÍCH PALCŮ

Materiál řadicích palců je zvolen stejný, jako se používá u momentálně vyráběných palců. Dle normy ČSN materiál - 14 224, jejímž ekvivalentem je označení 18CrNiMo7-6+HH.

Materiálové vlastnosti 18CrNiMo7-6+HH:

$$R_m = 685 - 980 \text{ MPa} - \text{mez pevnosti [16]}$$

$$R_{p02} = 490 \text{ MPa} - \text{mez kluzu [16]}$$

$$E = 210 \text{ GPa} - \text{modul pružnosti [26]}$$

$$\mu = 0,27 - 0,30 - \text{Poissonovo číslo [26]}$$

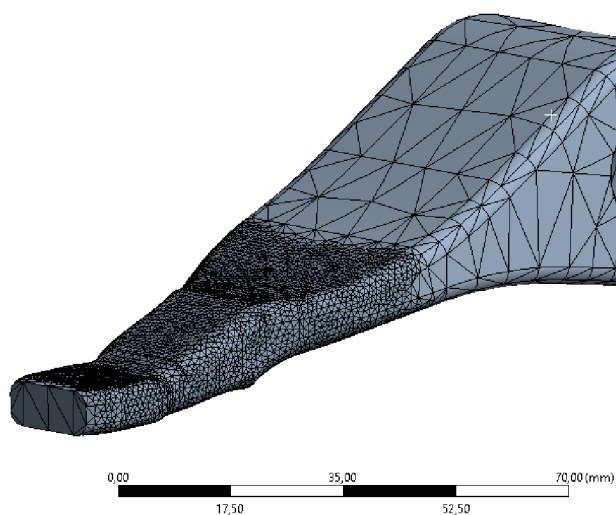
U každého řadicího palce byla navržena první verze, která byla později konstrukčně modifikována za cílem zvýšit bezpečnost přes hranici 1,8.

Každý z palců je zatížen silou 5000 N. I přesto, že je reálná řadicí síla max. 4580 N, je zvolena větší hodnota z důvodu možné kolize uvnitř převodovky, díky mírnému předimenzování, tak můžeme zabránit poškození palců v případě poruchy.

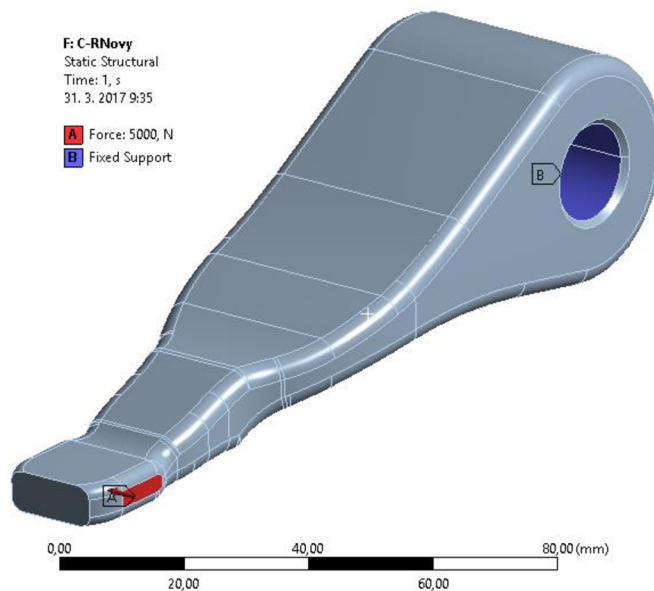
Síť je v místech největších napětí objemově zjemněna na velikost elementu 1 mm, v ostatních místech je síť ponechána s defaultním nastavením. Tvar prvků je zvolen jako tetrahedrons.

## 7.7.1 ŘADICÍ PALEC PRO RYCHLOST C – R

Sít' a okrajové podmínky:



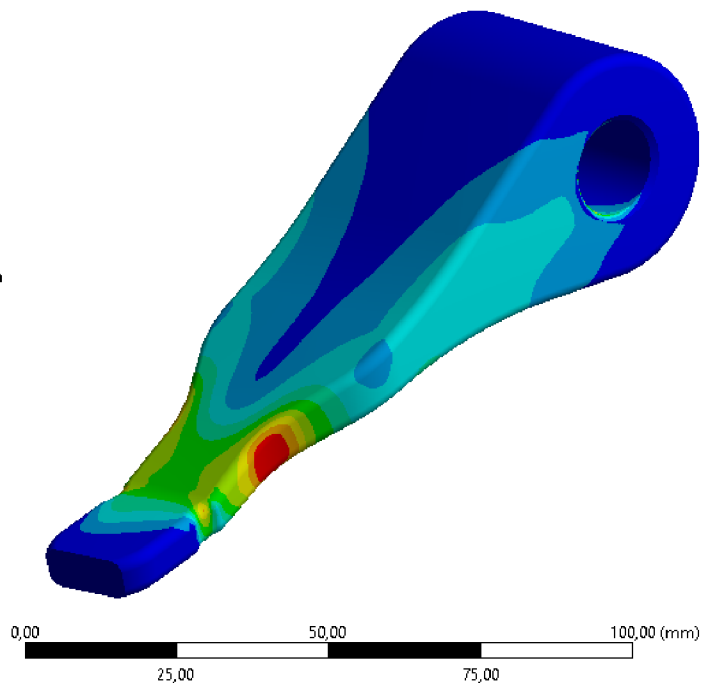
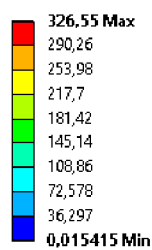
Obr. 31 Sít' pro palec C-R



Obr. 32 Okrajové podmínky pro palec C-R

Prvotní návrh:

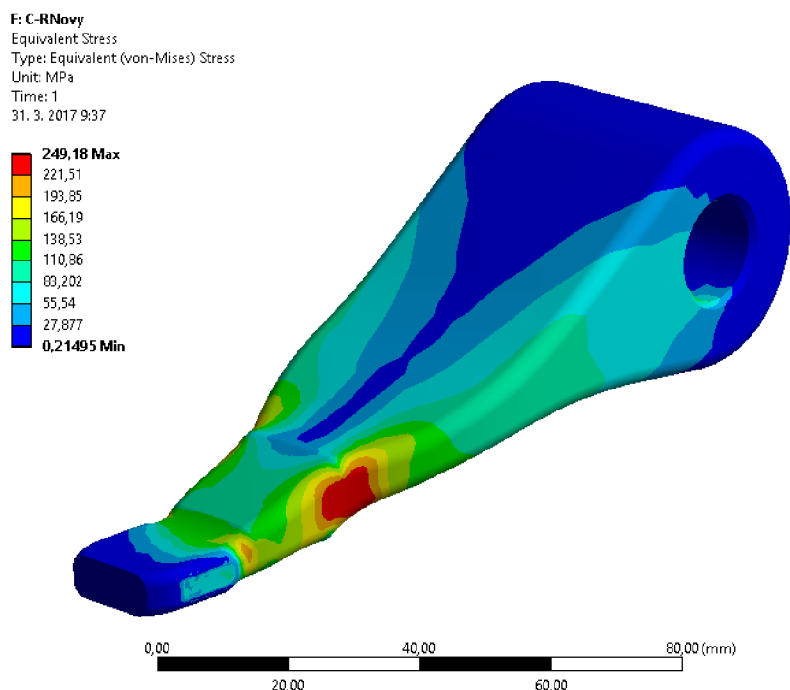
C: C-R  
 Equivalent Stress  
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
 Unit: MPa  
 Time: 1  
 24. 3. 2017 10:08



Obr. 33 Redukované napětí prvotního návrhu palce C-R



Konečný návrh:

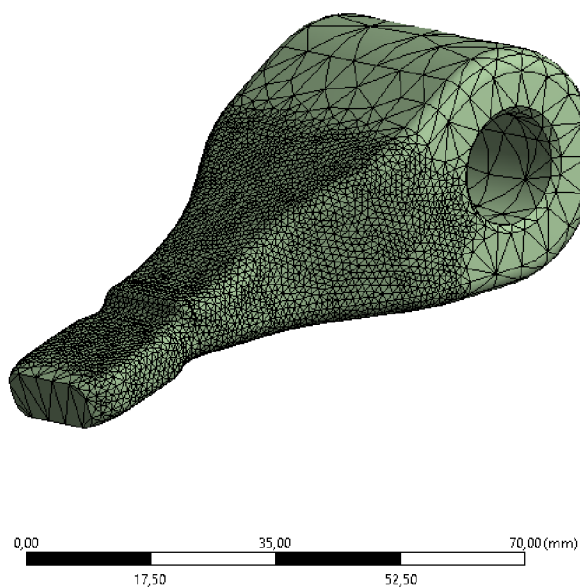


Obr. 34 Redukované napětí konečného návrhu palce C-R

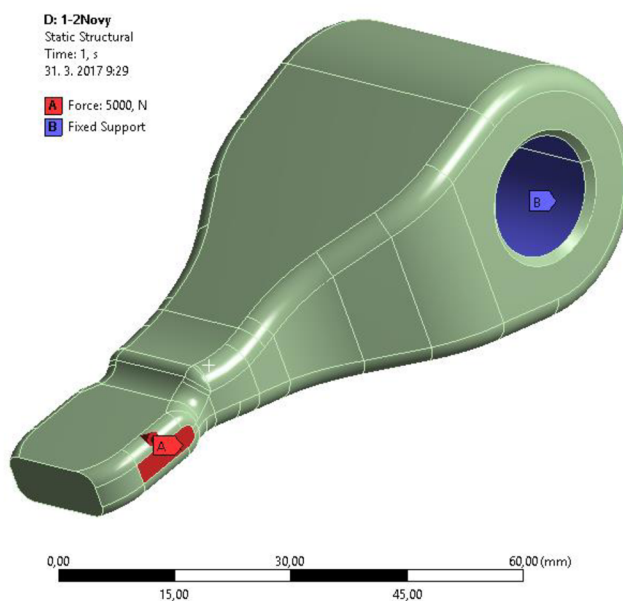
U prvotního návrhu řadicího palce pro rovinu C-R bylo dosaženo maximálního redukovaného napětí 327 MPa. Při tomto napětí vycházela bezpečnost pouze 1,5 a tak muselo dojít ke změně tvaru. V místech největšího napětí byla zvětšena plocha, díky tomu kleslo napětí na hodnotu 250 MPa. Výsledná bezpečnost vychází 1,96.

### 7.7.2 ŘADICÍ PALEC PRO RYCHLOST 1 - 2

Síť a okrajové podmínky:

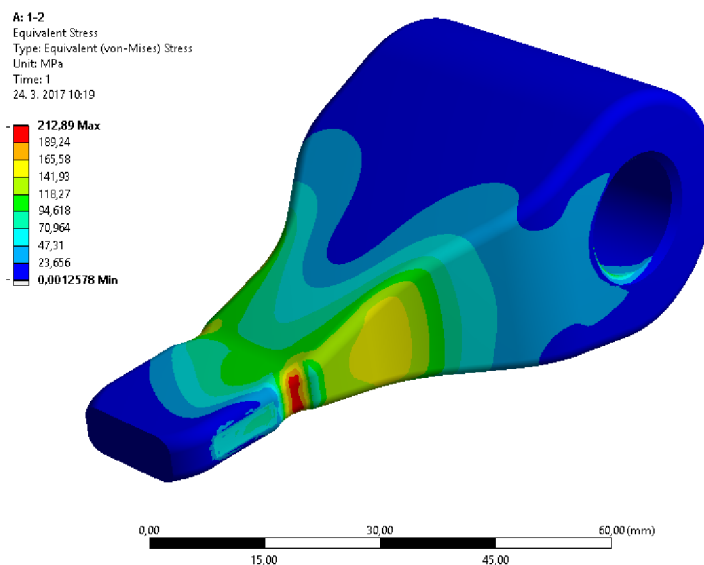


Obr. 36 Síť pro palec 1-2



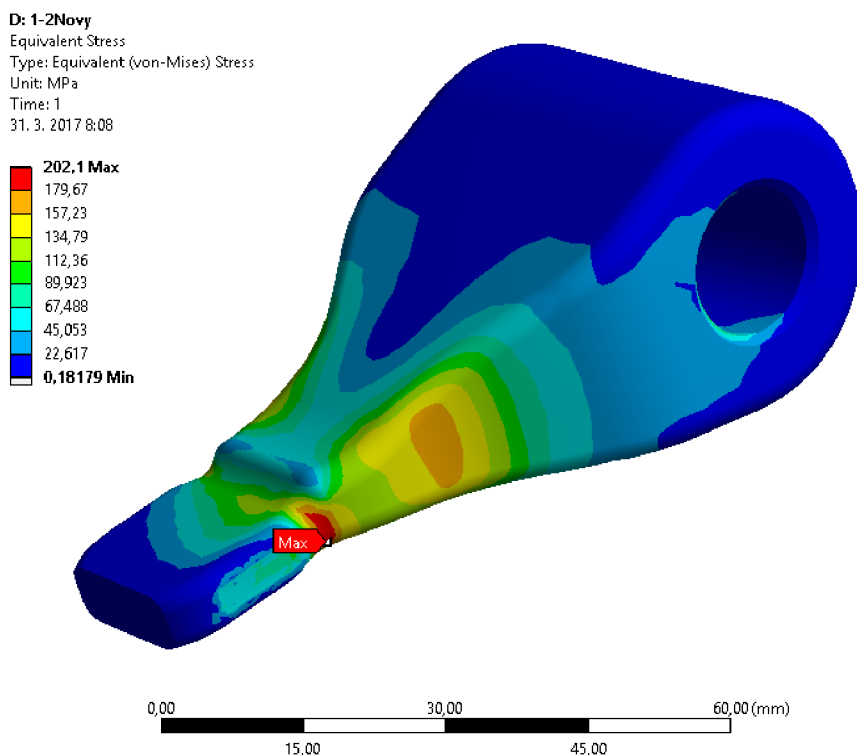
Obr. 35 Okrajové podmínky pro palec 1-2

Prvotní návrh:



Obr. 37 Redukované napětí prvotního návrhu palce 1-2

Konečný návrh:

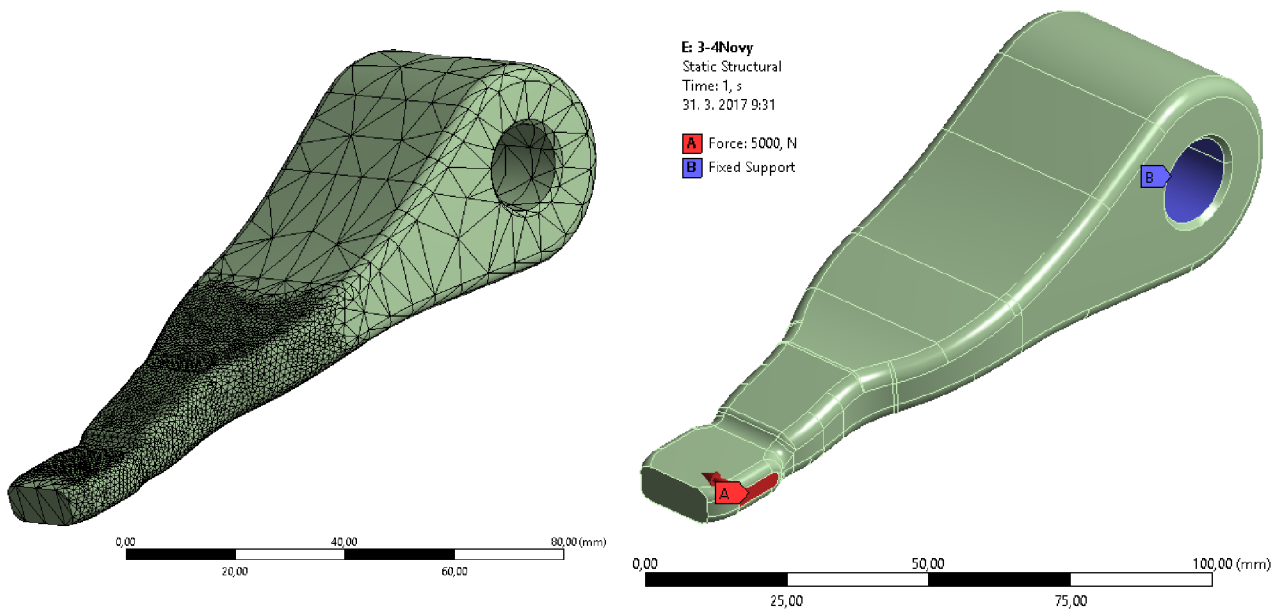


Obr. 38 Redukované napětí konečného návrhu palce 1-2

První návrh pro řadící rovinu 1 – 2 s maximálním dosaženým redukovaným napětím 213 MPa sice bezpečnosti s hodnotou 2,3 vyhovoval. I přesto byl upraven a v konečném výsledku dosáhl na bezpečnost 2,4 při maximálním redukovaném napětí 202 MPa.

### 7.7.3 ŘADICÍ PALEC PRO RYCHLOST 3 - 4

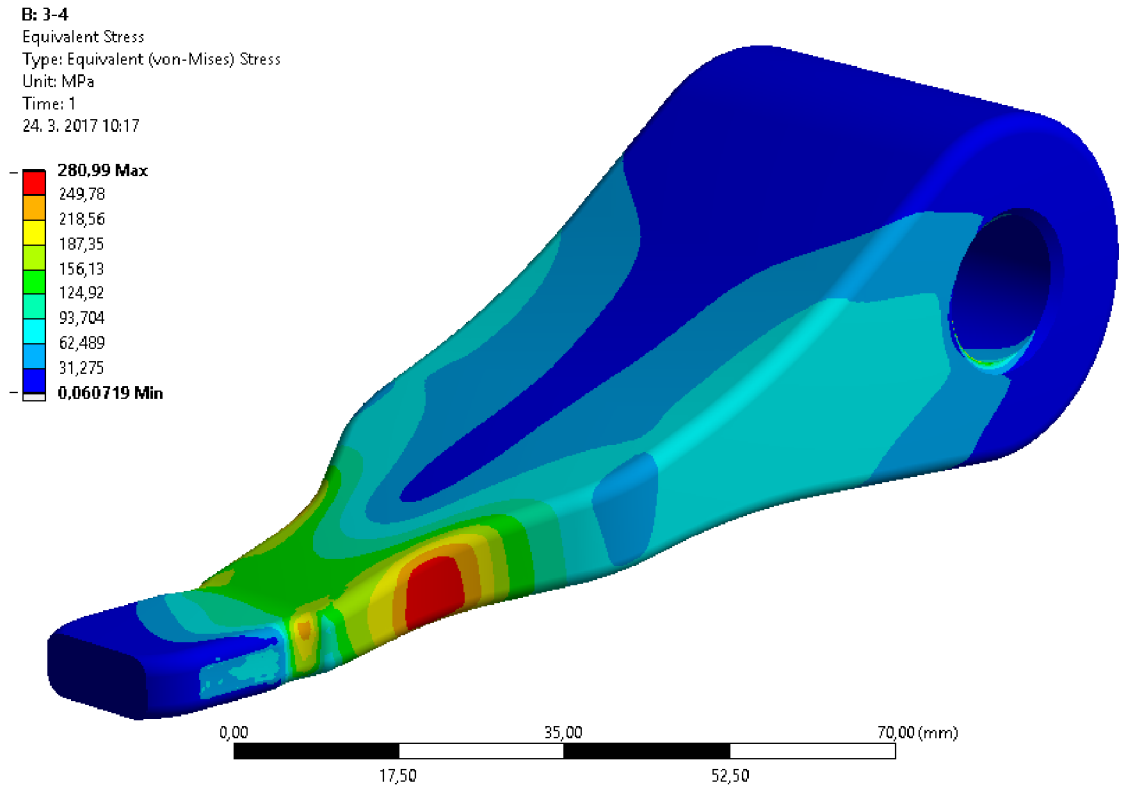
Síť a okrajové podmínky:



Obr. 39 Síť pro palec 3-4

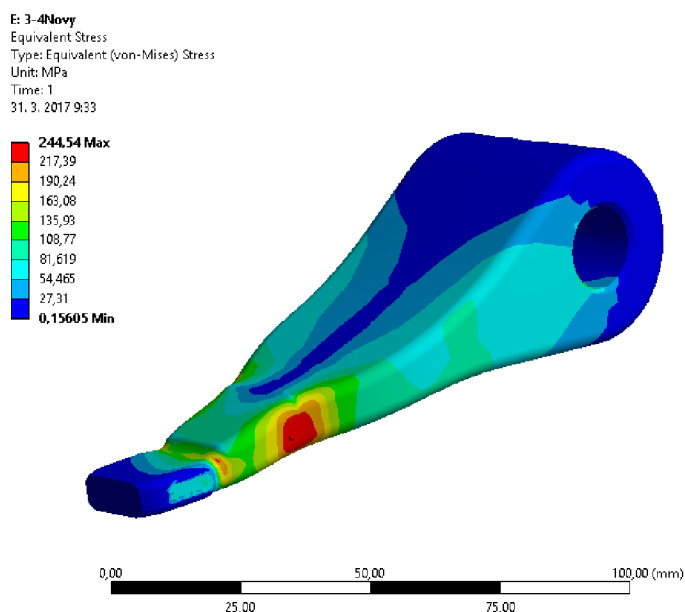
Obr. 40 Okrajové podmínky pro palec 3-4

Prvotní návrh:



Obr. 41 Redukované napětí prvotního návrhu palce 3-4

Konečný návrh:



Obr. 42 Redukované napětí konečného návrhu palce 3-4

Redukované napětí na řadicím palci pro rovinu 3 - 4 po prvotním návrhu dosahovalo hodnoty 281 MPa. Bezpečnost byla pouhých 1,74, tudíž nesplňovala zadaný požadavek. Poté došlo k několika úpravám ve formě zvětšení průřezu plochy v místech největšího redukovaného napětí a zjemnění přechodů. Konečné maximální redukované napětí vychází 245 MPa a výsledná bezpečnost překonala hranici 1,8 na konečných 2.

## 8 NÁVRH OSTATNÍCH PRVKŮ POSILOVAČE

### 8.1 VOLBA TĚSNĚNÍ PÍSTU

Z důvodů kanálů uvnitř válce bylo zapotřebí přizpůsobit těsnění pístu k tomuto užití. Konečnou volbou je pístní kroužek používaný u dvou – doboých motorů od firmy Buzuluk se zajišťovacím kolíkem proti pootočení.

Díky tomu, že ve válci dosahuje teplota oleje max. 80 °C, můžeme si dovolit zmenšit vůle v drážce pro pístní kroužek na pístu. Tím docílíme použití pouze jednoho kroužku, který i přes tlak 4 MPa zajistí těsnost mezi pístem a válcem.

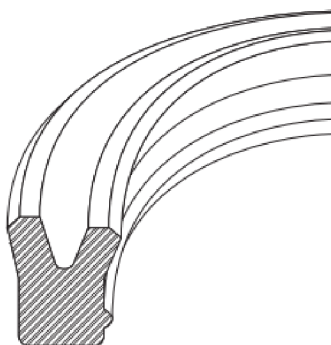
Zvolen pístní kroužek - Buzuluk 10 – 045 – 15 - 19 o rozměrech 48,7 x 1,85 x 3 mm.

### 8.2 VOLBA TĚSNĚNÍ PÍSTNICE

#### Těsnění mezi válcem a pístnicí:

Těsnění mezi válcem a pístnicí zvoleno S605 20 x 26 x 5,5 od firmy Hennlich.

Toto těsnění má schopnost odolávat teplotám v rozsahu od -40 °C do +100 °C s rychlostí pohybu pístnice až 0,5 m.s<sup>-1</sup> při maximálním tlaku 350 barů. [15]



Obr. 43 Profil těsnění S605 [15]

#### Těsnění mezi pístem a pístnicí:

Zvolen O-kroužek 14 x 2,5 od firmy Hennlich – stlačení O-kroužku 20% (Doporučené stlačení 9-24 %) [15]

Tento o-kroužek od firmy Hennlich je zvolen z důvodu, aby co nejvíce součástí pocházelo od co nejméně dodavatelů.

#### Těsnění mezi skříní palců a pístnicí:

Těsnění pístnice zvoleno S605 12 x 18 x 4,5 od firmy Hennlich.

Toto těsnění má schopnost odolávat teplotám v rozsahu od -40 °C do +100 °C s rychlostí pohybu pístnice až 0,5 m.s<sup>-1</sup> při maximálním tlaku 350 barů. [15]

### 8.3 VOLBA VODICÍCH PÁSŮ

Vodicí pásy jsou zvoleny od firmy Hennlich a to ze stejného důvodu jako o-kroužku, kterým je snížení počtu dodavatelů.

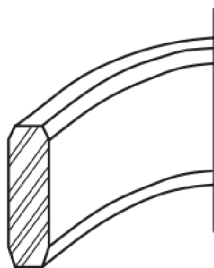
#### **Píst:**

Vodicí pásy pro píst zvoleny F87 5,6 x 2,5 od firmy Hennlich. [15]

#### **Pístnice:**

Vodicí pásy pro pístnice zvoleny F87 4 x 1,55 od firmy Hennlich. [15]

Vodicí pouzdra jsou bronzová, díky nim dosáhneme snížení tření mezi pístem a válcem potažmo pístnicí a přírubou válce.



*Obr. 44 Profil vodicího pásu F87[15]*

### 8.4 VOLBA ODMĚŘOVACÍHO SYSTÉMU

Pro snímání polohy pístu ve válci jsou zvoleny magnetické senzory od firmy IFM. Konkrétně typ MFH205, který je zvolen na doporučení dodavatele těchto senzorů po seznámení s požadavky na tyto senzory.

Senzory snímají krajní a neutrální pozici pístu. Jsou připojeny do řídicí jednotky, která dle signálu z jednotlivých senzorů vyhodnotí, zdali došlo ke správnému zařazení či nikoliv.

Senzor je do válce vešroubován, spínací vzdálenost tohoto snímače je 1,8 mm. Funguje na bázi spínače v provedení PNP (spínaná zátěž se připojuje mezi zápornou napájecí svorku a příslušný ovládací vývod). Ze snímače je vyveden PUR kabel.

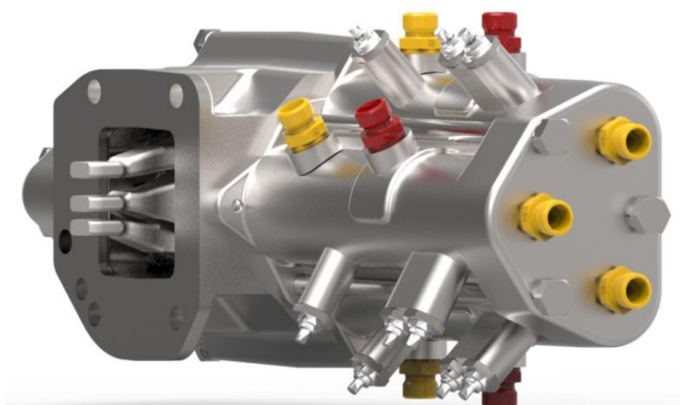


*Obr. 45 Snímač MFH205*

## 8.5 NÁVRH UMÍSTĚNÍ ČIDLA ZPÁTEČKY

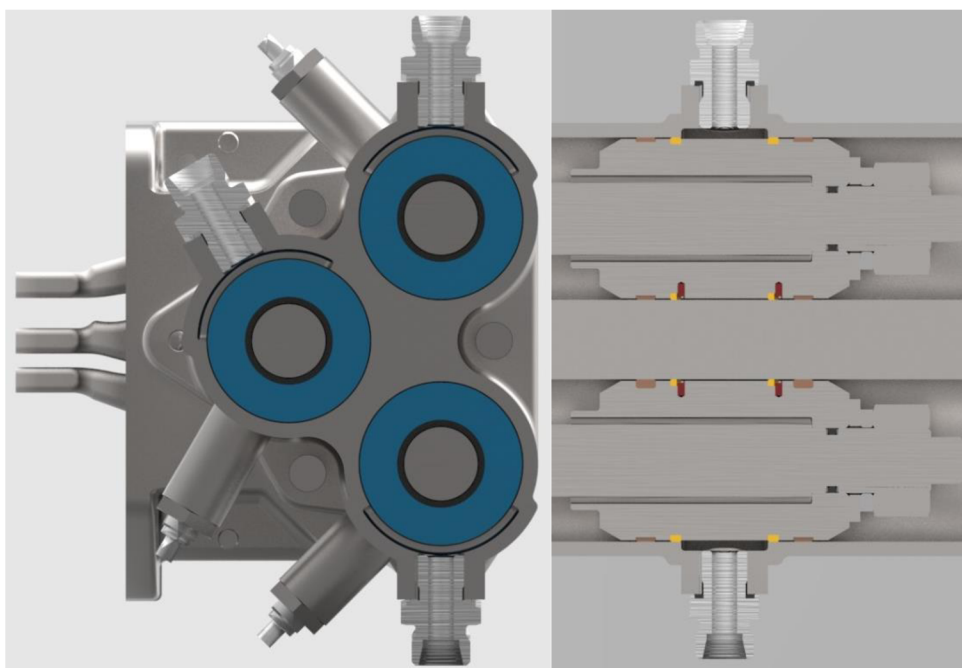
Čidlo zpátečky není nutné do tohoto posilovače umísťovat. Díky zabudování magnetických snímačů polohy pístu. Tyto snímače nejenom, že informují o správném zařazení, ale také udávají, který konkrétní převodový stupeň je zařazen, neboť jsou tyto snímače umístěny na každém válci a snímají tak pohyb pístu v každé řadicí rovině.

## 8.6 ŘEŠENÍ USTAVENÍ NEUTRÁLU



Obr. 46 Umístění vtokových a výtokových přípojek

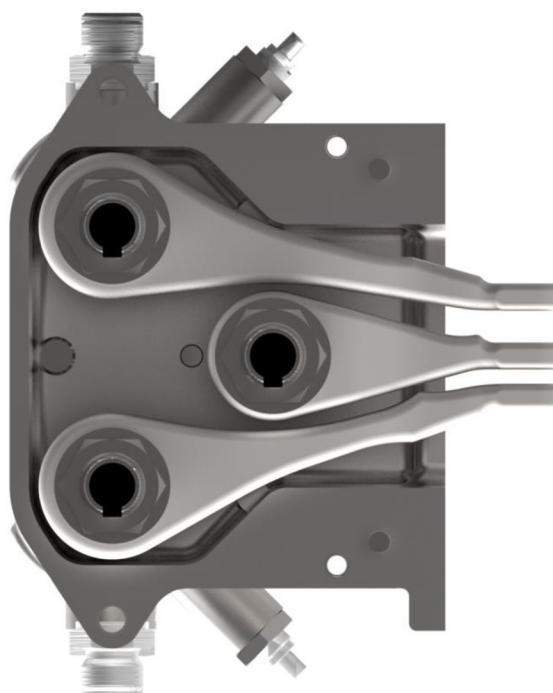
Ustavení neutrálu je založeno na principu nestlačitelnosti kapaliny. Při přesunu pístu z krajní polohy do neutrálu je kapalina vpouštěna přes přívod A nebo B (obr. 46, označeny žlutě), druhý z těchto přívodů je uzavřen. Kapalina je vypouštěna přes C (obr. 46, označen červeně), kde se nachází prohloubená kapsa (obr. 47, mezi přívodem a modrým pístem). Rozteč mezi těsnicími kroužky (obr. 48, označeny žlutě) je větší než šířka prohloubené kapsy. Jakmile se kapsa nachází mezi těsnicími kroužky, pohyb pístu je zastaven. Kapalina již nemůže s pístem dále pohybovat díky tomu, že je v druhé komoře uzavřena a je nestlačitelná.



Obr. 47 Pohled na výpustné kanály A

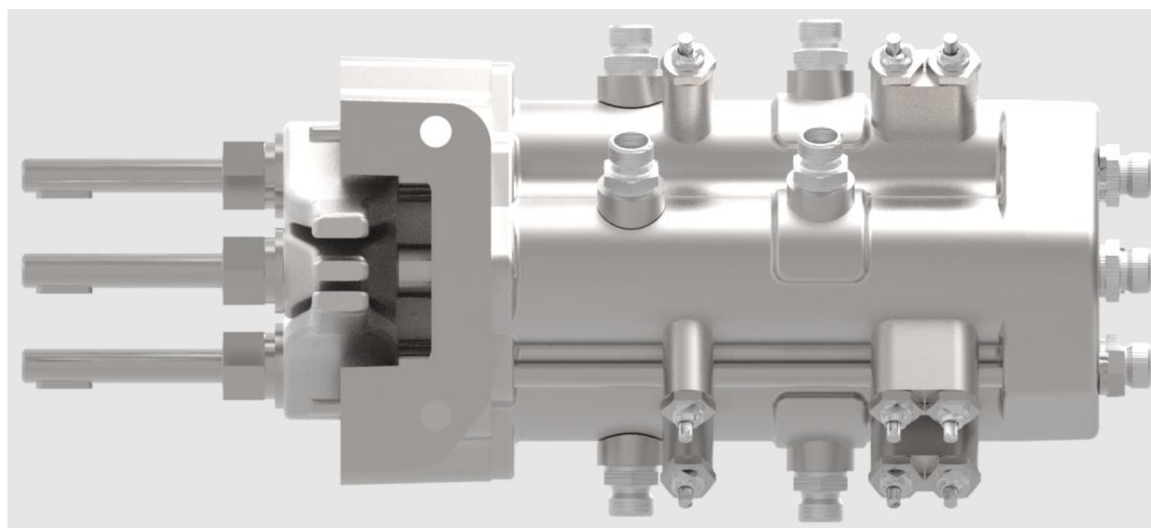
Obr. 48 Pohled na výpustné kanály B

## 8.7 VYŘEŠENÍ UMÍSTĚNÍ TŘÍ PALCŮ



*Obr. 49 Uspořádání řadicích palců ve skříni*

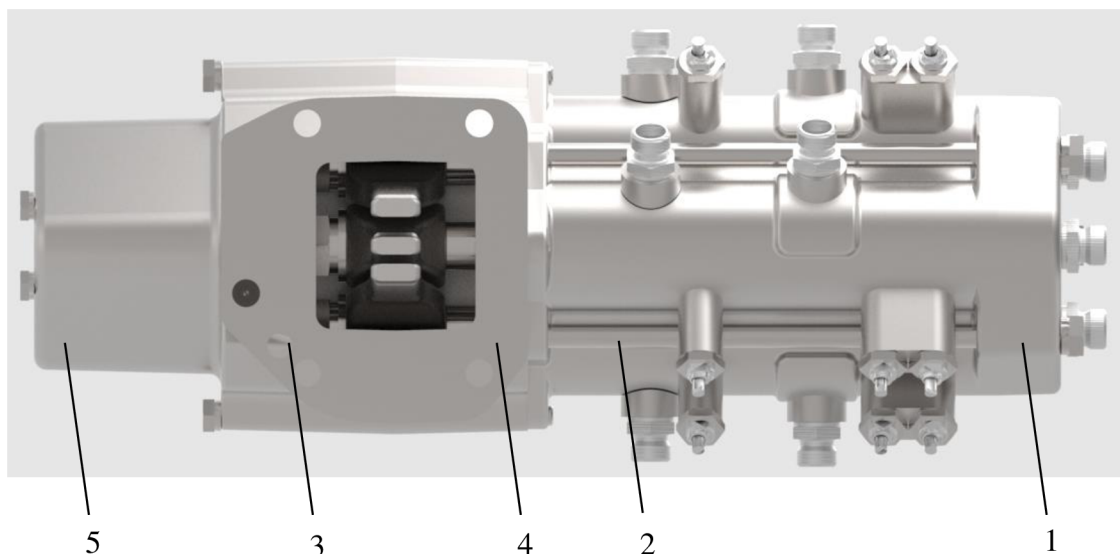
Umístění palců ve skříni palců je dáno celkovými zástavbovými rozměry posilovače. Řadicí palce jsou usazeny na pístnici a zajištěny proti axiálnímu posuvu maticí. Kvůli montáži palců byla skříň palců rozdělena na dvě části.



*Obr. 50 Uspořádání řadicích palců ve skříni*



## 8.8 ŘEŠENÍ NÁVRHU TĚLA POSILOVAČE



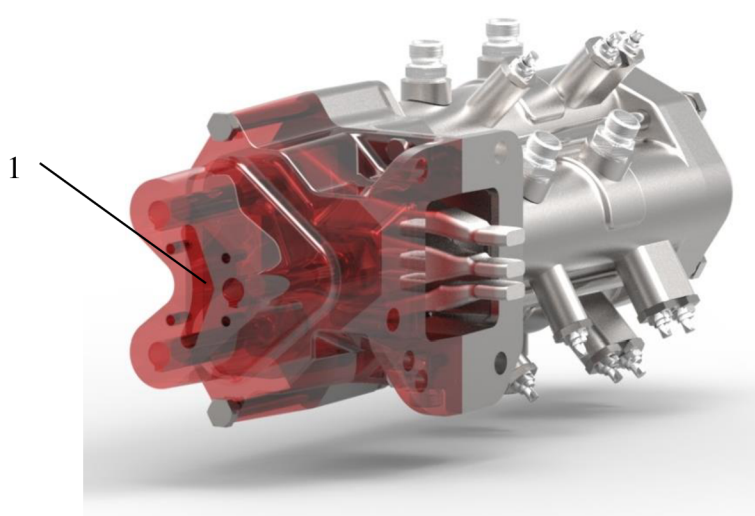
Obr. 51 Tělo posilovače

Tělo posilovače se skládá z pěti základních částí (víko válce (č. 1, obr. 51), válec (č. 2, obr. 51), levá a pravá skříň palců (č. 3 a č. 4, obr. 51) a víko pístnice (č. 5, obr. 51). Všechny části jsou společně sešroubovány a pomocí kolíků je zajištěna jejich přesná poloha.

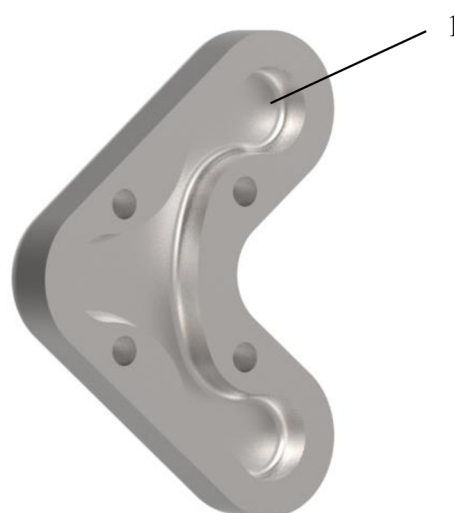
Všechny tyto součásti jsou odlitky. Na válec se následně dovaří vtokové příruby a příruby uchycující senzory pohybu pístu.

Mezi jednotlivé části včetně závitů a kolíků je nanášeno silikonové těsnění, tak aby nedocházelo k úniku oleje.

V levé skříni palců se nachází průchozí otvor (č. 1, obr. 52), další otvor (č. 1, obr. 53) se nachází ve víku pístnic. Tyto kanály mají zamezit tomu, aby pístnicím nebránil v pohybu stlačující se vzduch v místech mezi pístnicí a víkem pístnic.



Obr. 52 Pohled na kanál procházející přes skříň palců



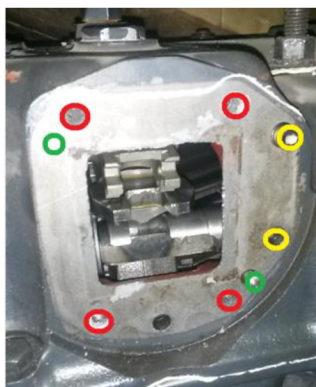
Obr. 53 Víko pístnic

## 8.9 NÁVRH VHODNÉHO OLEJE

Požadavek firmy Tatra Trucks je, aby byla hydraulická kapalina shodná s převodovým olejem. Jako pracovní médium je zadán olej typu 75W-90. Olej převodový 75W-90 se používá pro celoroční mazání synchronizovaných a nesynchronizovaných mechanických převodů s čelním, cylindrickým, spirálovým i hypoidním ozubením (převodovky, diferenciály apod.), včetně převodovek s omezeným skluzem a jako náplň hnaných os, pro které je olej o dané viskozitní a výkonnostní třídě předepsán. [25]

## 8.10 ŘEŠENÍ PŘIPOJENÍ POSILOVAČE K PŘEVODOVCE

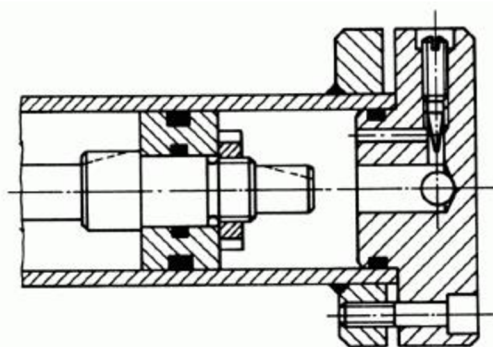
Připojení posilovače k převodovce bude řešené stejně jako u posilovače Norgren nebo mechanicko-pneumatického posilovače Tatra. Z důvodu nemožnosti zasahovat do skříně převodu. Tzn. pomocí čtyř šroubů (obr. 54, označeny červeně) a dvou aretačních kolíků (obr. 54, označeny zeleně), současně proti sobě musí lícovat díry (obr. 54, označeny žlutě), ve kterých se nachází pružinka a kulička pro aretaci řadicích vidliček.



Obr. 54 Horní viko převodovky

## 8.11 ZPOMALENÍ POHYBU PÍSTU V KRAJNÍCH POLOHÁCH

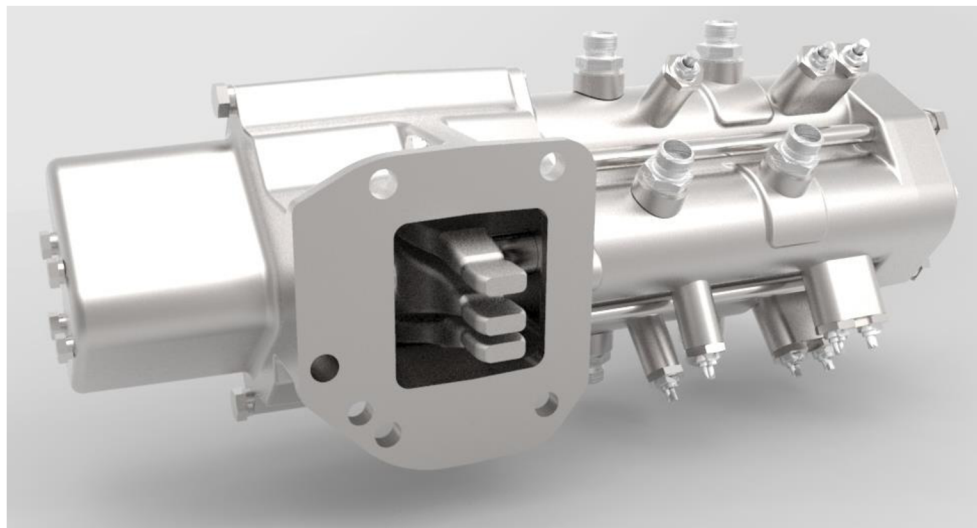
Hydromotory s přímočarým pohybem, které dosahují větší rychlosti pístu než  $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  jsou vybavovány jednostranným nebo oboustranným zpomalováním pohybu v koncových pozicích zdvihu. Zpomalení funguje na principu zvětšování odporu proti pohybu na výstupu kapaliny z posilovače. Píst musí zpomalit v krajní poloze tak, aby nedocházelo k narážení pístu na přírubu a tím se nesnižovala životnost hydromotoru. [14]



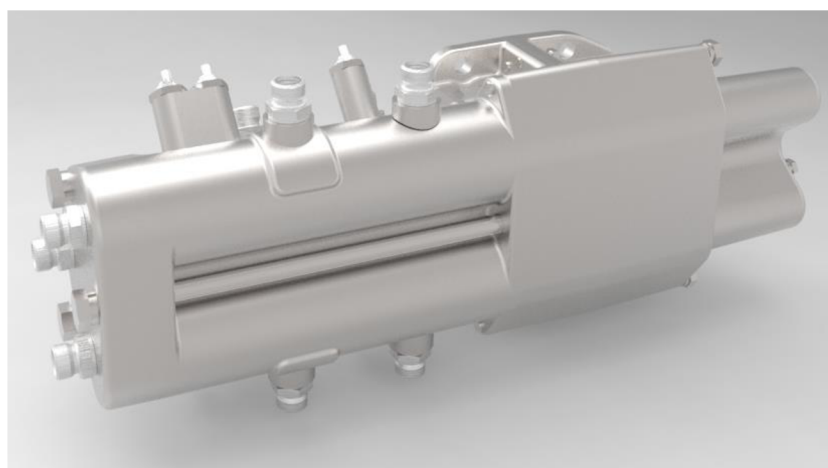
Obr. 55 Schéma tlumení krajní polohy [14]

## 8.12 CELKOVÝ POHLED NA POSILOVAČ

Celkově se posilovač skládá ze 136 částí. Z toho 31 součástí bude vyráběno v Tatra Trucks, zbylých 105 součástí bude řešeno externí dodávkou.



*Obr. 56 Čelní pohled na posilovač řazení*



*Obr. 57 Zadní pohled na posilovač řazení*

### 8.13 VOLBA HYDRAULICKÉHO POTRUBÍ

Pro dopravu hydraulického oleje je zvolena tlaková hydraulická hadice vhodná pro přepravu topných a dieselových olejů při tlaku 40 bar – TU 40 od dodavatele Gumex, Strážnice. Maximální povolený tlak uvnitř gumové hadice je 160 bar. [27]

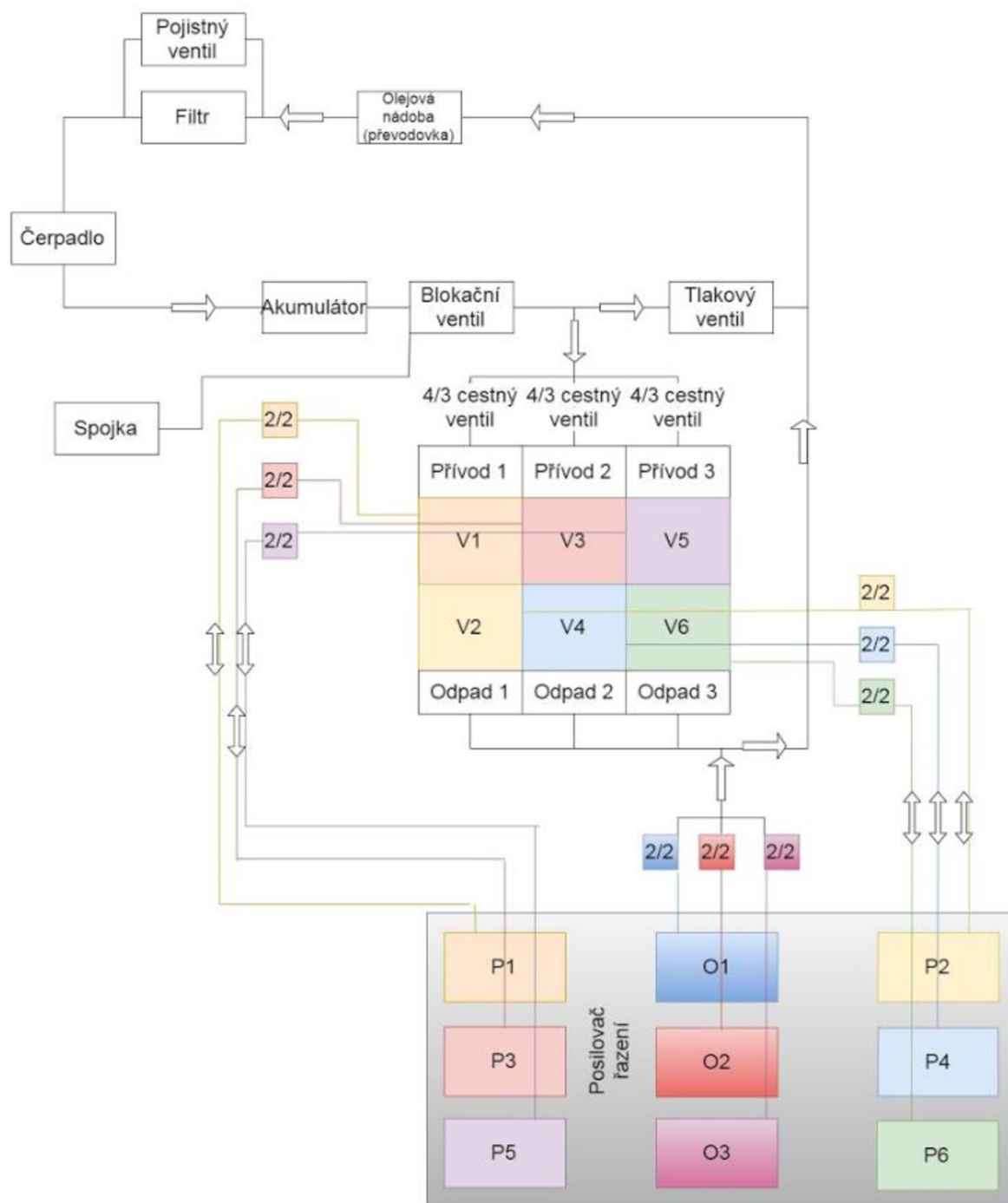
### 8.14 VOLBA HYDRAULICKÉHO AKUMULÁTORU

Akumulátor se nachází mezi čerpadlem a blokačním ventilem. Slouží pro možnost zařazení v případě poruchy na hydraulickém okruhu (např. v případě poruchy na čerpadle). Další výhodou tohoto akumulátoru je, že tlumí tlakové pulzace v kapalině způsobené čerpadlem. [14]

Pro hydraulický okruh posilovače řazení je zvolen membránový akumulátor ELM ACCU 1-210/85/AF. Akumulátor má objem 1 litr, což umožňuje až 5x bezpečně zařadit i v případě poruchy na hydraulickém okruhu. [28]

### 8.15 NÁVRH HYDRAULICKÉHO OKRUHU

Na obr. 58 lze vidět schematické zapojení hydraulického okruhu posilovače řazení. Okruh se skládá z několika prvků, od hydraulického potrubí až po elektromagnetické více - cestné ventily. 4/3 a 2/2 ventily jsou zapojeny sériově a ovládány od řídicí jednotky. Zapojeny jsou sériově z důvodu možnosti ovládat posilovač, tak jak potřebujeme. 4/3 ventil má tři polohy – uzavřeno (kapalina neproudí žádnou cestou), kapalina proudí před píst nebo za píst. S tímto ovládáním by ovšem nešlo dosáhnout pozice neutrálu, právě proto byly sériově zapojeny 2/2 ventily jenž můžou některou z cest (před nebo za píst uzavřít) a kapalina tak může odtékat prostředním výtokem, který je také ovládán 2/2 ventilem.



Obr. 58 Schéma hydraulického zapojení posilovače řízení

## 9 CENOVÁ KALKULACE

Zda se posilovač dostane do výroby, ovlivňuje mnoho faktorů, jedním z nejdůležitějších je výrobní cena. Tato cenová kalkulace byla vypočtena dle základních odhadů technologa a ceníkových cen dílů. Je zde velká pravděpodobnost, že v případě většího odběru dílů budou konečné ceny mnohem nižší.

Tab. 8 Cenová kalkulace obrábění

Obrábění			
	Počet kusů	Cena za jeden kus [Kč]	Cena celková [Kč]
Píst	3	80	240
Pístnice	3	300	900
Válec	1	400	400
Řadící palce	3	30	90
Celkové obrobení	1	500	500

Tab. 9 Cenová kalkulace svařování

Svařování			
	Počet kusů	Cena za jeden kus [Kč]	Cena celková [Kč]
Celkové	-	250	250

Tab. 10 Cenová kalkulace materiálu

Materiál			
	Počet kusů	Cena za jeden kus [Kč]	Cena celková [Kč]
Píst	3	30	90
Pístnice	3	100	300
Odlitky	-	1300	1300
Výkovky	3	400	1200

Tab. 11 Cenová kalkulace nakupovaných dílů

Nakupované díly			
	Počet kusů	Cena za jeden kus [Kč]	Cena celková [Kč]
Potrubi	15	65	975
Blokační ventil	1	800	800
Akumulátor	1	2000	2000
Snímače polohy	9	1500	13500
Řídící jednotka	1	3000	3000
Elektro-ventily 2/2	9	300	2700
Elektro-ventily 4/3	2	1800	3600
Spojovací materiál	-	300	300

Celková cena 31905 Kč.

## ZÁVĚR

Cílem diplomové práce byl konstrukční návrh hydraulického posilovače řazení nákladního vozidla Tatra pro převodovku Tatra 14TS210L. Úvod práce se zabývá současným přehledem posilovačů řazení u nákladních vozidel Tatra a také u konkurenčních vozidel. Dle tohoto porovnání vyplynulo, že konkurenční značky používají pouze pneumatické posilovače a potřebují pro řazení menší sílu přibližně o 30 %, díky čemuž mohou používat celkově menší a lehčí posilovače.

V další části se práce věnuje samotnému konstrukčnímu řešení, kde bylo zapotřebí splnit všechny vstupní podmínky, které byly zadány firmou Tatra Trucks a. s., jako např. zástavbové rozměry, využití tří řadicích palců nebo použít jako pracovní médium převodový olej 75W – 90.

Počátek tvorby byl předběžný návrh pístu společně s pístnicí, od kterých se odvíjely další rozměry posilovače. Píst se od prvního návrhu příliš nezměnil, naopak pístnice se měnila neustále s postupným pokrokem na práci. Přibývaly závit, osazení, měnily se průměry a také délky.

Následně byly navrženy řadicí palce. Každý z těchto palců má jiný tvar, neboť mají jinou zástavbu uvnitř převodovky. Palce jsou výkovky, které jsou následně obrobeny. Po prvotním návrhu byly palce upraveny, neboť nesplňovaly požadovanou bezpečnost po MKP výpočtu v programu ANSYS Workbench.

Další MKP výpočet v softwaru ANSYS Workbench byla vytvořena pevnostní analýza pístnic, kvůli hrozícímu vzpěru a ohybovému napětí. Vzpěr byl nejprve vypočten pomocí analytického přístupu, kde vyšlo, že vzpěr nehrozí a je možné počítat pístnici pouze na tlak. Podobné napětí vyšlo i z MKP Workbenche čímž byly analytické výsledky utvrzeny.

Po návrhu pístů, pístnic a palců následoval návrh těla posilovače, který se skládá z 5 odlitků. S návrhem těla posilovače souvisely též přípojky pro hydraulický olej, umístění snímačů polohy pístů, veškeré těsnění a zajištění polohy palců proti pootočení.

Posilovač se celkově skládá ze 136 součástí. Z toho tvoří větší část součástky, které budou dodávány externě. Zbývající budou vyráběny ve firmě Tatra Trucks a. s. nebo v jejich dceřiných firmách.

Celkové náklady na tento posilovač jsou přibližně odhadnuty na 32000 Kč, ovšem všechny ceny dodávaných dílů jsou brány dle ceníkových hodnot. Tudíž při větším odběru součástí by mohla cena posilovače ještě výrazně klesnout a tím napomoci posilovači dostat se do sériové výroby.

## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] CAS 20 - TATRA 815 4x4 - JSDH Lysá nad Labem. *Rajce.net* [online]. ©2007 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: [http://ohnik.rajce.idnes.cz/CAS\\_20 - TATRA 815 4x4 - JSDH Lysa nad Labem/](http://ohnik.rajce.idnes.cz/CAS_20_-_TATRA_815_4x4_-_JSDH_Lysa_nad_Labem/)
- [2] T-137, 138, 148. *TRUCK-FORUM.cz* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.liaz.cz/forum/viewtopic.php?p=395634&sid=2067b4f004766fb1204b0cfea28be586>
- [3] *TATRA VÁS DOSTANE DÁL* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: [www.tatra.cz](http://www.tatra.cz)
- [4] Tatra Truck 815-7. *KeywordsKing* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.keywordsking.com/dGF0cmEgdHJ1Y2sgODE1LTc/>
- [5] TATRA transmissions. *Tatratrucks.com* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.tatratrucks.com/why-tatra/tatra-vehicle-design/tatra-transmissions/>
- [6] Dílenská příručka nákladních automobilů TATRA 815. Tatra: kombinat, 1989.
- [7] Převodovka. *Tatra.webz* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://tatra.webz.cz/prevodovka.htm>
- [8] PRODEJNÍ KATALOG HUTNÍHO MATERIÁLU: Hydraulics. Dolní Lhota u Luhačovic: 2011.
- [9] Školící manuál 14TS210N. Kopřivnice, 2011.
- [10] ZF Ecolite, Ecomid, Ecosplit. Jihlava, 2010.
- [11] *Časy řazení*. Kopřivnice, 2016.
- [12] MUCHA, Martin. *Jakostní litiny používané pro automobilový průmysl* [online]. Ostrava, 2011 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: [https://www.fmfi.vsb.cz/export/sites/fmfi/akreditace/cs/prodlouzeni-materialy-a-technologie-pro-automobilovy-prumysl/Jakostni-litiny-pouzivane-pro-automobilovy-prumysl/Bc\\_prace.pdf](https://www.fmfi.vsb.cz/export/sites/fmfi/akreditace/cs/prodlouzeni-materialy-a-technologie-pro-automobilovy-prumysl/Jakostni-litiny-pouzivane-pro-automobilovy-prumysl/Bc_prace.pdf)
- [13] Millers Oils EE Transmission 75W-90. *Převodové oleje* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://www.znackoveoleje.cz/Millers-Oils-EE-Transmission-75W-90-11-d1862.htm>
- [14] ŠKOPÁN, Miroslav. *Hydraulické pohony strojů* [Sylabus]. VUT Brno. Brno, 2004 [cit. 2017-05-18].
- [15] *HENNLICH* [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <https://www.hennlich.cz/>
- [16] Přehled vlastností oceli 18CrNiMo7-6. *Bolzano* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.bolzano.cz/cz/technicka-podpora/technicka-prirucka/tycove-oceli-uhlikove-konstrukcni-a-legovane/oceli-k-cementovani-podle-en-10084/prehled-vlastnosti-oceli-18crnimo7-6>



- [17] Široký sortiment strojních součástí na jedné adrese za skvělé ceny. *ARKOV* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://zbozi.arkov.cz/>
- [18] RUDOLF, B.; KOPECKÝ, M.: *Tvářecí stroje: Základy výpočtů a konstrukce*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979. 408 s
- [19] *Mechanika II: Výukový manuál* [online]. Opava, 2009 [cit. 2016-02-18]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/303572-Ing-vitezslav-dolezi-ing-dusan-galis.html>
- [20] PHEM2 10LM. *KNOMI s.r.o.* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://shop.knomi.cz/x1185/phem2-10lm>
- [21] Základní informace. *AGROTRON 6 TTV - 6155 - 6215 | GARNEA a.s.* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.garnea-as.cz/deutz-fahr/traktory/kolove-traktory/agrotron-6-ttv-6155-6215>
- [22] Scania. *CablePrice - Scania Opticruise* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://www.cableprice.co.nz/Scania/Buses-and-Coaches/Safety-and-technology/Transmission-technology/scania-opticruise.aspx>
- [23] *Scania Media Provider* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: [https://media.scania.com/fotoweb/Grid.fwx?position=9&archiveId=5112&columns=4&rows=2&sorting=ModifiedTimeAsc&search=\(IPTC020%20contains\(Components%20and%20Powertrain%20and%20Gearbox%20\)\)](https://media.scania.com/fotoweb/Grid.fwx?position=9&archiveId=5112&columns=4&rows=2&sorting=ModifiedTimeAsc&search=(IPTC020%20contains(Components%20and%20Powertrain%20and%20Gearbox%20)))
- [24] SCHONNING, Johan a Sebastian ZAMANI. *Modeling and Control of Opticruise - a Pneumatic Force Actuator*. Stockholm, 2007. Masters' Degree Project.
- [25] Specifikace převodových olejů. *Petroleum.cz* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.petroleum.cz/vyrobky/oleje-prevodove-specifikace.aspx>
- [26] Carbon steel. *17CrNiMo6* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.steelss.com/carbon-steel/17CRNIMO6.HTML>
- [27] TU 40 - SACÍ A VÝTLAČNÁ HADICE PRO OLEJE. *GUMEX, spol. s r.o.* [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <https://www.gumex.cz/tu-40-saci-a-vytlacna-hadice-pro-oleje-13754.html>
- [28] Membránový akumulátor ELM ACCU 1-210/85/AF. *KOVAZ s.r.o.* [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <https://www.kovaz.cz/membranovy-akumulator-elm-accu-1-210-85-af-10984701125-639848/>
- [29] *Naše traktory* [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.nasetraktory.eu/forum/>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

$\mu$	[-]	Poissonovo číslo
$D_P$	[mm]	Průměr pístu
$d_{pce}$	[mm]	Průměr pístnice
$d_{pot}$	[mm]	Průměr potrubí
$d_{ZF}$	[mm]	Průměr pístu ZF
$E$	[GPa]	Modul pružnosti
$F_{skt}$	[N]	Skutečná řadicí síla
$j$	[mm]	Poloměr setrvačnosti pro kruhový průřez
$k$	[-]	Koef. bezpečnosti k mezi kluzu
$l_O$	[mm]	Max. délka pístní tyče namáhaná na vzpěr
$l_p$	[mm]	Chod pístu
$p$	[MPa]	Tlak ve válci
$p_{ZF}$	[MPa]	Tlak v posilovači ZF
$Q$	[l.s <sup>-1</sup> ]	Průtok oleje
$Re$	[MPa]	Reynoldsovo číslo
$Re_{pce}$	[MPa]	Mez kluzu pístnice
$Re_{šl}$	[MPa]	Mez kluzu šedé litiny
$R_m$	[MPa]	Mez pevnosti 18CrNiMo7-6HH
$R_{p0,2}$	[MPa]	Mez kluzu 18CrNiMo7-6HH
$S_P$	[mm <sup>2</sup> ]	Plocha pístu
$S_{pce}$	[mm <sup>2</sup> ]	Plocha pístnice
$S_{pmin}$	[mm <sup>2</sup> ]	Minimální plocha pístu
$S_{ps}$	[mm <sup>2</sup> ]	Skutečná plocha pístu
$S_{ZF}$	[mm <sup>2</sup> ]	Plocha pístu ZF
$t$	[mm]	Max. rychlost změny převodového stupně

$t_{\min}$	[mm]	Minimální tloušťka stěny válce
$v_{\text{pot}}$	[m.s <sup>-1</sup> ]	Rychlost kapaliny v potrubí
$\vartheta$	[mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> ]	Viskozita oleje 75W – 90
$\lambda$	[-]	Štíhlost pístnice
$\lambda_D$	[-]	Štíhlost
$\sigma_D$	[MPa]	Dovolené napětí
$\sigma_{D\text{šl}}$	[MPa]	Dovolené napětí šedé litiny
$\sigma_{D\text{vz}}$	[MPa]	Napětí od vzpěru

## SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1: Výrobní výkres VALEC (č. výkresu – 001)
- Příloha 2: Výrobní výkres VIKO PISTNIC (č. výkresu – 002)
- Příloha 3: Výrobní výkres VIKO VALCE (č. výkresu – 003)
- Příloha 4: Výrobní výkres SKRIN PALCU PRAVA (č. výkresu – 004)
- Příloha 5: Výrobní výkres SKRIN PALCU LEVA (č. výkresu – 005)
- Příloha 6: Výrobní výkres PISTINICE (č. výkresu – 006)
- Příloha 7: Výkres sestavení VALEC UPLNY (č. výkresu – 007)
- Příloha 8: Výkres sestavení OPRACOVANY POSILOVAC (č. výkresu – 008)
- Příloha 9: Výkres sestavení SESTAVA POSILOVAC (č. výkresu – 009)
- Příloha 10: Konstrukční kusovník VALEC UPLNY (č. výkresu – 007)
- Příloha 11: Konstrukční kusovník POSILOVAC OPRACOVANY (č. výkresu – 008)
- Příloha 12: Konstrukční kusovník SESTAVA POSILOVAC (č. výkresu – 009)