

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2302T013 Stavba výrobních strojů a zařízení

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh nové struktury stojanů čtyřválcových kalandrů pro oboustranné
pogumování kordů

Autor: **Bc. Tomáš WARNICKI**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Jan HLAVÁČ, Ph.D.**

Akademický rok 2015/2016

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Tomáš WARNICKI**
Osobní číslo: **S14N0041K**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Stavba výrobních strojů a zařízení**
Název tématu: **Návrh nové struktury stojanů čtyřválcových kalandrů pro
oboustranné pogumování kordů**
Zadávatel katedra: **Katedra konstruování strojů**

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

Základní požadavky:

V úvodu práce bude provedena rešerše na téma kalandry a pogumování kordů. V práci budou vypracovány varianty řešení konstrukce čtyřválcových kalandrů. Pro vybranou variantu bude zpracováno konstrukční řešení včetně jeho ověření. Na závěr práce bude vypracována výkresová dokumentace vybraných dílů.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova diplomové práce:

1. Provedení rešerše na téma kalandry a pogumování kordů
2. Návrh konstrukčních variant
3. Konstrukční návrh zvoleného řešení
4. Vypracování zadané výkresové dokumentace

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **50-70 stran A4**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

KOVÁČ, A., JENKUT, M. *Tvárníacie stroje*. Bratislava: Vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, 1978

KAMELANDER, I. *Tvářecí stroje I*. Brno: VUT, 1989

STANĚK, J. *Základy stavby výrobních strojů - Tvářecí stroje*. Plzeň: ZČU v Plzni, 2001

RUDOLF, B., KOPECKÝ, M. *Tvářecí stroje*. Praha: SNTL, 1985

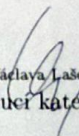
Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Jan Hlaváč, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant diplomové práce: **Ing. Milan Círek, Ph.D.**
Buzuluk Komárov

Datum zadání diplomové práce: **21. září 2015**
Termín odevzdání diplomové práce: **20. května 2016**


Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 21. září 2015

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:.....

.....

podpis autora

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval všem, kteří mi pomáhali cennými připomínkami při zpracování diplomové práce. Zvláštní poděkování patří především vedoucímu práce panu Doc. Ing. Janu Hlaváčovi Ph.D. za vstřícné konzultace a přínosné připomínky. Panu Ing. Milanu Církovi Ph.D. z firmy Buzuluk, a.s. děkuji za odborné rady a technické podmínky, které mě směřovaly k věcné tvorbě této práce.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Warnicki	Jméno Tomáš	
STUDIJNÍ OBOR	23-35-8 „Stavba výrobních strojů a zařízení“		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. HLAVÁČ, Ph.D.	Jméno Jan	
PRACOVÍŠTĚ	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Návrh nové struktury stojanů čtyřválcových kalandrů pro oboustranné pogumování kordů		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2016
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	83	TEXTOVÁ ČÁST	61	GRAFICKÁ ČÁST	22
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

STRUČNÝ POPIS ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Je provedena rešerše na téma kalandry a gumárenské stroje. V práci jsou vypracovány varianty řešení konstrukce čtyřválcových kalandrů. Pro vybranou variantu je zpracováno konstrukční řešení včetně jeho ověření. Je vypracována výkresová dokumentace sestavy.
KLÍČOVÁ SLOVA	MKP, Kalandr, Pryž, Kaučuk, Guma, Válce, Válcování, Stojan, Výrobní stroje, Metoda konečných prvků, FEM analýza, NX 10

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Warnicki	Name Tomáš		
FIELD OF STUDY	23-35-8 "Transport and handling machinery"			
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. HLAVÁČ, Ph.D.	Name Jan		
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS			
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable	
TITLE OF THE WORK	Development of new frame of four roll calender for both side cord rubberizing			

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2016
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	83	TEXT PART	61	GRAPHICAL PART	22
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	It performed research on the topic calenders and rubber industries. The work developed four-cylinder variants of solution design calenders. For the selected option is elaborated design solution, including its verification. It developed drawings of assembly.
KEY WORDS	FEM, Calender, Rubber, Rollers, Rolling, Rack, Manufacturing machines, Finite Element Method, FEM analysis, NX 10, India rubber

Obsah

Úvod.....	13
1 Historie gumárenského průmyslu	14
1.1 Předindustriální doba.....	14
1.2 Industriální doba.....	14
1.3 Moderní doba.....	15
2 Gumárenský průmysl.....	16
2.1 Typické produkty a jejich rozdělení	16
2.1.1 Pneumatiky.....	16
2.1.2 Dopravníkové pásy.....	17
2.1.3 Klínové řemeny	18
2.1.4 Hadice.....	18
2.1.5 Těsniva	19
2.1.6 Pogumované výrobky.....	19
2.2 Používané hmoty a jejich rozdělení.....	20
2.2.1 Přírodní kaučuk	20
2.2.2 Syntetický kaučuk	21
2.3 Používané stroje a jejich rozdělení	24
2.3.1 Stroje na přípravu přísad do kaučukových směsí.....	24
2.3.2 Hnětací a míchací stroje	24
2.3.3 Natírací a máčecí stroje	25
2.3.4 Šnekové vytlačovací stroje.....	25
2.3.5 Stroje na výrobu hadic.....	26
2.3.6 Sekací a řezací stroje	26
2.3.7 Mlýny na pryž	27
2.3.8 Konfekční stroje	27
2.3.9 Lisy.....	28
2.3.10 Válcovací stroje – kalandry.....	28
3 Trh s výrobcí válcovacích strojů.....	30
3.1 Obecný pohled na trh.....	30
3.2 Současný stav trhu	31
3.3 Úvaha o budoucím vývoji.....	32
3.4 Přehled jednotlivých výrobců.....	33
4 Představení společnosti Buzuluk	35
4.1 Identifikace společnosti	35

4.2	Historie společnosti	35
4.3	Portfolio společnosti	36
5	Popis řešeného problému	37
5.1	Představení požadavku společnosti	37
5.2	Rozbor problematiky	37
5.3	Určení cílů	38
6	Průzkum starého designu	39
6.1	Popis sestavy.....	39
6.2	Popis designu stojanu	40
7	Variantní řešení a výběr varianty	43
7.1	Představení jednotlivých variant	43
7.1.1	Varianta 1 – blokový svařovaný stojan	43
7.1.2	Varianta 2 – plechový svařovaný stojan s kapkovým designem.....	43
7.1.3	Varianta 3 – plechový svařovaný stojan s kapkovým designem.....	45
7.1.4	Varianta 4 – plechový svařovaný stojan s designem široké desky	46
7.2	MKP analýza – příprava výpočtů	47
7.2.1	Použité okrajové podmínky a zatěžující síly	48
7.2.2	Nastavení výpočetního softwaru	51
7.3	MKP analýza – vyhodnocení výpočtů	55
7.3.1	Analýza původního stojanu	55
7.3.2	Analýza varianty 1 (blokový svařovaný stojan).....	56
7.3.3	Analýza varianty 2 (plechový svařovaný stojan s kapkovým designem)	57
7.3.4	Analýza varianty 3 (plechový svařovaný stojan s kapkovým designem)	58
7.3.5	Analýza varianty 4 (plechový svařovaný stojan s designem široké desky)	59
7.4	Porovnání variant a výběr nejvhodnější varianty	60
8	Finanční náklady vybrané varianty	64
	Závěr.....	65
	Seznam literatury a informačních zdrojů	66

Seznam obrázků

Obr. 1 - Kaučukový míč [3]	14
Obr. 2 - Chemické závody společnosti BASF [5]	15
Obr. 3 – Pneumatika [6]	16
Obr. 4 - Řez radiální pneumatikou [7]	17
Obr. 5 - Řez dopravním pásem [9]	18
Obr. 6 - Řez klínovým řemenem [10]	18
Obr. 7 - Řez hadicí [11]	18
Obr. 8 - "O" kroužky [12]	19
Obr. 9 - Profilová manžeta [12]	19
Obr. 10 - Pogumované válce [13]	20
Obr. 11 - Graf globální produkce přírodního kaučuku [14]	20
Obr. 12 - Polyisopren (přírodní kaučuk) [8]	21
Obr. 13 - Butadien-styrenový kaučuk [8]	21
Obr. 14 - Butadienový kaučuk [8]	21
Obr. 15 - Isoprenový kaučuk [8]	22
Obr. 16 - Etylen-propylenový kaučuk [8]	22
Obr. 17 - Chloroprenový kaučuk [8]	22
Obr. 18 - Butadien-akrylonitrilový kaučuk [8]	22
Obr. 19 - Butylkaučuk [8]	23
Obr. 20 - Strukturní vzorec Polyethylenu	23
Obr. 21 - Odstředivý prosévací stroj [15]	24
Obr. 22 - Horizontální hnětač s 2 hnětadly ve tvaru "Z" [16]	24
Obr. 23 - Máčecí vana MVL 3B [17]	25
Obr. 24 - Vytlačovací stroj [18]	25
Obr. 25 - Lis pro výrobu tlakových hadic [19]	26
Obr. 26 - Strojní nůžky [20]	26
Obr. 27 - Mlýn velkého výkonu na pryž (řada G80) [21]	27
Obr. 28 - Konfekční stroje spojují běhoun, kord a patní výztuhu [22]	27
Obr. 29 - Mechanický lis na pláště [23]	28
Obr. 30 – Rozdělení a uspořádání válců [24]	29
Obr. 31 - Schéma rotujících válců	29

Obr. 32 - Graf struktury společností vyrábějící gumárenské stroje v závislosti na počtu zaměstnanců a prodejích [25].....	30
Obr. 33 - Graf rozložení produkční segmentu [25].....	31
Obr. 34 - Graf vývoje trhu s gumárenskými a plastařskými stroji [26]	32
Obr. 35 - Předpokládaný vývoj recese [27].....	33
Obr. 36 - Logo společnosti Buzuluk	35
Obr. 37 - Společnost Buzuluk z ptáčích perspektiv [28]	35
Obr. 38 - Čtyř válcový kalandr BUZULUK	37
Obr. 39 - Částečně opracovaný odlitek stojanu.....	38
Obr. 40 - Proporce stojanu	39
Obr. 41 - Sestava stojanu válcovacího kalandru	39
Obr. 42 - Spojení nohy a hlavního těla stojanu	40
Obr. 43 - Detail pohledu na otvory pro šroubová spojení	40
Obr. 44 - Detail spojení konzoly s hlavním tělem stojanu	41
Obr. 45 - Detail uchycení konzoly na stojanu (hlavní tělo stojanu).....	41
Obr. 46 - Řez stojanem.....	42
Obr. 47 - Blokovaný montovaný stojan	43
Obr. 48 - Detail obvodových plechů	44
Obr. 49 - Detail pinu	44
Obr. 50 - Blokovaný svařovaný stojan.....	45
Obr. 51 - Detail uchycení konzolky	45
Obr. 52 - Svařované plechy s neděleným designem	46
Obr. 53 - Detail obvodových plechů	46
Obr. 54 - Svařované plechy s optimalizovaným tvarem	47
Obr. 55 - Kontextová tabulka nastavení/výběr simulace	47
Obr. 56 - Spojovací prut mezi naklápěcím zařízením a konzolkou	48
Obr. 57 - Hydraulický válec mezi naklápěcím zařízením a konzolkou	48
Obr. 58 - Síly vyvozené hydraulickými válci a působící na konzolky	49
Obr. 59 - Umístění pouzdra bez přímého zatížení silou.....	49
Obr. 60 - Síly vyvozené hydraulickými válci a působícími na ložisková pouzdra a rám	50
Obr. 61 - Síly vyvozené hydraulickými válci a působícími na vymežovací kameny a rám	50
Obr. 62 - Stupně volnosti na styčných plochách.....	51
Obr. 63 - Detail umístění vymežovacího kamene	51

Obr. 64 - Ukázka "couplingu" mezi prvky.....	52
Obr. 65 - Detail sítě.....	52
Obr. 66 - Kontextová nabídka tvorby sítě.....	53
Obr. 67 - Nastavení kontaktních vazeb.....	53
Obr. 68 - Zasíťování sestavy kalandru.....	54
Obr. 69 - Dodatečně uvažované prvky.....	54
Obr. 70 - Analýza posuvu původního stojanu (horní levý - posunutí v x; horní pravý - posunutí v y; spodní - posunutí v z).....	55
Obr. 71 - Analýza napětí původního stojanu.....	56
Obr. 72 - Analýza posunutí blokového montovaného stojanu (horní levý - posunutí v x; horní pravý - posunutí v y; spodní - posunutí v z).....	56
Obr. 73 - Analýza napětí blokového montovaného stojanu.....	57
Obr. 74 - Analýza posunutí blokového svařovaného stojanu (horní levý - posunutí v x; horní pravý - posunutí v y; spodní - posunutí v z).....	57
Obr. 75 - Analýza napětí blokového svařovaného stojanu.....	58
Obr. 76 - Analýza posunutí stojanu se svařovanými plechy a neděleným designem (horní levý - posunutí v x; horní pravý - posunutí v y; spodní - posunutí v z).....	58
Obr. 77 - Analýza napětí stojanu se svařovanými plechy a neděleným designem.....	59
Obr. 78 - Analýza posunutí stojanu se svařovanými plechy a optimalizovaným tvarem (horní levý - posunutí v x; horní pravý - posunutí v y; spodní - posunutí v z).....	59
Obr. 79 - Analýza napětí stojanu se svařovanými plechy a optimalizovaným tvarem.....	60
Obr. 80 - Hlavní rozměry stojanu.....	60
Obr. 81 - Odměřované plochy.....	61

Seznam tabulek

Tab. 1 - Porovnání základních parametrů.....	61
Tab. 2 - Hodnoty posuvů v měřených místech.....	62
Tab. 3 - Rozdíl vzdáleností mezi A-C.....	62
Tab. 4 - Rozdíl vzdáleností mezi A-B.....	62
Tab. 5 - Rozdíl vzdáleností B-C.....	62
Tab. 6 - Průměrné napětí plochy stojanu/bočnice.....	63
Tab. 7 - Vyhodnocení jednotlivých variant.....	63

Seznam příloh

Příloha č. 1. – Průběhy napětí ve stěnách stojanu u jednotlivých variant

Příloha č. 2. – Průběhy posuvů ve stěnách stojanu u jednotlivých variant

Seznam výkresové dokumentace

DP-KKS-001 – Sestava_stojanu_svařovaného_kalandru

Úvod

Diplomová práce byla zadána společností Buzuluk, a.s.. Cílem diplomové práce je návrh konstrukce a ekonomické zhodnocení nového designu stojanů čtyřválcových kalandrů pro oboustranné pogumování kordů.

Diplomová práce je strukturalizována na dvě oblasti. Těmi jsou oblast teoretická a oblast praktická.

V teoretické oblasti se zabývám historií gumy, kaučuků a prvních kontaktů se zpracováním této hmoty. Dalším bodem mého zájmu v teoretické oblasti je snaha o popsání typických výrobků, používané hmoty a strojů. Tyto záležitosti chci popsat z hlediska konstrukčního a strukturálního.

Podstatnou kapitolou teoretické oblasti se věnuji trhu s kalandry a jejich výrobcům. Hodlám zde popsat jednotlivé konkurenty a uvažovat nad současným stavem a jeho budoucím vývojem.

Praktická oblast se zaměřuje průzkum současného používaného řešení. Současné řešení bude analyzováno a podrobno pevnostním výpočtům. Tyto data budou dále sloužit jako základ pro porovnávání vlastností s variantami navrženými. Budou zpracovány čtyři možné varianty designu, které rovněž analyzuji.

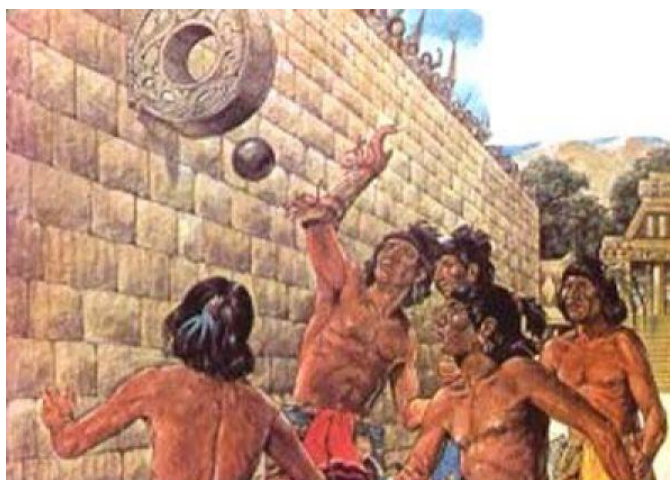
V závěru diplomové práce se zaměřuji na finanční výhodnost/nevýhodnost vybrané varianty, která nejvíce vyhovuje pevnostním požadavkům.

1 Historie gumárenského průmyslu

Gumárenství se řadí k relativně mladým oborům. Jeho počátky lze vysledovat do poloviny 19. století. Avšak první pokusy s výrobou gumy a plastů se objevují již mnohem dříve.

1.1 Předindustriální doba

Pokud mluvíme o zpracování gumárenských hmot v předindustriální době, tak nesmíme opomenout kaučuk. Kaučuk se zařazuje k první plastické hmotě, kterou lidstvo zpracovalo. Kaučuk se v Evropě poprvé vyskytl již v roce 1496, jež dovezl Kryštofem Kolumbem amerického kontinentu. Tento fakt zaznamenal španělský historik Herrero Tordesillasem. V historických záznamech se také zmiňuje, že indiánští domorodci tento kaučuk používali k výrobě míčů sloužících k hrám s náboženským podtextem. Strom, z kterého indiánští domorodci získávali surovinu pro výrobu, nazývali „Cau-Uchu“ (v překladu plačící dřevo). Z onoho původního indiánského názvu vzniklo označení kaučuk. [1] [2]



Obr. 1 - Kaučukový míč [3]

1.2 Industriální doba

Počátky gumárenského průmyslu byly skromné. V roce 1803 došlo v Paříži k založení továrny k průmyslovému využití gumy. Závod produkoval především šle a podvazky. Velkou nevýhodou těchto výrobků však bylo to, že v létě za teplého počasí měkly a byly lepivé a v zimních měsících zase tuhé. Takové výrobky byly na nošení nepohodlné a příliš velkou popularitu nezískaly.

Skutečný základ gumárenství položil až v roce 1839 Charles Goodyear, který se snažil vylepšit vlastnosti kaučukových výrobků jejich impregnací roztoky síry společně s Nathanielem Haywardem. Vypracovali postup modifikace kaučuku, který byl patentován v roce 1839. Zápach vyrobeného zboží a jeho tvrdnutí v chladném počasí však patentovaný postup znehodnotily. Goodyear pokračoval ve výzkumné práci a ještě téhož roku zjistil, že se v roztavené síře kaučuk nerozpouští, ale naopak tuhne a stává se odolným vůči účinkům tepla, chladu a rozpouštědel. Správně usoudil, že síra chemicky reaguje s kaučukem a brzy na to experimentálně dokázal, že směs kaučuku a síry poskytuje zahříváním produkt nových vlastností. Svůj objev patentoval v roce 1844. [4]

K většímu rozmachu gumárenství došlo až v roce 1876, kdy Henry Wickham dovezl do Anglie 70 tisíc semen gumovníku. Daná semena byla posléze zasetá na Srí Lance, Indonésii a Malajsií. Hlavně díky tomuto kroku nastává hromadná plánovaná produkce kaučuku a nárůst jeho zpracování.

Dalším významným průlomem byl vynález Johna Dunlopa, bezdušová pneumatika. Tento vynález ještě více podpořil průmyslový rozvoj, automobilový především.

1.3 Moderní doba

Počátky současného gumárenského průmyslu lze datovat do počátků 20. století. Hlavním důvodem, který posunul gumárenský průmysl výrazně kupředu, byl vynález syntetického kaučuku. Německá společnost Bayer v roce 1909 patentovala postup na výrobu syntetického kaučuku. Rozvoji syntetického kaučuku a gumárenského průmyslu také napomohla 1. světová válka. Německé císařství se potýkalo s nedostatkem přírodního kaučuku a začalo tak v masovém měřítku využívat kaučuku syntetického.

Ke zdokonalení syntetického kaučuku došlo v 30. letech 20. století, když společnost IG Farben začala s polymerací butadien-styrenovým kaučukem, obchodně nazývaný Buna. Tento syntetický kaučuk je používán dodnes.

Stabilizace vlastností syntetického kaučuku a jeho hromadná výroba umožnila zlevnění této sloučeniny a levnou produkci.



Obr. 2 - Chemické závody společnosti BASF [5]

2 Gumárenský průmysl

2.1 Typické produkty a jejich rozdělení

Současný gumárenský průmysl produkuje mnoho typů výrobků s rozličnými vlastnostmi, tvary a užitím. V této kapitole budou popsány pouze ty nejrozšířenější příklady produktů gumárenského průmyslu.

2.1.1 Pneumatiky

Pneumatiky patří k nejrozšířenějším gumárenským výrobkům. Pneumatiky jsou produkovány mnoha výrobci.



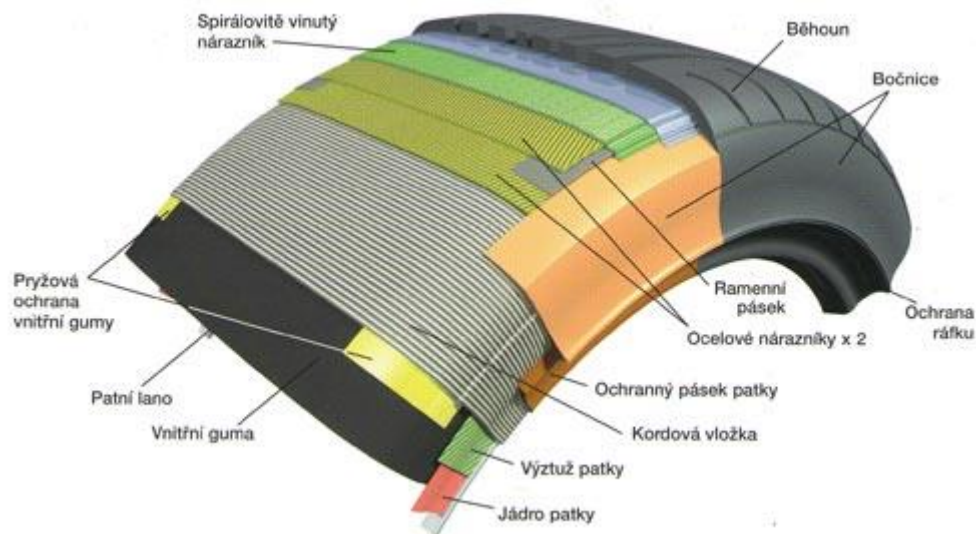
Obr. 3 – Pneumatika [6]

Pneumatika je tlaková nádoba toroidního tvaru, do které je vháněn plyn. Tento plyn je nejčastěji vzduch, avšak v dnešní době se čím dál tím více objevuje dusík a jiné inertní plyny. Úkolem pneumatiky je přenášení hmotnosti a trakčních sil na vozovku.

Pneumatiky lze rozdělit na radiální a diagonální typ. Nejrozšířenějším typem je typ radiální.

Struktura radiální pneumatiky:

- Běhoun: Vrstva, která je v přímém kontaktu s vozovkou. Tato vrstva je opatřena vzorkem (dezénem), který má za úkol odvádět nečistoty a kapaliny z povrchu pláště. Běhoun má také za úkol ochránit vnitřní kostru pneumatiky.
- Nárazníky: Tlumí a zachytávají nárazy od vozovky. Také brání průrazu pneumatiky. Nárazníky tvoří několik vrstev pláště, nejčastěji spirálový vinutý nárazník a několik vrstev ocelového nárazníku.
- Bočnice: Ochraňují boky pláště. Musí být odolné proti periodickému ohýbání.
- Patka: Patka se skládá z jádra patky, výztuže patky, ochranné pásky a patkového lana. Patka pláště slouží ke zvýšení tuhosti a usazení pláště na ráfku.
- Vnitřní guma: Ochraňuje vnitřek pláště před poškozením. Slouží také jako ochrana proti úniku plynu, kterým je pneumatika nahuštěna.
- Výplně: Slouží jako propojovací prvky mezi jednotlivými vrstvami a zvyšují pružnost a pevnost celého pláště. Mezi výplně patří kordová vložka a pryžová ochrana vnitřní gumy.



Obr. 4 - Řez radiální pneumatikou [7]

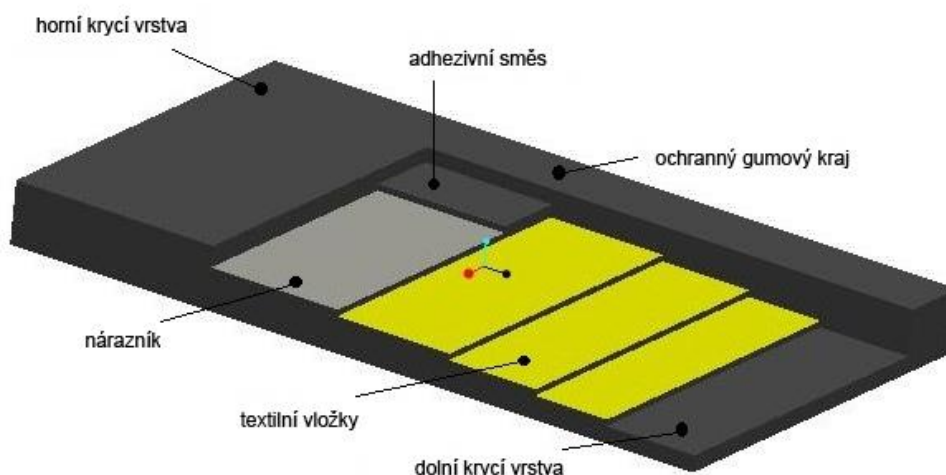
2.1.2 Dopravníkové pásy

Dopravníkové pásy patří k nedílné součásti mnoha průmyslových oborů jako je například důlní průmysl, zpracování kovů anebo potravinářství. Dopravníkové pásy jsou instalovány na dopravníky, které mohou mít nejrůznější provedení z hlediska přenosu pohybu na dopravníkové pásy. Díky pružnosti dopravníkových pásů je možné libovolně nastavit profil pásu.

Různé typy dopravníkových pásů obsahují obvykle 2 až 10 vložek. Některé dopravníkové pásy mohou mít šířku i víc než 2 metry. Výztužné vložky jsou proti poškození chráněny povrchovou ochrannou vrstvou pásu. [8]

Struktura dopravníkového pásu:

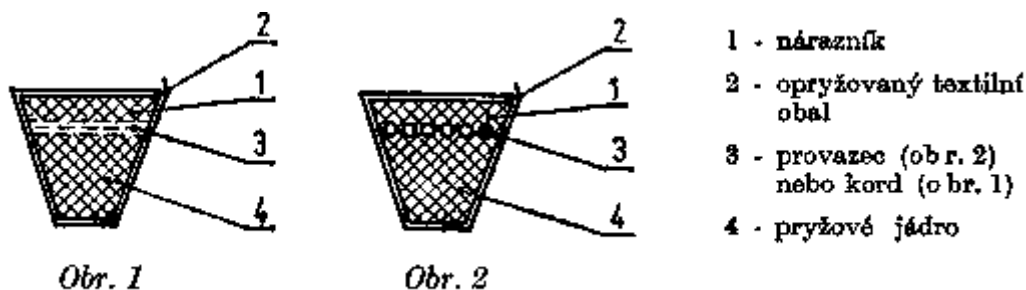
- Horní krycí vrstva: Tato vrstva je v přímém kontaktu s přepravovaným materiálem.
- Adhezivní směs: Adhezivní směs\vrstva slouží pro lepší propojení gumových vrstev a textilních vložek.
- Nárazník: Tlumí a zachytávají nárazy od přepravovaného materiálu. Také brání průrazu pásu.
- Textilní vložky: Tyto vložky slouží ke zvýšení pevnosti pásu.
- Dolní krycí vrstva: U dolní krycí vrstvy dochází k přímému kontaktu pásu s pohonem\válečkovou tratí.
- Ochranný gumový kraj: Tento okraj slouží k propojení celé pásu se všemi vrstvami.



Obr. 5 - Řez dopravním pásem [9]

2.1.3 Klínové řemeny

Klínové řemeny stále využívá mnoho mechanismů. Všechny konstrikcce řemenu využívají vnitřní výztuže. Tyto výztuže mohou být buď provazcové anebo kordové. Mezi další komponenty klínového řemenu patří nárazník, který se stará o absorpci rázů. Celé tělo je vyztužováno pryžovým jádrem, díky němuž má řemen elastické vlastnosti. Celý klínový řemen je zabalen v opryžovaném textilním obalu.



Obr. 6 - Řez klínovým řemenem [10]

2.1.4 Hadice

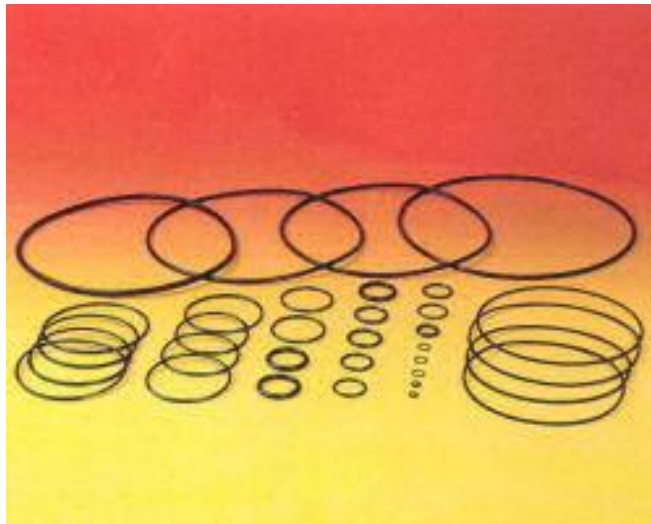
Hadice zpravidla slouží k přepravě kapalin anebo plynů. Lze říci, že pro nízkotlaké přenosy pracovního média slouží hadice bez textilního vyztužení. Pro náročnější aplikace se využívá hadic s vyztužením.



Obr. 7 - Řez hadicí [11]

2.1.5 Těsniva

Mezi těsniva můžeme zařadit „O“ kroužky a profilová manžety. S „O“ kroužky se můžeme setkat u vodovodních a jiných potrubních cest. Jejich účelem je zamezit únik kapalin anebo plynů z prostor k tomu vymezených. „O“ kroužky se vyrábí v mnoha průměrech a tloušťkách.



Obr. 8 - "O" kroužky [12]

Profilové manžety se mohou vyskytovat jak ve formě profilu „U“, tak i ve formě profilu „V“. Stejně jako v případě „O“ kroužků, tak i v případě tvarových manžet je jejich užitnost hlavně v těsnění hydraulických a pneumatických potrubních systémů. V případě manžet se v závislosti na aplikaci využívá kordového vyztužení.



Obr. 9 - Profilová manžeta [12]

Těsnící prvky patří k nejjednodušším prvkům gumárenského průmyslu z hlediska náročnosti výroby.

2.1.6 Pogumované výrobky

Tyto výrobky jsou specifické tím, že gumová hmota je nanášena anebo formována spolu s kovovými částmi. Takovéto aplikace pak mají přednosti obou materiálů. Mezi typické aplikace patří pogumování válců.



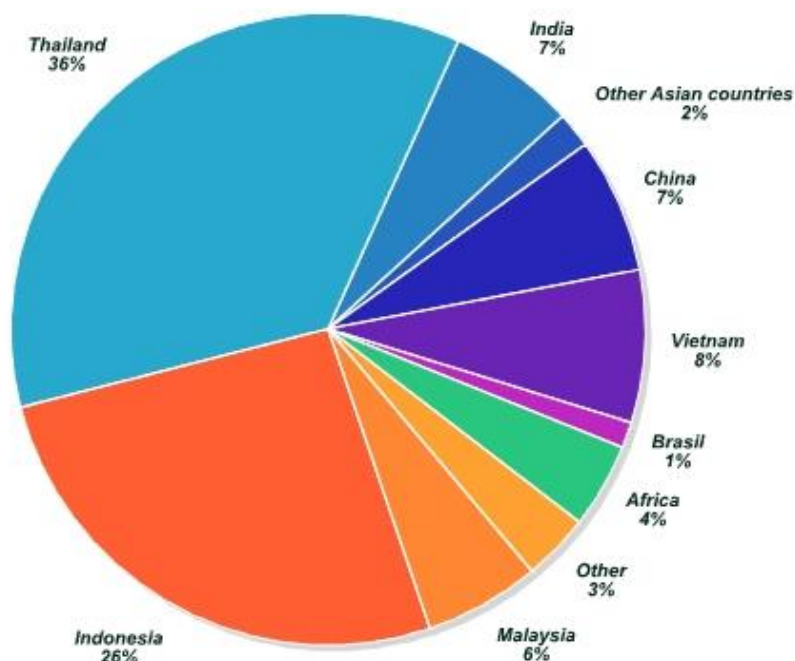
Obr. 10 - Pogumované válce [13]

2.2 Používané hmoty a jejich rozdělení

2.2.1 Přírodní kaučuk

Přírodní kaučuk je obsažen nejčastěji v bílé hmotě zvané latex. V případě gumárenského průmyslu se využívá nejčastěji latexu ze stromů *Havea Braziliensis* (Kaučukovník brazilský). Tento strom, jak název napovídá, má původ v Amazonském pralese. Latex z těchto stromů se získává z naříznuté kůry stromu, z kterého pak latex vytéká. Mezi největšími producenty latexu patří Thajsko a Indonésie.

Global Production of Natural Rubber in 2014

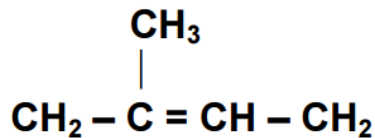


Source: LMC Rubber T4 2014

Obr. 11 - Graf globální produkce přírodního kaučuku [14]

Latex obsahuje v surové formě přibližně 30% kaučuku. Aby bylo možné z latexu získat kaučuk, je nutné jeho další zpracování. Nejčastěji se se ke zpracování používá kyselina mravenčí a octová. Extrahovaný kaučuk se dále zpracovává, zpravidla válcováním a sušením horkým kouřem. Tímto se získává takzvaný RSS (Robbed Smoked Sheet).

Vulkanizovaný kaučuk lze použít pro aplikace v klimatickém rozmezí -57°C až 75°C.

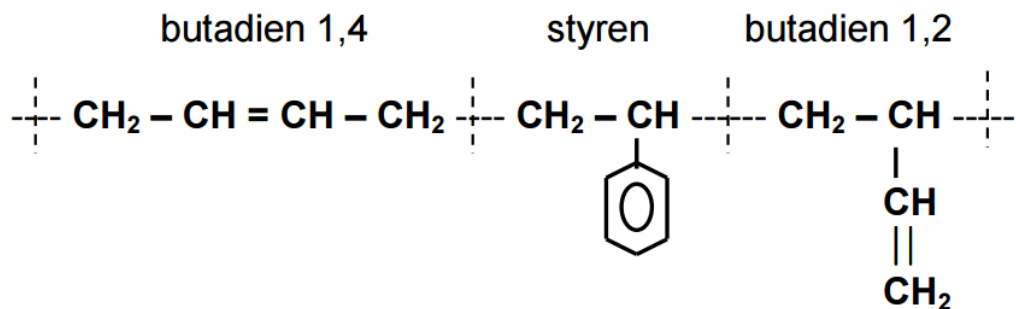


Obr. 12 - Polyisopren (přírodní kaučuk) [8]

2.2.2 Syntetický kaučuk

- Butadien-styrenový kaučuk (SBR)

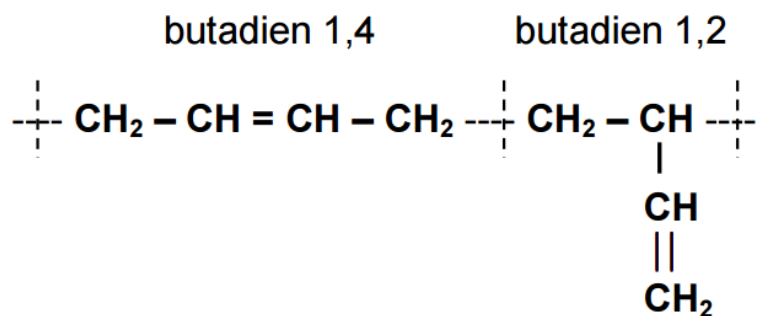
Butadien-styrenový kaučuk je nejrozšířenějším kaučukem. Má dobré fyzikálně-mechanické vlastnosti a také odolnost mechanickému namáhání je velmi dobrá. Nevýhodou butadien-styrenového kaučuku je omezené odolnost proti olejům, ozónu a povětrnostním vlivům.



Obr. 13 - Butadien-styrenový kaučuk [8]

- Butadienový kaučuk (BR)

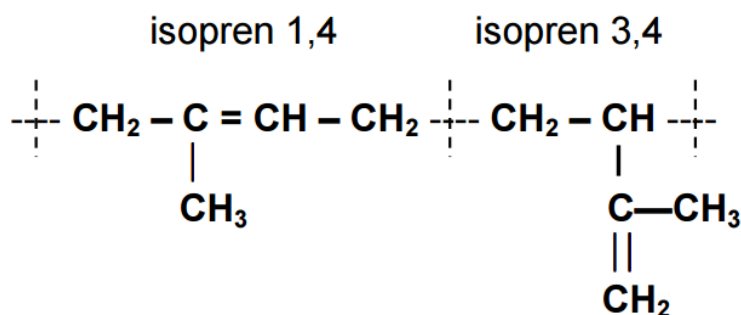
Butadienový kaučuk má výborné vlastnosti proti mechanickému opotřebení. Také se vyznačuje dobrou teplotní odolností. Po SBR patří k druhé nejrozšířenější kaučukové látce. BR se často kombinuje s přírodním kaučukem a používá hlavně při výrobě pláštěů pneumatik.



Obr. 14 - Butadienový kaučuk [8]

- Isoprenový kaučuk (IR)

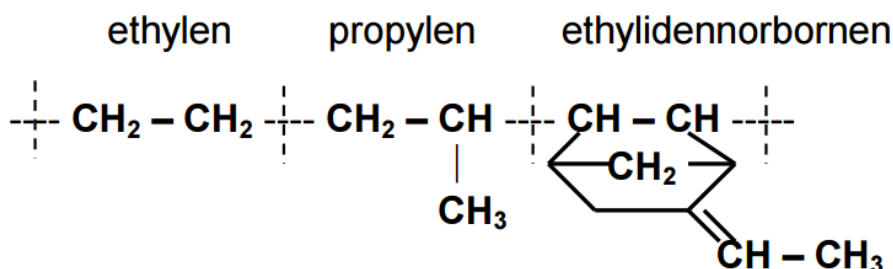
IR se svou strukturou nejvíce podobá přírodnímu kaučuku. Má dobré fyzikálně-mechanické vlastnosti a také odolnost mechanickému namáhání je velmi dobrá. Odolnost proti opotřebení je mírně nižší než u přírodního kaučuku.



Obr. 15 - Isoprenový kaučuk [8]

- Etylen-propylenový kaučuk (EPM, EPDM)

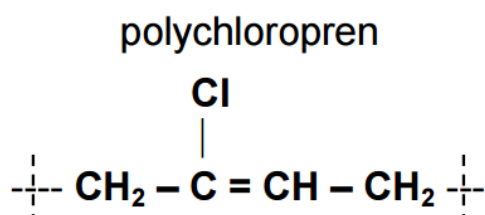
EPM\EPDM má velmi dobrou odolnost proti stárnutí a také proti chemikáliím, ozónu a povětrnostním vlivům. Díky těmto vlastnostem se tento typ kaučuku používá jako krytina střech. Nevýhodou etylen-propylenového kaučuku je nízká odolnost proti olejům.



Obr. 16 - Etylen-propylenový kaučuk [8]

- Chloroprenový kaučuk (CR)

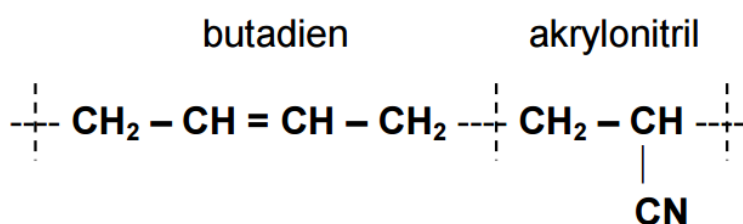
Chloroprenový kaučuk se vyznačuje vysokou odolností proti stárnutí a nehořlavostí. CR má také celkem obstojnou odolnost proti olejům a rozpouštědlům. Chloroprenový kaučuk je nejčastěji znám jako neopren.



Obr. 17 - Chloroprenový kaučuk [8]

- Butadien-akrylonitrilový kaučuk (NBR)

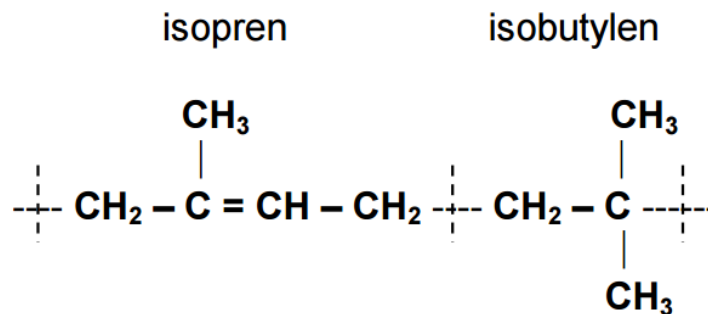
NBR má dobrou olejivzdornost a odolnost proti přirozenému a tepelnému stárnutí. V případě ozónu je odolnost uspokojivá.



Obr. 18 - Butadien-akrylonitrilový kaučuk [8]

- Butylkaučuk (IIR)

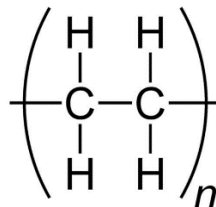
Butylkaučuk má dobrou odolnost proti chemikáliím, ozónu a tukům\olejům.



Obr. 19 - Butylkaučuk [8]

- Chlorovaný a chlorsulfovaný kaučuk (CSM)

CSM je také znám pod názvem Hypalon. Hypalon se vyznačuje vysokou odolností proti UV záření, chemikáliím a teplotám v rozmezí -50°C až $+130^{\circ}\text{C}$.



Obr. 20 - Strukturální vzorec Polyethylenu

- Akrylátový kaučuk (ACM)

Akrylátové kaučuky se vyznačují dobrou teplotní odolností a to hlavně za vyšších teplot. Mezi velmi dobré vlastnosti dále patří vysoká odolnost proti stárnutí a odolnost proti olejům. Velkou nevýhodou tohoto kaučuku je velmi nízká elasticita.

- Epichlorhydrinový kaučuk (ECO)

Nevýhodou epichlorhydrinového kaučuku je nižší tvrdost. Elasticitu lze hodnotit jako průměrnou. Mezi přednosti epichlorhydrinového kaučuku vysoká odolnost proti stárnutí a olejům.

- Silikonový kaučuk (MVQ)

Silikonový kaučuk má velmi dobrou odolnost proti nízkým a vysokým teplotám a to v rozmezí -90°C až $+200^{\circ}\text{C}$. MVQ je také zdravotně nezávadné a proto je možné jej používat jako materiál vhodný pro hračky.

- Fluorokaučuk (FPM, FKM)

FPM je kaučukem s nejvyšší teplotní odolností, která činí $+200^{\circ}\text{C}$. Z hlediska elasticity, stárnutí a odolnosti proti olejům lze fluorokaučuk přirovnat k akrylátovému kaučuku.

- Polyuretanový kaučuk (AU)

Polyuretanový kaučuk se vyznačuje nižší teplotní odolností a tvrdostí. Avšak mezi výhody patří výborná odolnost proti stárnutí a odolnosti proti olejům.

2.3 Používané stroje a jejich rozdělení

2.3.1 Stroje na přípravu přísad do kaučukových směsí

Tyto stroje pracují velmi podobně jako hnětací a míchací. Rozdílem oproti hnětacím strojům je, že se zde připravují pouze látky a směsi nutné pro správnou výrobu pryže a kaučuků. Těmito látkami mohou být různá plniva, barviva a změkčovadla.



Obr. 21 - Odstředivý prosévací stroj [15]

2.3.2 Hnětací a míchací stroje

Hnětení a míchání je velmi důležitým procesem v gumárenském průmyslu. Tato činnost velmi ovlivňuje výsledné vlastnosti hmoty, která bývá dále tepelně zpracovávána. To jak je míchaná/hnětená hmota dobře promísená, má přímý vliv na fyzikální vlastnosti vulkanizátů. Lze tedy říci, že na hnětacích a míchacích strojích je přímo závislá životnost výrobků.

Cílem míchání je získat rovnoměrně rozloženou strukturu jednotlivých přísad v kaučuku.



Obr. 22 - Horizontální hnětač s 2 hnětadly ve tvaru "Z" [16]

2.3.3 Natírací a máčecí stroje

Slouží k finálnímu upravování výrobků. Máčení anebo natírání probíhá ve strojích s polouzavřenou nádobou. Jedná se o jednoduchý proces, kdy finální výrobek je ponořen látka, která má vytvořit svrchní vrstvu



Obr. 23 - Máčecí vana MVL 3B [17]

2.3.4 Šnekové vytlačovací stroje

Tyto stroje můžeme označovat také jako extrudery. Obecně je lze dělit na jednošnekové a dvoušnekové.

Vytlačování není jednoduchým procesem a vyžaduje kooperaci mnoha na sobě závislých kroků. Hmotu, která jde do stroje, musí být přesně dávkována a posléze zahřívána. Poté je nabírána šnekem a posouvána k lamači a hubici.

Těmito stroji se produkují výrobky o vysoké přesnosti, a proto je zde kladen vysoký nárok na stabilní rychlost vytlačované hmoty. Šnekové vytlačovací stroje se nehodí na malosériové produkce, jelikož stabilita proudění na začátku a konci vytlačování je nestálá.



Obr. 24 - Vytlačovací stroj [18]

2.3.5 Stroje na výrobu hadic

Princip výroby gumových hadic spočívá ve vrstvení textilu a gumy. Nejprve je vytvořena gumová dutina, okolo které je ovijena textilie. Tento proces se několikrát opakuje, dokud není dosaženo požadované pevnosti a pružnosti.

Tímto strojem je možné vytvářet nekonečně kontinuální výrobky. Finální výrobky musí být kráceny a baleny.



Obr. 25 - Lis pro výrobu tlakových hadic [19]

2.3.6 Sekací a řezací stroje

Jak již název těchto strojů napovídá, slouží k sekání a řezání pryže. Pryž je zde mechanicky dělena a upravována do potřebných rozměrů.



Obr. 26 - Strojní nůžky [20]

2.3.7 Mlýny na pryž

Mlýny na pryž mají obdobně prostý úkol, jako je tomu u sekacích a řezacích strojů. Hlavním rozdílem však je, že hlavní řezný pohyb je prováděn noži, které rotují a dělí tak pryž na požadovanou hrubost.



Obr. 27 - Mlýn velkého výkonu na pryž (řada G80) [21]

2.3.8 Konfekční stroje

Jedná se o velmi specializované stroje, které v sobě snoubí mnoho dříve zmíněných pracovních operací. Nejdůležitější představuje nanesení pryže na textilie a jejich následovné tepelné zpracování.



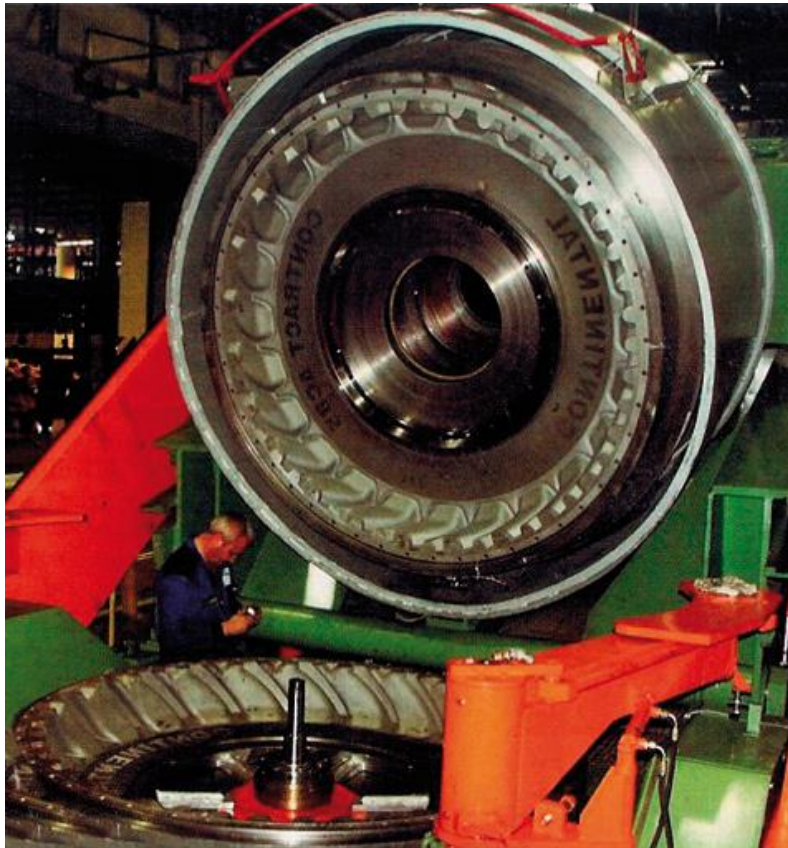
Obr. 28 - Konfekční stroje spojují běhoun, kord a patní výztuhu [22]

2.3.9 Lisy

Lisy lze dělit dle užitého pracovního členu na hydraulické, pneumatické a mechanické/rotační. Funkce i princip těchto lisů je stejný, avšak každý ze zmíněných způsobů má své výhody, či nevýhody.

U lisů hydraulických a pneumatických se vyznačuje jako nevýhoda vysoká náročnost na provoz a údržbu. Avšak oproti tomu výhodou vymezuje vyšší vyvozený pracovní tlak, a to díky používaným kapalinám.

Mechanický lis je velmi jednoduchý na údržbu i provoz, ale nedosahuje takových pracovních sil jako je tomu u lisů hydraulických a pneumatických.

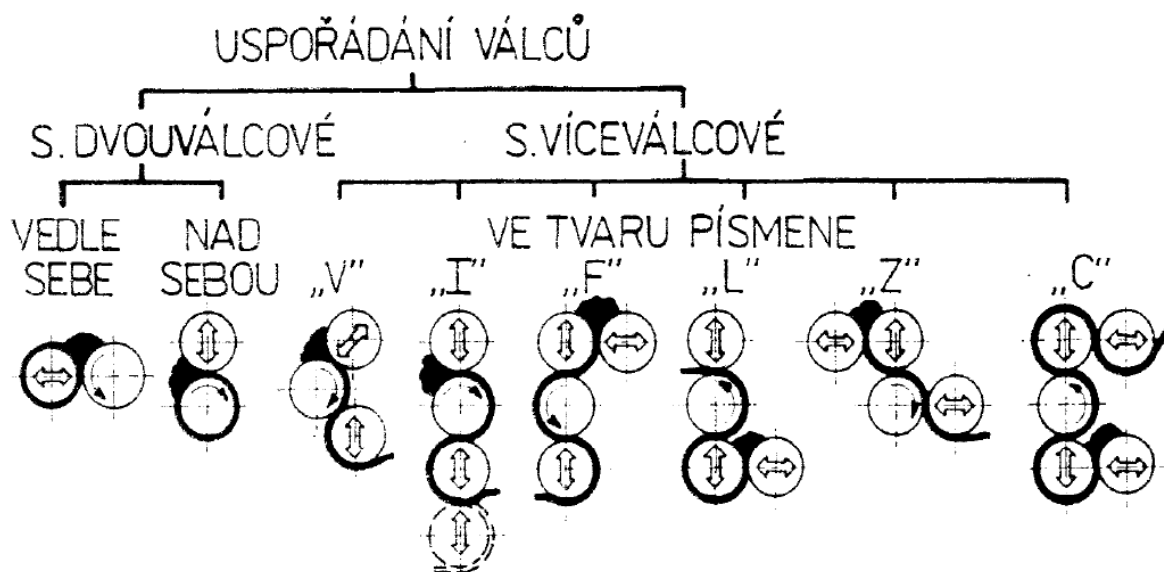


Obr. 29 - Mechanický lis na pláště [23]

2.3.10 Válcovací stroje – kalandry

Válcovací stroje neboli kalandry můžeme rozeznávat především podle jejich válců. Existují kalandry dvouválcové, ale častěji se vyskytují víceválcové. Samotné válce pak mohou nabývat různých konfigurací, např. nejčastěji přiřazována písmena. Ty charakterizují tvar/rozmístění válců v sestavě. Nejjednodušší konfigurace mohou nabývat dvouválců, a to díky jejich rozmístění – vedle sebe (horizontálně), anebo nad sebou (vertikálně). U více válcových

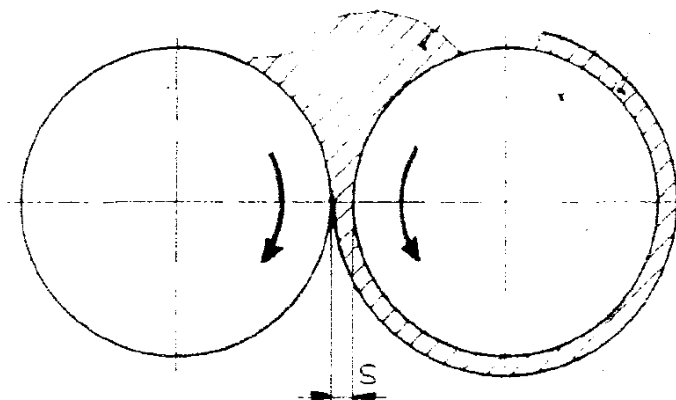
kalandrů pak známe sestavy tvaru „V“, „I“, „F“, „L“, „Z“ a „C“. Vyobrazeny na Obr. 30.



Obr. 30 – Rozdělení a uspořádání válců [24]

Kalandr slouží k výrobě folií, podlahovin a kaučukových směsí s kordem. Především poslední zmíněný výrobek je hlavně doménou víceválcových kalandrů.

Výroba výše zmíněných tenkovrstvých polotovarů/materiálů na kalandrech probíhá tak, že mezi první dva válce se vpraví roztavený materiál a ten je postupně i odebírán. Tento materiál se „nalepuje“ na válec a posouvá se dále na výstup (viz. Obr. 31) z válcovací stolice či se vměstňuje mezi další sady válců. U dalších válcových sad nejčastěji dochází k úpravě tloušťky polotovaru, případně se přidává kord a další vrstva pryže/gumy. Platí, že čím více válci polotovar projde, tím bude jeho povrch kvalitnější.



Obr. 31 - Schéma rotujících válců

Jelikož kalandry pracují v náročném prostředí, musí splňovat vysoké technické a kvalitativní nároky. Při výrově válců se požadují materiály o velmi vysokém modulu pružnosti. Povrch válců se ošetřuje chromem, a to kvůli chemickému prostředí, ve kterém pracují.

Ložiska kalandrů jsou zpravidla kluzná, ale stále více a více se objevují valivá víceřadá válečková ložiska. Ty zvyšují účinnost přenosu energie a ulehčují výrobu a údržbu.

Ani stojan/bočnice kalandru není uchráněna od vysokých nároků na kvalitu a tuhost. Bočnice zachycuje silové účinky od ložisek válců, avšak ty umožňují volný posun. V současné době se stojany/bočnice vyrábějí z kvalitní litiny. Mohou být dále ještě dopracovávány a především plochy styku s navazujícím zařízením se opracovávají přesněji.

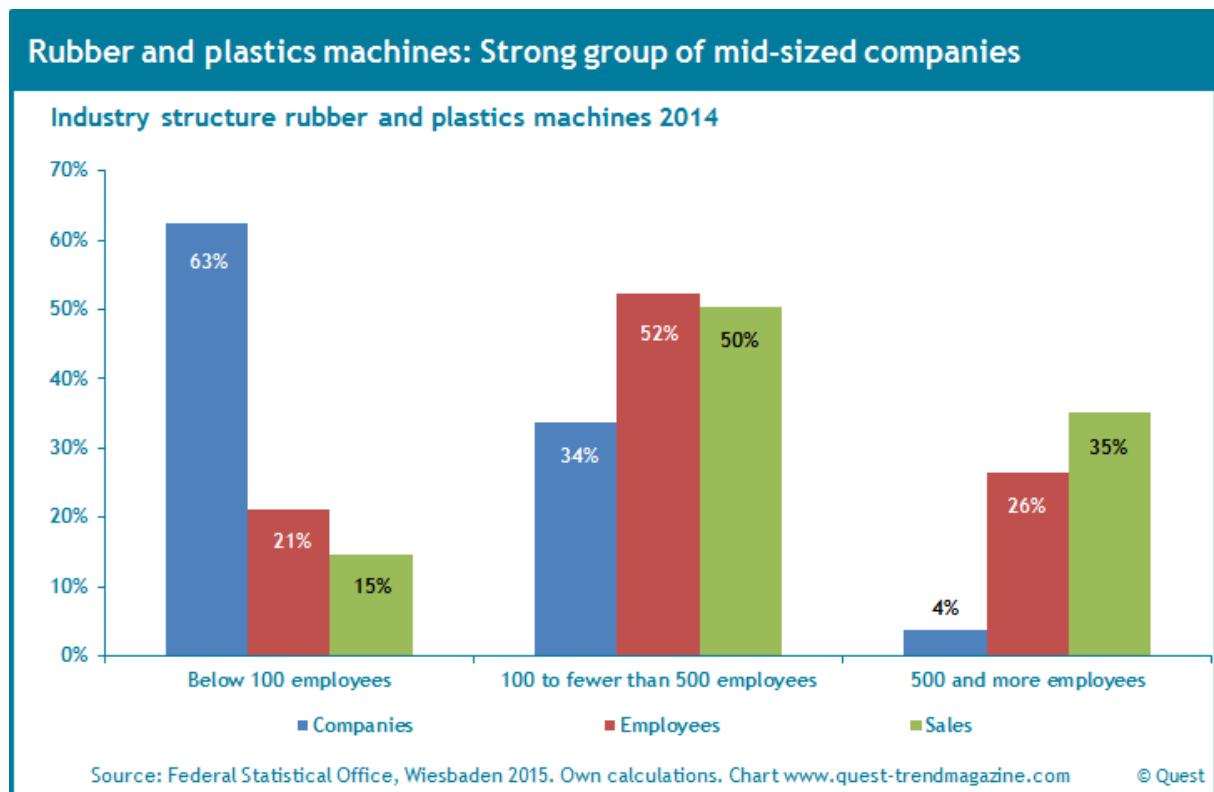
3 Trh s výrobcí válcovacích strojů

3.1 Obecný pohled na trh

Společnosti, které se zabývají výrobou strojů pro gumárenský průmysl, lze rozdělit do tří základních skupin (malá, střední, velká). Tyto skupiny se strukturují dle počtu zaměstnanců. Malá společnost zaměstnává do 100 zaměstnanců. Středně velká firma má mezi 100 a 500 zaměstnanci a velké více jak 500 zaměstnanců.

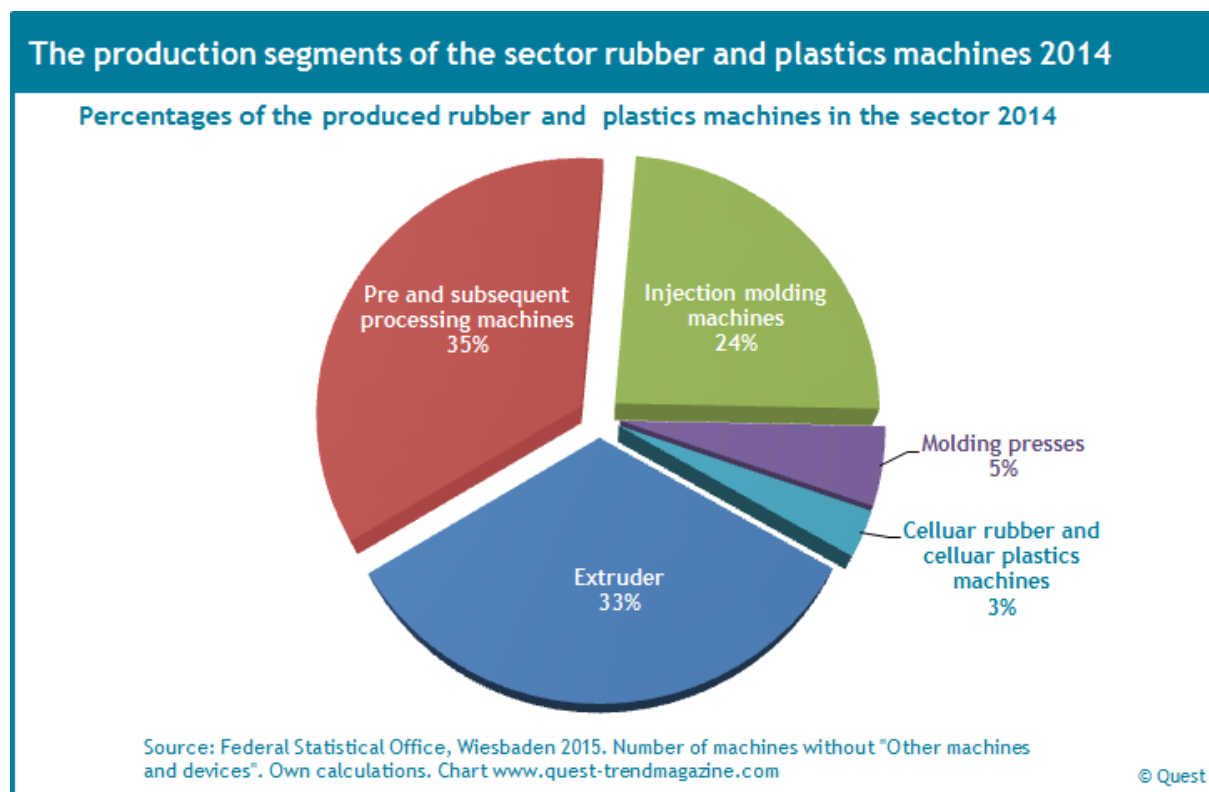
Největší podíl tvoří firmy malé, jež tvoří až 63% všech společností působících v tomto průmyslovém segmentu. S narůstajícím počtem zaměstnanců klesá počet těchto firem. U firem středních je podíl 34% a u velkých cca 4%.

Ačkoliv malé společnosti tvoří 63% celého trhu, zaujímají pouze 21% veškerých pracovních sil tohoto segmentu. Tyto malé firmy tvoří 15% veškerých prodejů, které se uskuteční. Nejsilnější skupinou jsou společnosti střední velikosti. Tvoří polovinu veškerých prodejů a zaměstnávají 52% lidských zdrojů. Velké společnosti využívají přibližně stejné procento lidských zdrojů jako společnosti malé, ale jejich podíl na trhu tvoří 35%, což je více než dvojnásobný podíl při stejném využití pracovních sil.



Obr. 32 - Graf struktury společností vyrábějící gumárenské stroje v závislosti na počtu zaměstnanců a prodejích [25]

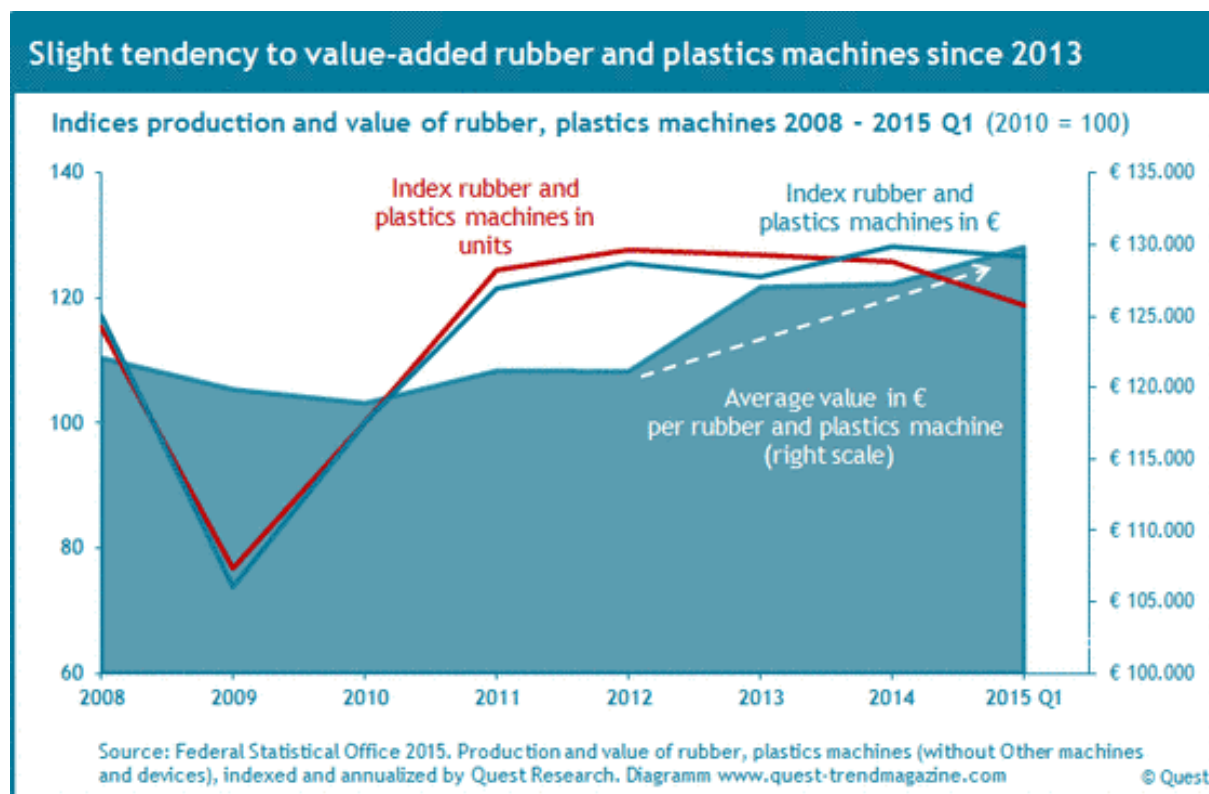
Trh s výrobními stroji pro gumárenství a plastařství je rozdělen do pěti hlavních největších segmentů. Tyto segmenty tvoří před a po zpracovatelské stroje (35%), extrudery (33%), vstříkovací stroje (24%), lisy (5%) a stroje pro výrobu pěnové pryže a plastů (3%)



Obr. 33 - Graf rozložení produkční segmentu [25]

3.2 Současný stav trhu

Z grafu, uvedeného níže, je patrné, že v roce 2009 došlo k enormnímu propadu. Tento propad byl způsoben finanční krizí, avšak již o v roce 2011 došlo k dosažení výsledků produkce z roku 2008. Od roku 2011 je produkce prakticky statická a nepodléhá vyšším či nižším výkyvům. I přes stagnující produkci dochází ke zvyšování zisků na jednotku stroje. Tento trend probíhá již od roku 2013 a lze ho odůvodnit zvyšující se efektivitou pracovních procesů.



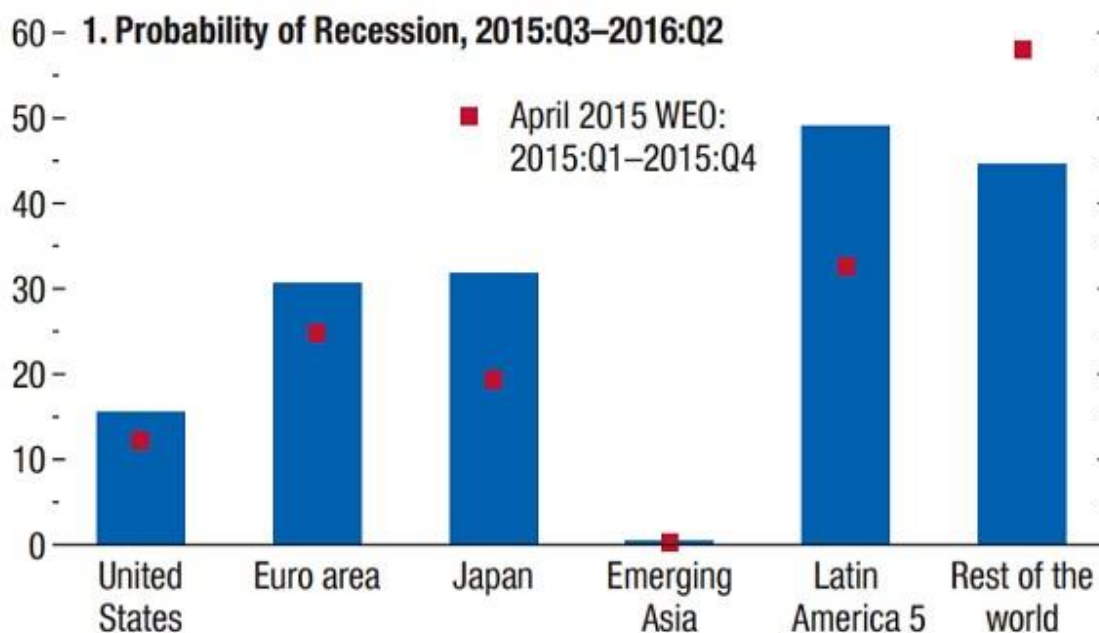
Obr. 34 - Graf vývoje trhu s gumárenskými a plastařskými stroji [26]

3.3 Úvaha o budoucím vývoji

Při úvahách budoucího vývoje trhu s výrobními stroji pro gumárenský průmysl je nutné vycházet z ekonomických prognóz vývoje světové ekonomiky.

Mezinárodní měnový fond (IMF – International Monetary Fund) uvádí ve své zprávě o výhledu světové ekonomiky, že pravděpodobnost recese má stoupající tendenci. Nejvíce jsou recesi ohroženy regiony Latinské Ameriky a zemí třetího světa. Zatímco pravděpodobnost recese pro Země třetího světa mezi 1. - 4. kvartálem 2015 a 2. kvartálem 2016 poklesl, u Latinské Ameriky se tato pravděpodobnost dramaticky zvýšila. Rizikem recese jsou také ovlivněny regiony Evropy a Japonska a to se zvyšující se tendencí. Menší procento pravděpodobnost recese lze sledovat u USA, avšak i zde je tendence rostoucí.

Jediným regionem, který má prakticky nulové procento pravděpodobnosti recese, je Asie. Logicky lze tedy říci, že nejlepšími trhy pro odbyt výrobních strojů je Asie a menší míře Evropa. Region spojených států lze stále pokládat, stejně jako u Asie, za velmi perspektivní trh.



Obr. 35 - Předpokládaný vývoj recese [27]

3.4 Přehled jednotlivých výrobců

- Bainite Machines

Společnost Bainite byla založena roku 1983 v Indii. Společnost založili pánové D. N. Suvarna a F. J. Sidhwa.

Bainite Machines dodává své stroje do Evropy, USA, Malajsie, Sri Lanka, Thajsko, Etiopie, Nigerie, SAE, Israel a Argentina.

Výrobní závod je lokalizován v Indické Mumbai, kde je také vývoj, výzkum a servisní oddělení.

- KraussMaffei Berstorff

Počátky značky KraussMaffei Berstorff lze vystopovat do roku 1892, Hermann Berstorff založil malý řemeslnický obchod v německém Hannoveru a vyvinul jeden z prvních výrobních strojů na hadice pro gumárenský průmysl. Později Hermann Berstorff připojuje do svého portfolia šnekové lisí a válcové mlýny.

Společnost KraussMaffei Berstorff má své pobočky po celém světě, kromě Afriky.

- Comerio Ercole

Aktivita společnosti Comerio Ercole začala roku 1885 v italském městě Busto Arsizio.

K největšímu rozmachu firmy došlo od roku 1936, kdy do svého portfolia začlenila výrobní stroje pro textilní průmysl, gumárenský a papírenský průmysl.

Comerio Ercole 80% své produkce vyváží mimo apeninský poloostrov.

- FARREL Worldwide

Společnost Farrel byla založena roku 1840 během průmyslové revoluce ve spojených státech amerických, avšak až v roce 1949 společnost začala působit v gumárenském průmyslu.

Farrel Worldwide působí ve Spojených státech amerických a Velké Británii.

- Troester

Společnost Troester byla založena v roce 1892 Paulem Troesterem v německém Hannoveru.

Troester GmbH zaměstnává přes 600 zaměstnanců a působí ve více než 40 zemích světa.

- IHI Corporation

IHI Corporation reprezentuje japonskou společnost založenou roku 1853. V současné době tato firma zaměstnává přibližně 30 tisíc lidí a má obchodní zastoupení ve více než 15 státech po celém světě.

- Hsin Yin Machinery Works

Společnost vybudována před 55 lety na Taiwanu ve městě Taichung. Poskytuje širokou řadu produktů, a to díky i vlastnímu výzkumu a vývoji.

4 Představení společnosti Buzuluk

4.1 Identifikace společnosti

Společnost BUZULUK, a.s. sídlí v městysu Komárov, okres Beroun. Městys Komárov leží 60 kilometrů západně od Prahy poblíž dálnice D5. V Komárově se nachází jak divize gumárenských strojů, tak i divize pístních kroužků společnosti Buzuluk.



Obr. 36 - Logo společnosti Buzuluk

Společnost se rozkládá na více než 120 000 m², zaměstnává okolo 660 zaměstnanců. V roce 2014 dosáhla tržeb 410 mil. Kč. Největším odbytištěm výrobků tvoří západní Evropa a Česká republika.



Obr. 37 - Společnost Buzuluk z ptáčí perspektivi [28]

4.2 Historie společnosti

BUZULUK Komárov, a. s., dříve Železárny v Komárově, patří k nejstarším podnikům. Jejich počátky řadíme do 15. století. V roce 1602 kupuje komárovské panství včetně hutí Jindřich Otta z Losu. V roce 1623 Marie Eusebie, hraběnka z Martinic, získala koupí huť a spojila ji s panstvím hořovickým. [29]

V druhé polovině 17. století (od r. 1690), náležely železárny hraběcí rodině z Vrba, v roce 1852 přešly do majetku kurfiřta Bedřicha Viléma I. z Hesenska a až do roku 1902 náležely k panství knížecí rodiny Hanavské. [29]

V roce 1902 byly železárny zakoupeny firmou C. T. Petzold a spol. a v roce 1919 se mění na akciovou společnost se sídlem v Praze. [29]

V roce 1948 byl podnik znárodněn a od roku 1949, kdy byl přejmenován na BUZULUK Komárov n. p., prošel řadou různých organizačních změn. Od 6. 5. 1992 se ze státního podniku BUZULUK Komárov stává akciová společnost. [29]

4.3 Portfolio společnosti

Společnost v současné době poskytuje ve své podstatě prakticky celé spektrum strojů pro gumárenský průmysl.

- Míchací linky
 - Zásobovací zařízení směsi
 - Sekačka kaučuku
 - Vysokotlaké hnětiče
 - Dvouválce
 - Chladičky
- Kalandry
 - Roller-head kalandry
 - Roller-die kalandry
 - 3 válcové kalandry
 - 4 válcové kalandry
 - 5 válcové kalandry
 - Speciální kalandry
- Konfekční stroje
- Zkušební stroje
- Rotační vulkanizační lisy

5 Popis řešeného problému

5.1 Představení požadavku společnosti

Společnost BUZULUK, a.s. vyrábí široké spektrum strojů pro gumárenský průmysl a působí na mnoha světových trzích. Pro zachování konkurence schopnosti na světových trzích musí i společnost BUZULUK, a.s. procházet neustálým koloběhem rozvoje a vývoje nových produktů. Redukce nákladů patří k nedílné součásti těchto inovací.

Předmětem diskuze je inovativní řešení čtyř válcového kalandru z produkce společnosti BUZULUK, a.s.. Konkrétně se zamýšlí úprava současného stojanu čtyř válcového kalandru. K důvodům se zařazuje snaha o zvýšení konkurence schopnosti, tedy zrychlení výroby a snížení ceny stojanu.



Obr. 38 - Čtyř válcový kalandr BUZULUK

5.2 Rozbor problematiky

V současné době společnost BUZULUK, a.s. využívá odlitků ve svých konstrukcích kalandrů. Stojany jsou odlity z jednoho kusu oceli. Tyto odlitky jsou zhotovovány externě a posléze jsou do výrobní společnosti přepraveny. Vzhledem k tomu, že se jedná o více než deseti tunové odlitky, je manipulace s nimi značně složitá.

Do výrobního závodu přichází odlitky, které jsou odlity s velkými rozměrovými tolerancemi a je nutné je přímo v BUZULUKu strojně opracovávat. Všechny hlavní plochy jsou opracovány na drsnost 12,5. Již opracovaný odlitek stojanu/bočnice lze vidět na obrázku Obr. 39 - Částečně opracovaný odlitek stojanu.



Obr. 39 - Částečně opracovaný odlitek stojanu

Kromě opracovávání ploch také dochází k dodatečnému vyhlubování otvorů a záhlubní.

Finálně opracovaný stojan je dále natírán barvou, jak je patrné na obrázku Obr. 38 - Čtyř válcový kalandr BUZULUK.

Mezi hlavní problémy dodávaných odlitků patří dlouhé dodací časy a povrchové nedokonalosti/deformace (trhliny), které není častokrát možné odstranit a odlitek je nutné vyřadit. Značnou nevýhodou je také již výše zmíněná nutnost opracovávání.

5.3 Určení cílů

Mezi hlavní cíle této diplomové práce patří rozbor stávající varianty. Provedení MKP analýzy a zhodnocení získaných výsledků.

Dalšími cíli je analyzování navržených variant. Požaduje se MKP analýza těchto návrhů a porovnání s výsledky již dříve získanými z analýzy stávajícího řešení.

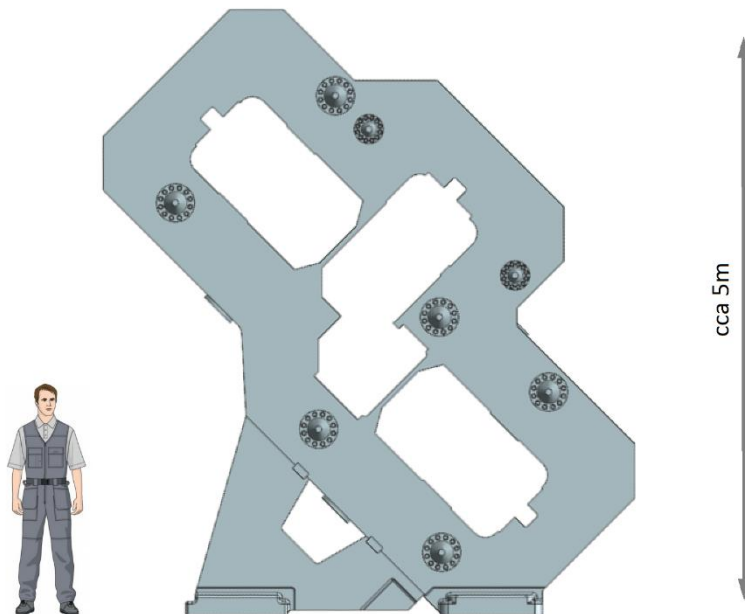
Součástí je také výběr nejvhodnější varianty tak, aby pevnostní a deformační vlastnosti byly co nejbližší stávajícímu stojanu (nebo lepší).

Posledním bodem/cílem je ekonomické zhodnocení technicky nejvhodnější varianty a porovnání nákladů a dodacích lhůt oproti současnému stavu.

6 Průzkum starého designu

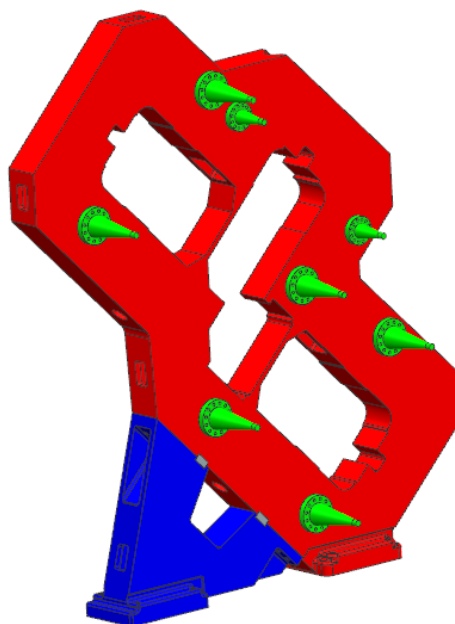
6.1 Popis sestavy

Stojan/bočnice má hmotnost přibližně 12 tun a to včetně konzolí. Jeho výška je 4743 milimetrů a široký je 4165 milimetrů. Tloušťka stojanu je 300 milimetrů.



Obr. 40 - Proporce stojanu

Sestava stojanu se skládá ze tří hlavních částí. Hlavní tělo stojanu (zvýrazněno červeně na Obr. 41) a noha stojanu (zvýrazněno modře na Obr. 41), které jsou navzájem k sobě sešroubovány. Dále to jsou konzoly (zeleně zvýrazněny na Obr. 41), které jsou přišroubovány k hlavnímu tělu stojanu. Konzoly slouží jako opěry hydraulických válců, které upravují křížné nastavení pracovních válců.

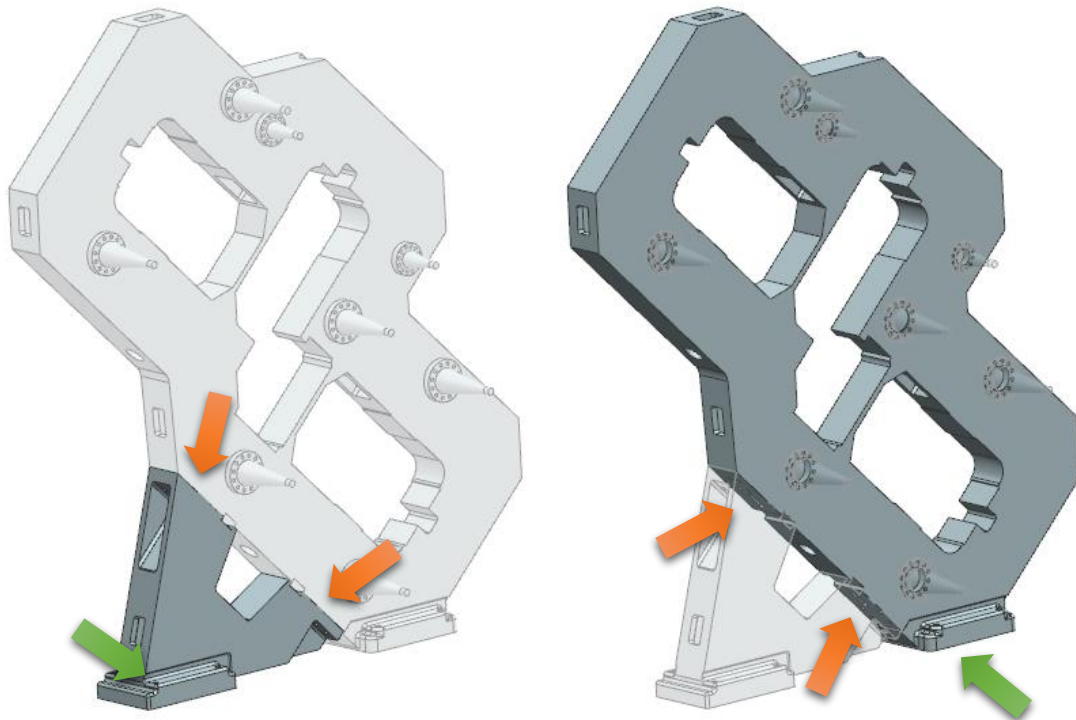


Obr. 41 - Sestava stojanu válcovacího kalandru

6.2 Popis designu stojanu

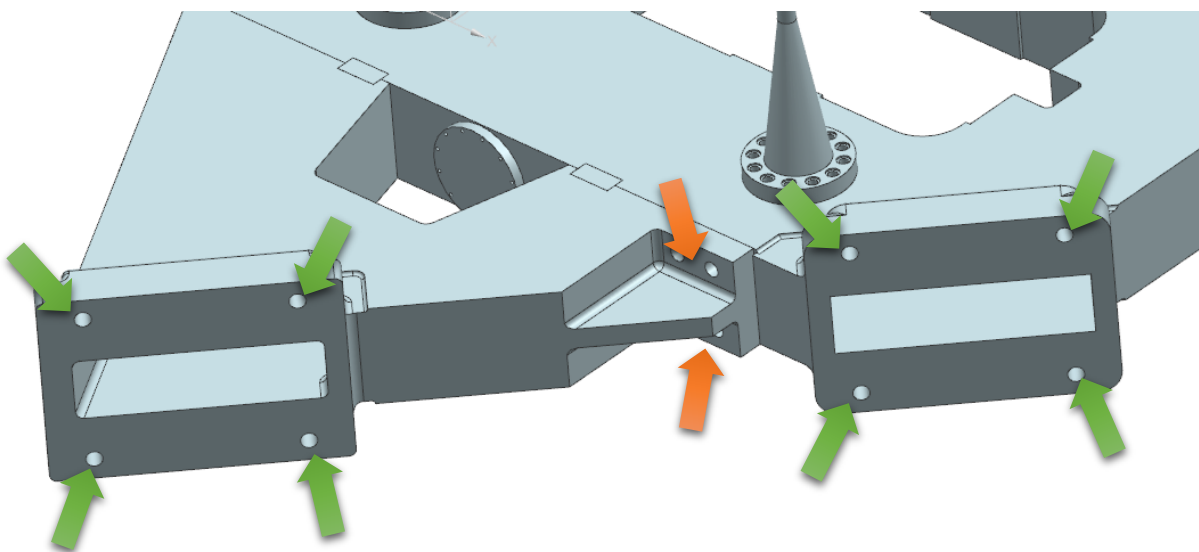
Stojan je v přímém kontaktu se „zemí“ v místě podstav, které jsou na Obr. 42 označeny zelenou šipkou. V těchto patkách jsou připraveny otvory (pro šrouby M40), které slouží ke spojení se základovou deskou (na Obr. 42 zvýrazněno zelenými šipkami).

Samotné dva díly jsou k sobě sešroubovány osmi šrouby M40.



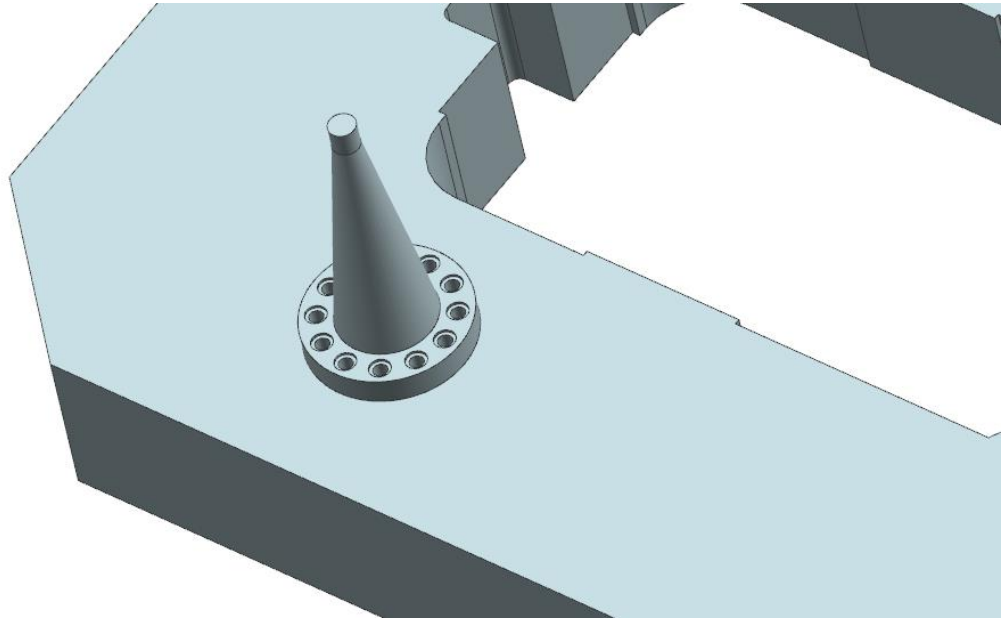
Obr. 42 - Spojení nohy a hlavního těla stojanu

Závity, do kterých jsou šrouby M40 šroubovány, jsou umístěny v hlavním těle stojanu. Umístění šroubů jsou označena na Obr. 42 a jsou označeny oranžovými šipkami.



Obr. 43 - Detail pohledu na otvory pro šroubová spojení

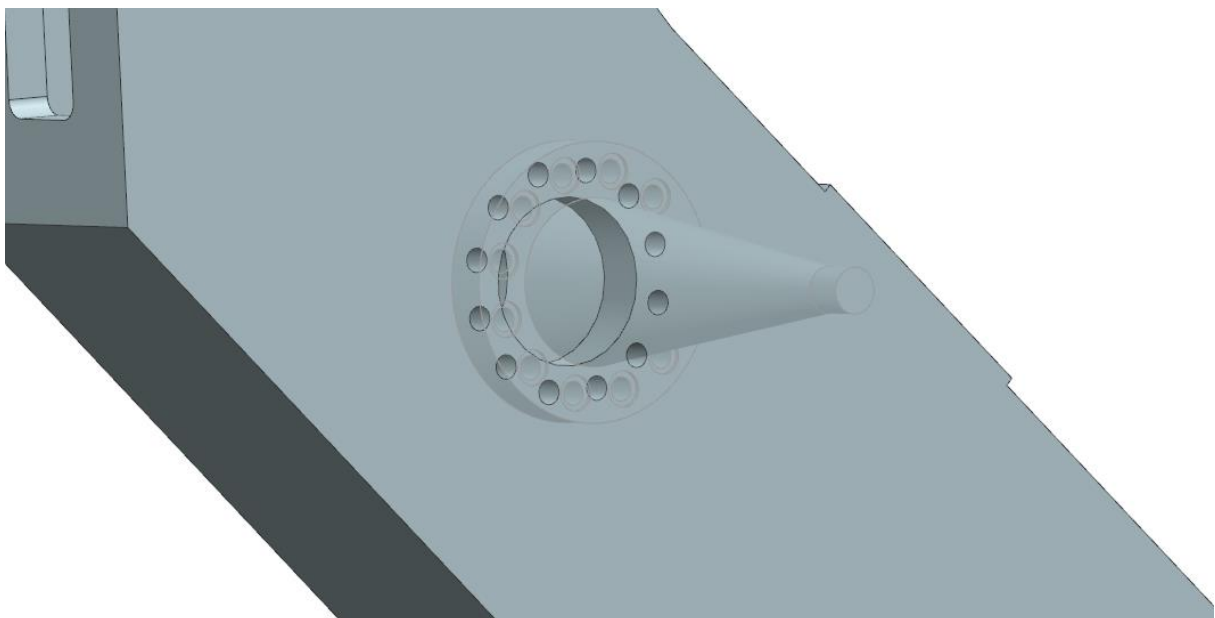
Na Obr. 43 lze vidět detailnější pohled na montážní otvory pro sešroubování se základnou kalandru viz zelené šipky. Oranžové šipky označují spodní čtyři otvory sloužící pro sešroubování nohy a hlavního těla stojanu.



Obr. 44 - Detail spojení konzoly s hlavním tělem stojanu

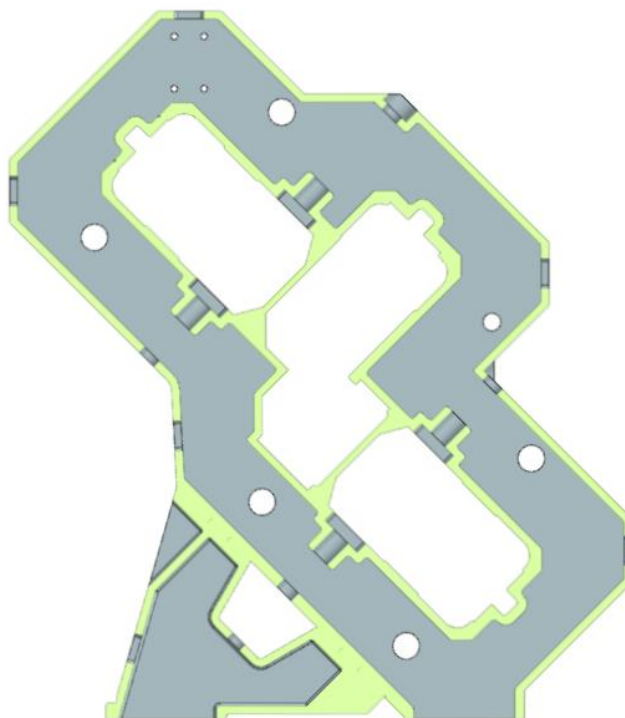
Na hlavním těle stojanu se tyčí osm konzol sloužící pro přenos silového účinku hydraulických válců, pro úpravu nastavení válců kalandru. Konzoly se šroubují dvanácti šrouby M24.

Na Obr. 45 lze pak detailně vidět, že v hlavním tělese stojanu se objevují pod konzolami otvory, jež slouží jako vystředění konzoly při montáži.



Obr. 45 - Detail uchycení konzoly na stojanu (hlavní tělo stojanu)

Celý stojan je „dutý“. Tloušťka těchto stěn skořepiny je 50mm. Samotné boční plechy stojanu mají tloušťku 60mm. Řez stojanem lze vidět na Obr. 46.



Obr. 46 - Řez stojanem

Materiál jednotlivých komponent stojanu je ocel na odlitky dle ČSN 42 2710.1.

7 Variantní řešení a výběr varianty

7.1 Představení jednotlivých variant

Byly zpracovány čtyři možné varianty. Jedná se o tři varianty svařované plechové a jednu variantu svařovanou blokovou. Tyto svařované varianty lze dále rozdělit do dvou designových skupin. Tyto skupiny jsou kapkový design a design široké desky.

Plechové svařované varianty využívají jednoduchých vypalovaných plechů.. Tyto plechy jsou navzájem k sobě svařeny plechy výztužnými. Výztužné plochy jsou vhodně po obvodu a na kritických místech stojanu.

Bloková svařovaná varianta nejvíce vychází ze stávajícího způsobu řešení. Jedná se o odlitek, který je rozdělen do čtyř bloků.

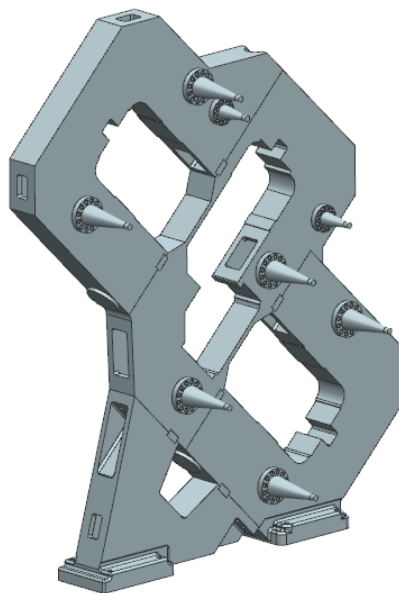
7.1.1 Varianta 1 – blokový svařovaný stojan

Tato varianta je složena ze čtyř částí, které jsou vzájemně svařeny. Pro spojení jsou použity svary „V“ o hloubce 40 mm a úhlu rozevření 45°. Každá z částí je skořepinou o tloušťce stěny 60mm.

Aby mohly být komponenty svařeny, jsou ve stojanu kalandru navrhnuté montážní prvky (pera a tvarové prvky). Kvůli vysoké váze jednotlivých částí je toto spojování poměrně komplikované. Montáž vyžaduje speciálních přípravků a zručnosti montérů.

Konzoly se umísťují na stejné pozice a stejným způsobem jako v případě nulté/původní varianty. I v tomto případě se používá osm konzol přišroubovaných dvanácti šrouby M24 .

Materiál jednotlivých komponent stojanu je ocel dle ČSN 42 2710.1. Design vychází ze současného řešení.

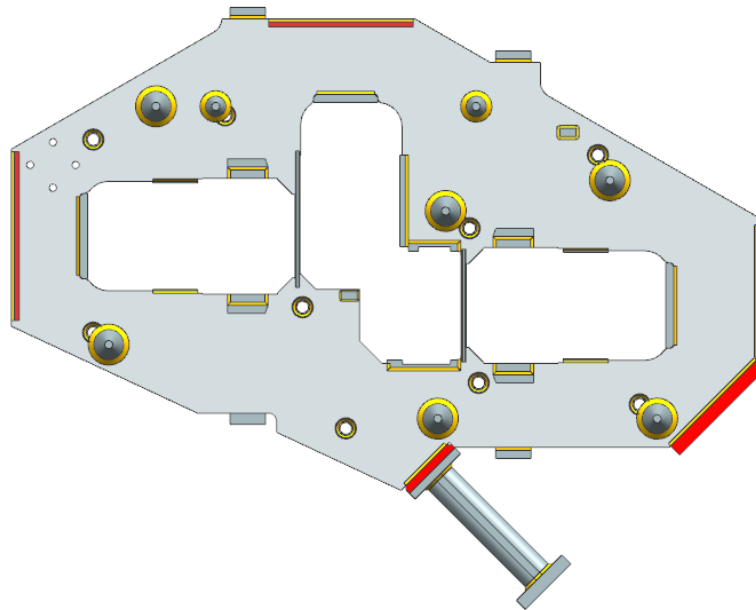


Obr. 47 - Blokový montovaný stojan

7.1.2 Varianta 2 – plechový svařovaný stojan s kapkovým designem

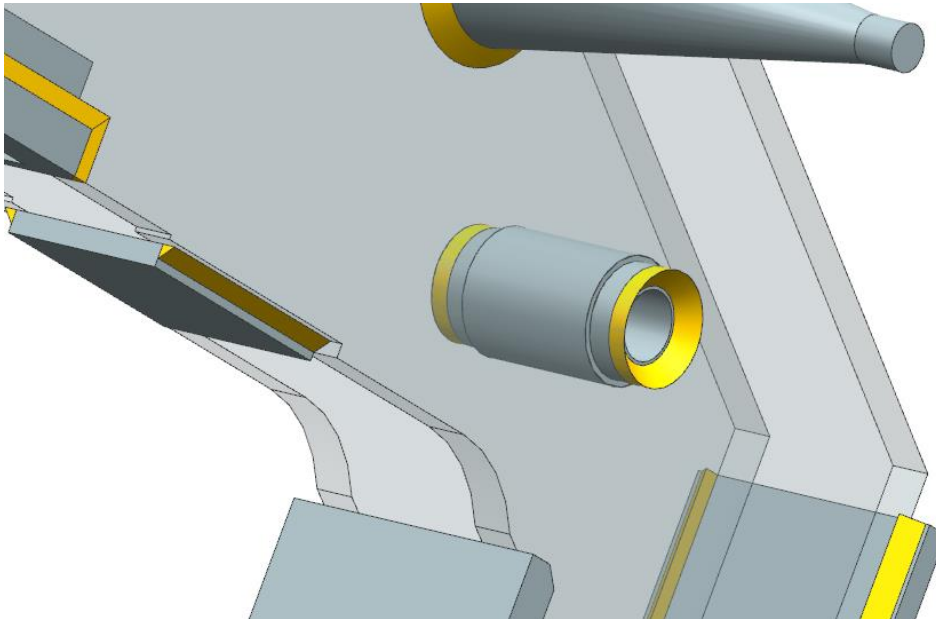
Jedná se o stojan, který je složen ze dvou bočních plechů o tloušťce plechů 45 mm. Na vnějším bočním plechu jsou přivařeny konzolky a to konkrétně koutovým svarem o rozměrech 30x30 mm. Boční plechy jsou vzájemně spojeny pěti obdélníkovými plechy o tloušťce 30 mm. Tyto

výztuhy se nacházejí okolo vnějšího obvodu bočních plechů. Detail viz obr. 48 červeně zobrazeno.



Obr. 48 - Detail obvodových plechů

Boční plechy jsou dále vyztužena devíti piny, jež jsou umístěny v místech předpokládaného největšího namáhání. Detail umístění a přivaření pinu lze vidět na Obr. 49.



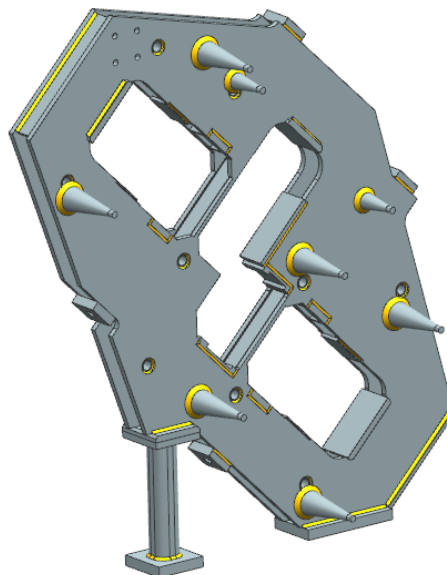
Obr. 49 - Detail pinu

K vnitřní straně bočnice/stojanu je v horní části přišroubován příčník čtyřmi šrouby M45. Příčník slouží jak vzpěry mezi dvěma bočnicemi/stojany. Příčník u varianty 2 má však menší průřez dosedací plochy než je tomu u původní varianty a varianty 1.

Vnitřní část stojanu je zpevněna sedmi plechy, které slouží také jako kontaktní plochy pro hydraulické válce a ložisková pouzdra.

Celá bočnice/stojan je podepřena stojinou, která je přivařena k bočnici. Stojina je čtvercového průřezu o rozměrech 200x200 mm. Na koncích stojiny jsou navařeny plechové desky, které mají pomáhat s lepší distribucí tlaku.

Materiál jednotlivých komponent stojanu je ocel 11 373 dle ČSN s mezí kluzu 220 MPa (po normalizačním žíhání).



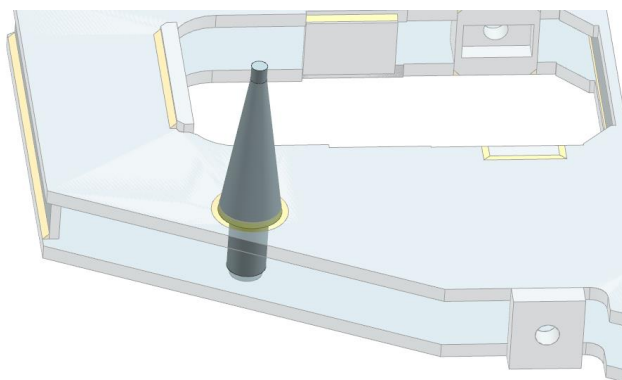
Obr. 50 - Blokový svařovaný stojan

7.1.3 Varianta 3 – plechový svařovaný stojan s kapkovým designem

Varianta 3 vychází přímo z varianty 2. hlavní rozdíly mezi těmito variantami jsou rozdílný počet pinů, které pomáhají vyztužovat konstrukci, a konstrukci konzolek.

Na rozdíl u varianty 2, kde je devět pinů, jsou u varianty 3 pouze piny tři. Tyto komponenty jsou umístěny tak, aby pomáhaly při montáži/svařování konstrukce, tak i napomáhali lepší distribuci napětí přes celý rám.

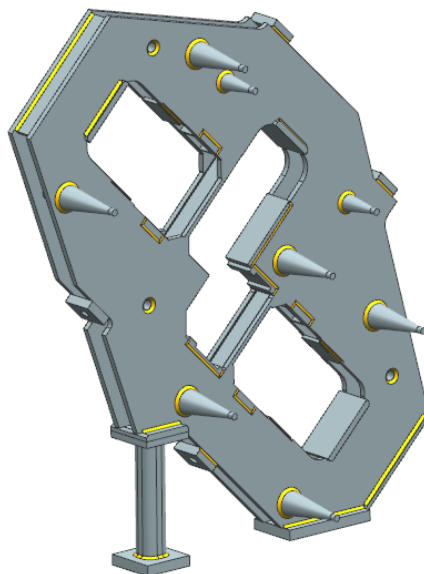
Konzolky mají modifikovaný design oproti variantě 2. Nejsou navařovány pouze na vnější desku stojanu/bočnice, ale protínají oba boční plechy. V každém z těchto plechů je konzolka přivařena koutovým svarem, na vnější desce 30x30 mm a na vnitřní desce 10x10 mm. Tento způsob designu má napomoci k lepší distribuci zatížení do rámu, které na konzolku působí.



Obr. 51 - Detail uchycení konzolky

Stejně jako u předchozí verze, tak i u této je celá bočnice/stojan podporována stojinou o čtvercovém průřezu 200x200 mm. Na koncích stojiny jsou navařeny plechové desky, které mají pomáhat s lepší distribucí tlaku.

Materiál jednotlivých komponent stojanu je ocel 11 373 dle ČSN s mezí kluzu 220 MPa (po normalizačním žihání).



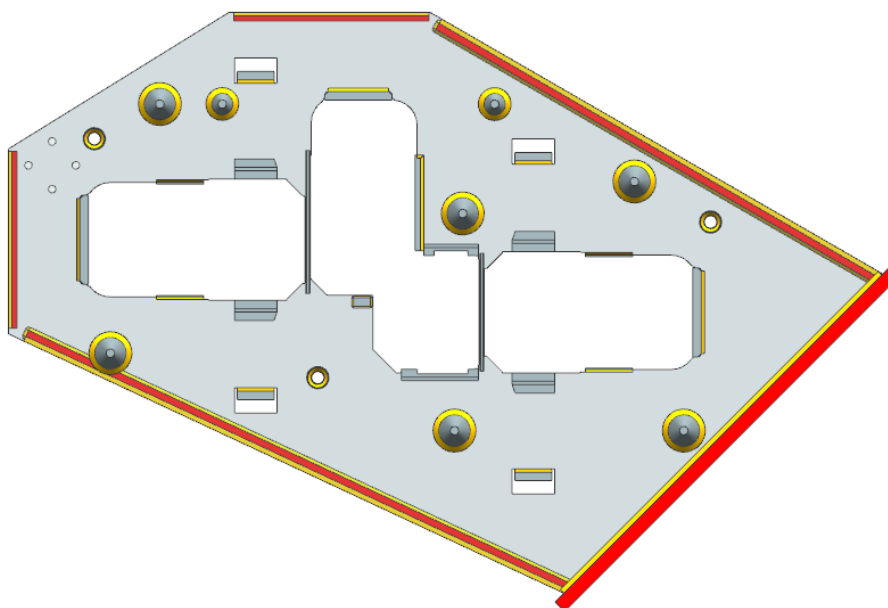
Obr. 52 - Svařované plechy s neděleným designem

7.1.4 Varianta 4 – plechový svařovaný stojan s designem široké desky

Poslední varianta se vyznačuje charakteristickým designem, kterému dominuje široká deska bočního plechu. Tato varianta přímo navazuje na variantu 3, kde přebírá design konstrukce konzolek, počet a rozmístění pinů.

I zde mají piny a konzolky pomoci při montáži a zlepšit distribuci zatížení do těla rámu od sil působících na konzolky.

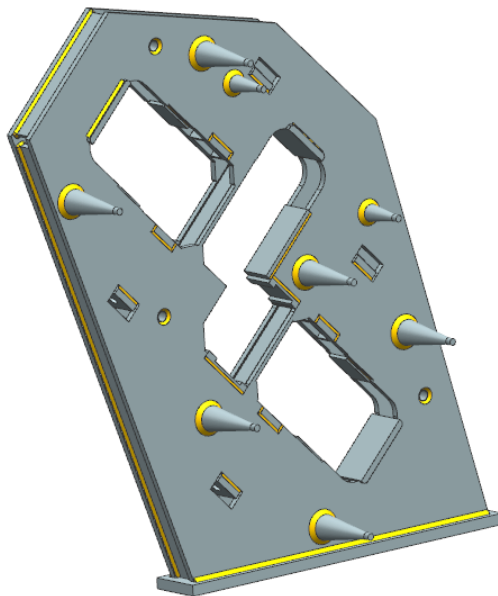
Oproti předchozím variantám jsou zde použity vyztužující plechy po celém obvodu bočnice/stojanu (kromě jedné stěny). Tyto plechy jsou přivařeny k bočním koutovými svary o rozměrech 20x20 mm. Detail lze vidět na Obr. 53, kde jsou dané plechy vyznačeny červeně.



Obr. 53 - Detail obvodových plechů

Dalším hlavním rozdílem oproti všem předchozím variantám je, že zde nenalezneme rozdělené podpěry/nohy stojanu. V tomto případě je zde pouze jedna styčná plocha, která je v kontaktu se „zemí“.

Materiál jednotlivých komponent stojanu je ocel 11 373 dle ČSN s mezí kluzu 220 MPa (po normalizačním žíhání).

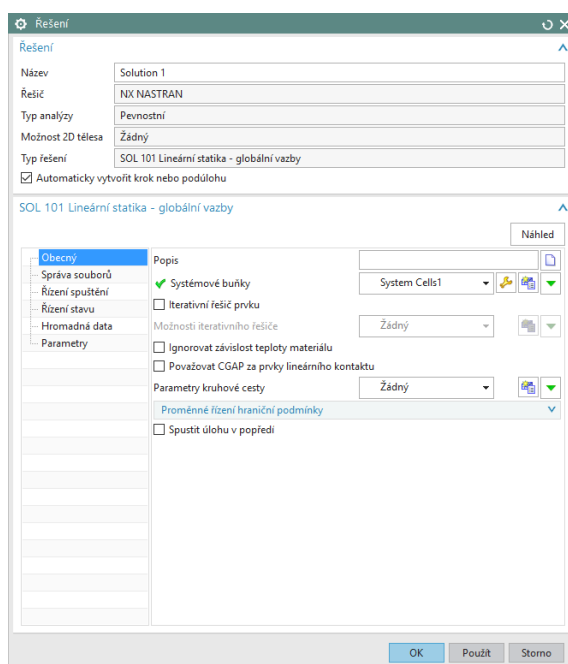


Obr. 54 - Svařované plechy s optimalizovaným tvarem

7.2 MKP analýza – příprava výpočtů

Použité okrajové podmínky a zatěžující síly byly zadány společností Buzuluk a.s.. Všechny tyto podmínky a síly vycházejí z reálných provozních stavů. Uvažováno je také gravitační zrychlení.

K výpočtům byl použit software NX 10 s výpočtovým jádrem NASTRAN. Veškeré 3D modely sloužící pro výpočty byly vytvořeny tímto programem. K výpočtům bylo použito metody konečných prvků a to konkrétně SOL101, dle nastavení programu (viz. Obr. 55).



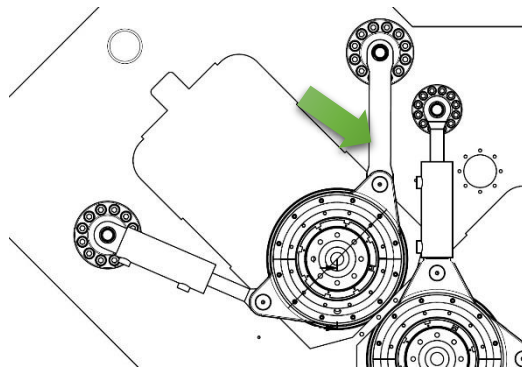
Obr. 55 - Kontextová tabulka nastavení/výběr simulace

Požadovaným výstupem z programu NX 10 jsou napětí působící v kalandru a také posunutí ve směru os souřadnicového systému.

7.2.1 Použité okrajové podmínky a zatěžující síly

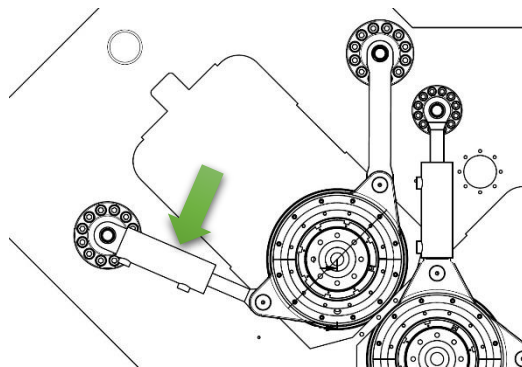
Na obrázku Obr. 58 lze vidět síly, které působí mezi konzolkami a naklápěcím zařízením válců.

Naklápěcí zařízení je spojeno s konzolkou za pomoci obdélníkového prutu o rozměrech 100x40 mm. Tento prut vyvozuje reakce k příslušné konzolce. Tento prut je na Obr. 56 zvýrazněn šipkou.



Obr. 56 - Spojovací prut mezi naklápěcím zařízením a konzolkou

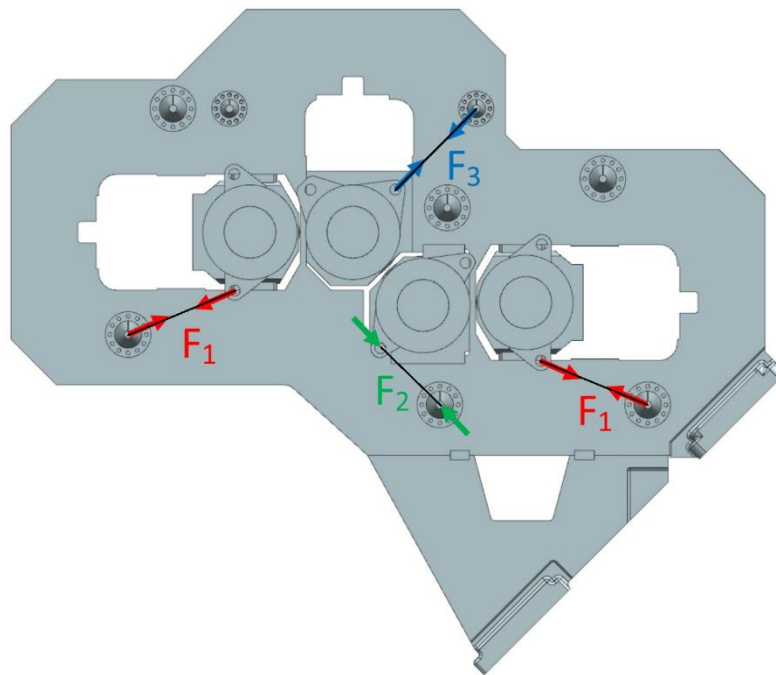
V druhé části spojovacích elementů je užito hydraulického válce. Válec je spojen s konzolkou a naklápěcím zařízením stejně jako v případě prutu. Oproti prutu, hydraulický válec vyvozuje sílu, která působí mezi výše zmíněnými dvěma prvky. Tento hydraulický válec je na Obr. 57 zvýrazněn šipkou.



Obr. 57 - Hydraulický válec mezi naklápěcím zařízením a konzolkou

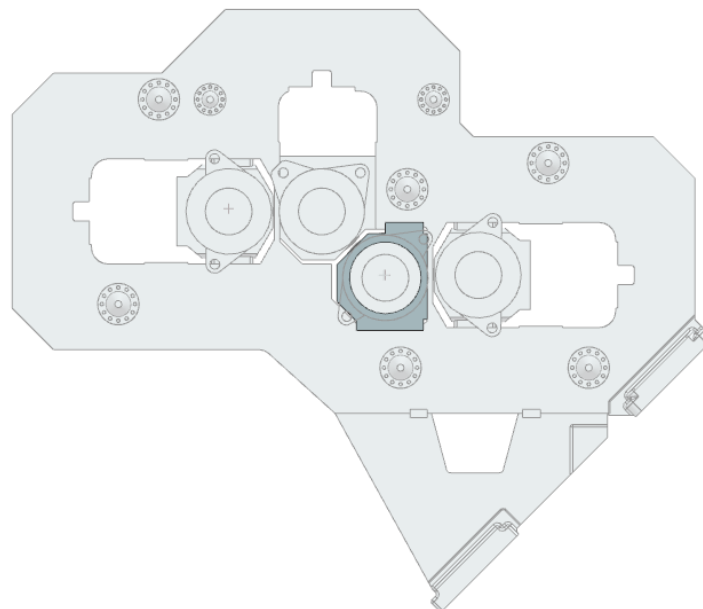
Hydraulické válce na každé dvojici naklápěcího zařízení a konzolky vyvozují silový účinek. Jak je patrné z popisu výše, silové působení využívá na jedné sadě spojení mezi výše zmíněnými prvky. Působíště sil jsou blíže ukázány na Obr. 58.

Působí zde tři hlavní síly, a to F_1 , F_2 a F_3 . Síla F_1 je o hodnotě 107 900 N a nachází se u nejvýše a nejnižší položeném válci. F_2 nabývá hodnoty 59 500 N a působí na druhou ze spodu sestavu konzolka, naklápěcí zařízení, válec. Síla F_3 má velikost 22 000 N a je umístěna na sestavě třetí (na Obr. 58 třetí zprava).



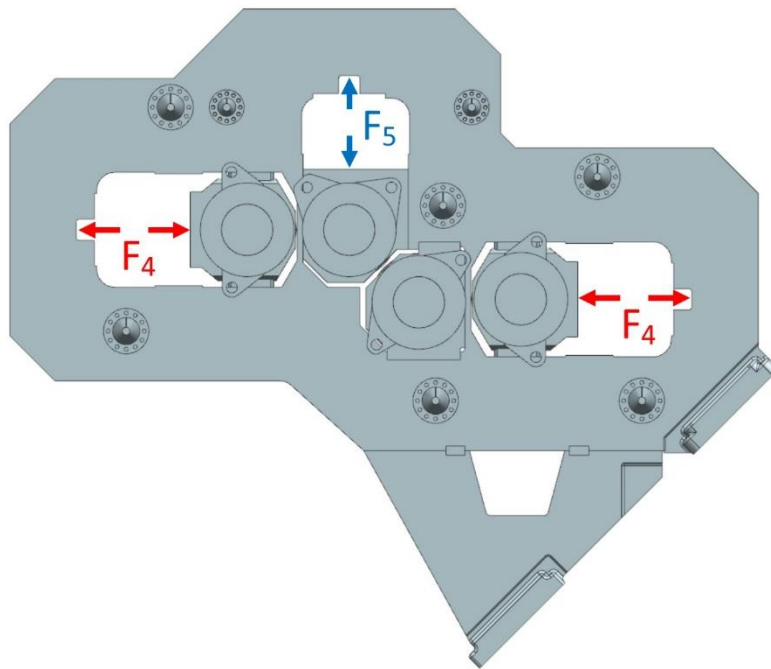
Obr. 58 - Síly vyvozené hydraulickými válci a působící na konzolky

Další silové účinky jsou vyvozeny hydraulickými válci, které „tlačí“ na ložisková pouzdra. Tyto účinky působí pouze na tři ložisková pouzdra. Pouzdro, na které není vyvozována žádná síla od hydraulických válců je ukázáno na Obr. 59.



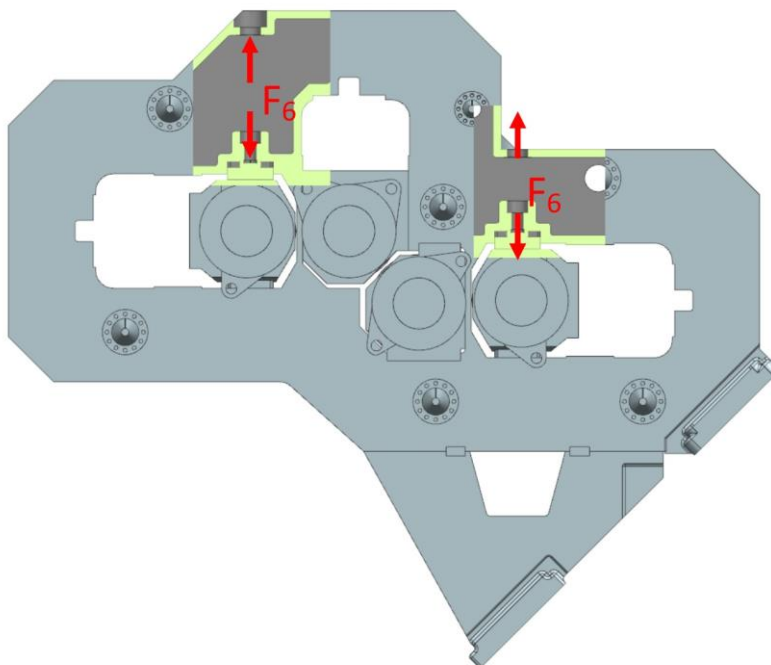
Obr. 59 - Umístění pouzdra bez přímého zatížení silou

Na Obr. 60 lze vidět umístění silových působišť silových účinků. Síla F_4 má hodnotu 430 000 N a je směřována na okrajové ložisková pouzdra. F_5 má velikost 61 000 N.



Obr. 60 - Síly vyvozené hydraulickými válci a působícími na ložisková pouzdra a rám

Poslední silou je F_6 . Tato síla se nachází na vymešovacích kamenech, které drží a určují polohu obou krajních ložiskových pouzder. Síla se nachází pouze na horní sadě vymešovacích kamenů (viz. Obr. 61). Spodní sada kamenů je nastavována mechanicky. Síla F_6 má velikost 28 500 N.



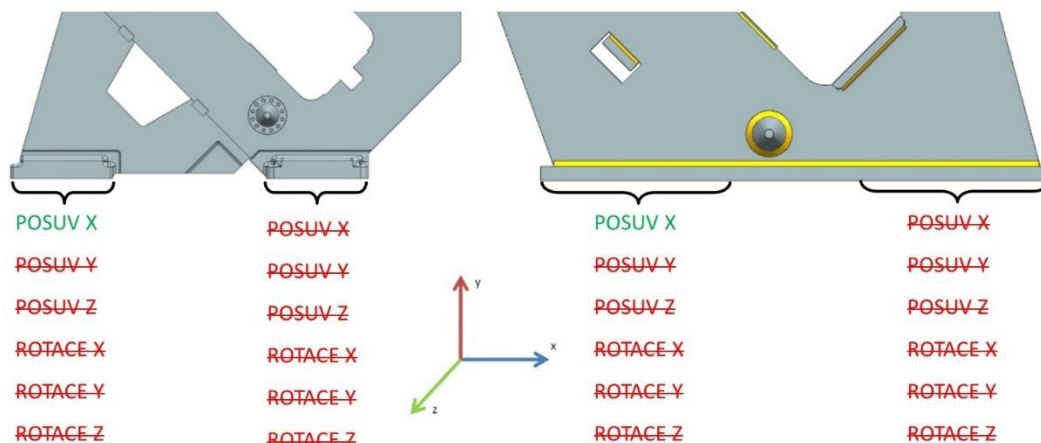
Obr. 61 - Síly vyvozené hydraulickými válci a působícími na vymešovaci kameny a rám

Na styčné plochy stojanu se „zemí“ jsou umístěny vazby. Tyto vazby jsou dvojího druhu. Jedna je umístěna na pravou „nohu“ stojanu (bráno při normálovém pohledu na vnější stěnu stojanu/bočnice) a odebírá všechny stupně volnosti jak posuvové, tak rotační. Druhá vazba je

umístěna levé „noze“ (bráno při normálovém pohledu na vnější stěnu stojanu/bočnice). Tato vazba zakazuje rotace kolem všech os a posuvy ve směru „y“, „z“. Posuv ve směru „x“ je povolen.

Na Obr. 62 lze vidět místa, kde působí vazby. V pravé části obrázku jsou zobrazeny vazby pro stávající řešení a varianty 1, 2 a 3. V pravé části je vidět umístění vazeb u varianty 4.

U varianty 4 jsou vazby umístěny na ploše odpovídající délce násobku jedné třetiny celkové délky plechového dílu, na kterém jsou umístěny.



Obr. 62 - Stupně volnosti na styčných plochách

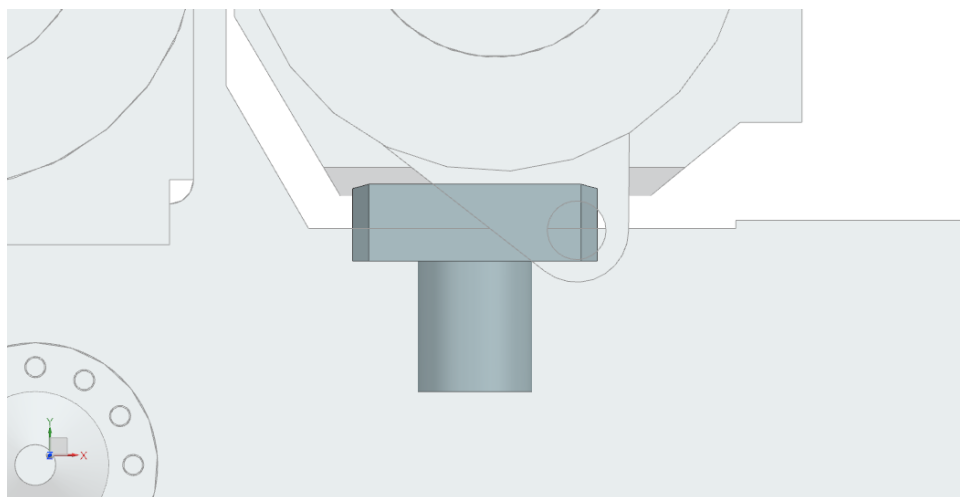
7.2.2 Nastavení výpočetního softwaru

Simulace vytvořené v programu NX 10 zahrnují kromě bočnice/rámu i dodatečné komponenty, jež měly zajistit správnost dosažených výsledků.

Těmito komponentami jsou příčník, vymežovací kameny, ložisková pouzdra, válce a naklápěcí zařízení válců.

Příčník slouží ke zvýšení stability dvou spojených rámu/bočnic. Umístěn v horní části stojanu a připevněn k ní čtyřmi šrouby M45. Příčník se modeluje pouze jako polovina skutečného prvku a ve výpočtu se mu přiřazuje vazba symetrie.

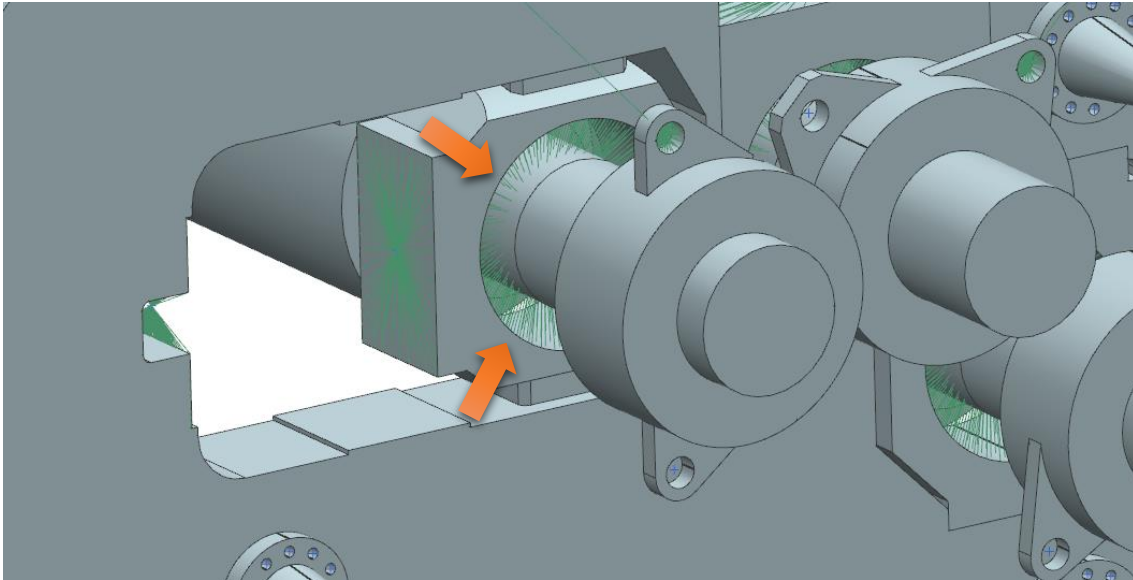
Vymežovací kameny se nacházejí ve vedeních, které umožňuje pouze přímočarý posuv. Kameny drží polohu nejkrajnějších ložiskových pouzder. Detail vymežovacího kamene lze vidět na Obr. 63.



Obr. 63 - Detail umístění vymežovacího kamene

Stejně jako příčník, tak i u válců jsou uvažovány pouze jejich poloviny. V rovinách polovin válců jsou umístěny vazby, které mají zajistit patřičné symetrické chování. Také zde dochází k napojení válců na ložisková pouzdra a to za pomoci 1D prvků.

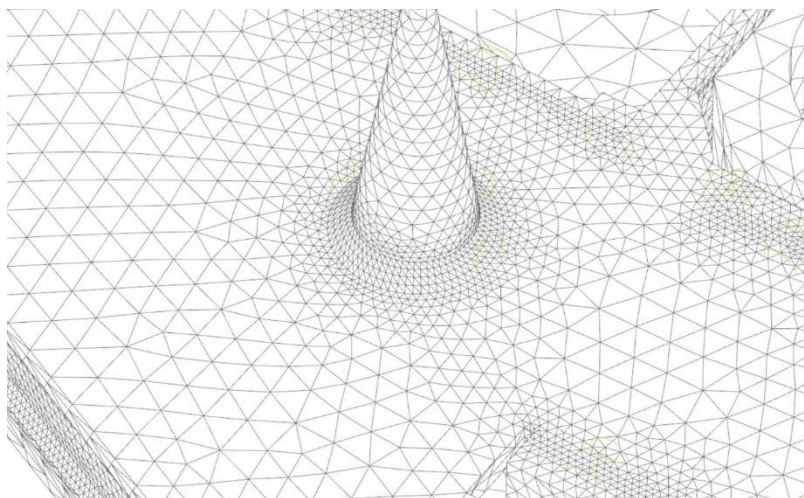
Dále jsou uvažována pouze ložisková pouzdra bez ložisek samotných. Interakce mezi ložiskovým pouzdem a válcem probíhá za pomoci „couplingových“ 1D prvků. Ložisková pouzdra jsou v přímém kontaktu s povrchy rámu. Příklad „couplingu“ mezi ložiskovým pouzdem a válcem lze vidět na Obr. 64 (označeno šipkou).



Obr. 64 - Ukázka "couplingu" mezi prvky

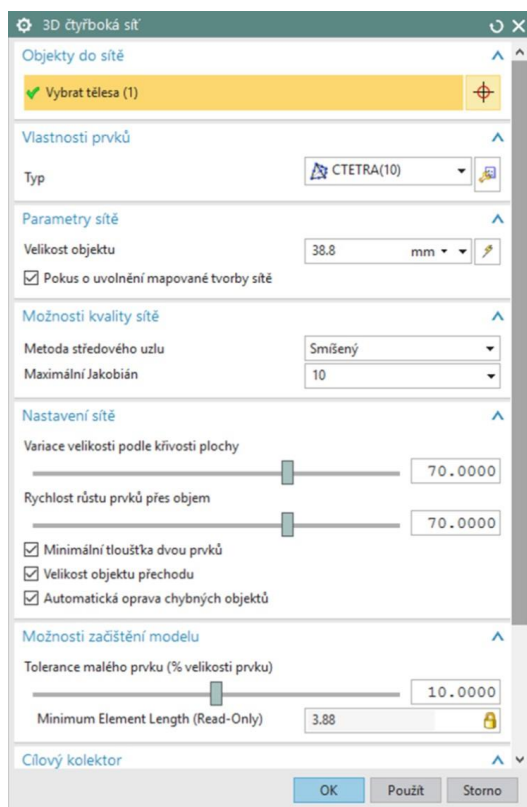
Naklápačící zařízení je spojeno s válci kombinací kontaktních vazeb a 1D prvků, které zamezují „vysunutí“ ze hřídele (rotační složky pohybu jsou povoleny). Tento prvek je spojen s konzolkami za pomoci prutu a „couplingového“ prvku. Prut je definován jako 1D prvek o průřezu 100x40 mm

Při síťování sestavy bylo využito desetibodových teadrů s automatickým přizpůsobováním se geometrii jednotlivých prvků. Díky této funkci se zjistilo, že v místech jako jsou díry, zaoblení, zkosení a kontakty svarů, se zaručuje vyšší hustota sítě. Díky níž v těchto místech můžeme docílit přesnějších výsledků. Příklad zasiťování lze vidět na Obr. 65.



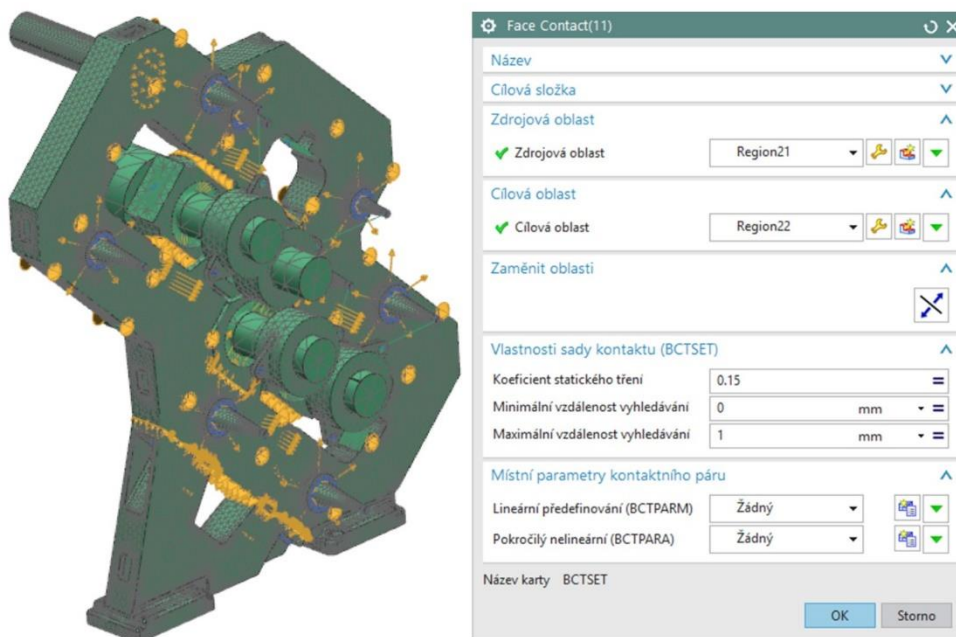
Obr. 65 - Detail sítě

Na Obr. 66 lze také vidět příklad kontextového okna pro tvorbu sítě.



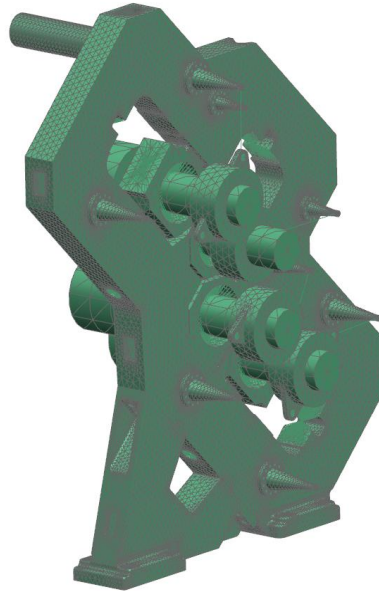
Obr. 66 - Kontextová nabídka tvorby sítě

Jelikož se jedná o sestavu, bylo nutné nastavit kontaktní vazbu mezi jednotlivými komponentami. Byly uvažovány všechny možné kontakty ve vzájemné vzdálenosti 1 mm. Koeficient pro tření byl nastaven na hodnotu 0,15, což odpovídá pro kontakt ocel – ocel.



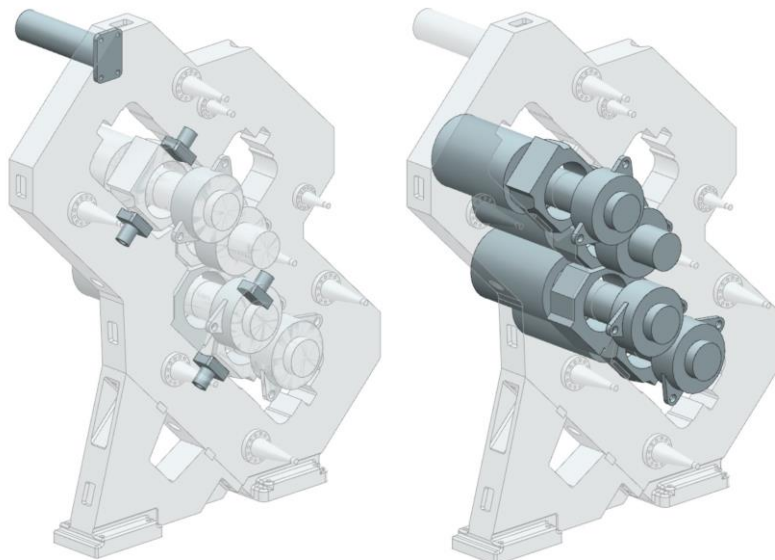
Obr. 67 - Nastavení kontaktních vazeb

Na Obr. 68 je zobrazena plně zasítovaná sestava kalandru. Jak již bylo zmíněno výše, sestava je počítána jako jedna polovina celého kalandru. Toto rozdělení reprezentují poloviny válců a příčnicku, u kterých byly nastaveny vazby zajišťující symetrické chování během výpočtu simulace.



Obr. 68 - Zasítování sestavy kalandru

Níže (Obr. 69) také lze vidět jednotlivé dodatečné komponenty a to konkrétně umístění příčnicku a vymežovacích kamenů (vlevo) a soustavu čtyř válců s ložiskovými pouzdry a naklápěcími zařízeními (vpravo).



Obr. 69 - Dodatečně uvažované prvky

Veškerá zmíněná nastavení, okrajové podmínky a zatěžující síly platí pro všechny varianty kalandrů (včetně varianty nulté/původní).

7.3 MKP analýza – vyhodnocení výpočtů

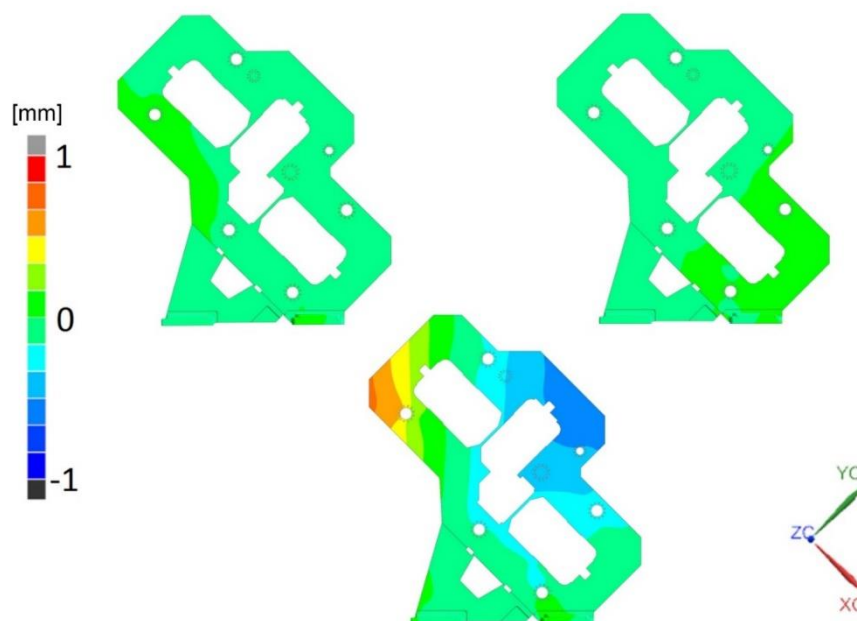
Výstupem z MKP analýzy se nám prezentují grafická znázornění průběhů posuvů ve směrech jednotlivých os a napětí.

Pro posuvy se nastavila identifikace výsledků v rozmezí -1 až 1 mm. Hodnoty se odečítají pro každou osu zvlášť. Na obrázcích níže se znázorňuje osa „x“ umístěna ve směru posouvání nejkrajnějších válců. Osa „y“ se určuje vektorem směru pohybu válce ve střední části kalandru. Osa „z“ představuje normálu na boční ploše stojanu. Kladné hodnoty osy „z“ se přičítají od vnější strany stojanu. V případě překročení hodnoty 1 (-1) mm se dané oblasti označují světlešedě (tmavošedě). Na obrázcích posuvů se nacházejí hodnoty ve směru „x“ vlevo nahoře, pro směr „y“ vpravo nahoře a pro směr „z“ ve spodní části obrázku.

Pro napětí byla nastavena identifikace výsledků v rozmezí 0 až 200MPa. V případě překročení hodnoty 200MPa se dané oblasti označují světlešedě.

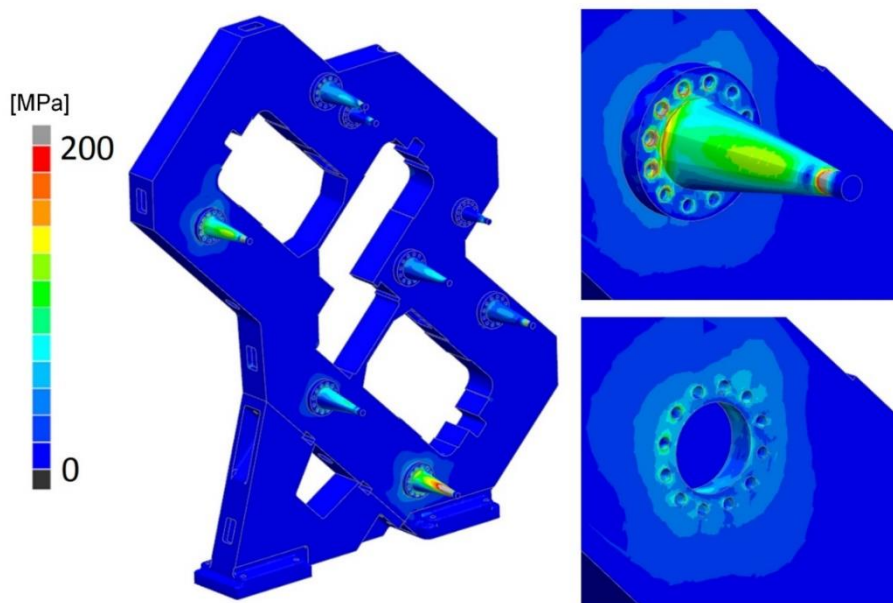
7.3.1 Analýza původního stojanu

K největším posuvům dochází ve směru „z“. Ve směru této osy je největší kladná odchylka situována v místě opory hydraulického válce do stěny stojanu od vrchního válce. Naopak největší záporná hodnota je dosažena ve střední části. Posuvy ve směrech „x“ a „y“ jsou v poměru se „z“ mnohem nižší. Bližší výsledky jsou zobrazeny v příloze 2 na stranách 2 – 4.



Obr. 70 - Analýza posuvu původního stojanu (horní levý - posunutí v x; horní pravý - posunutí v y; spodní - posunutí v z)

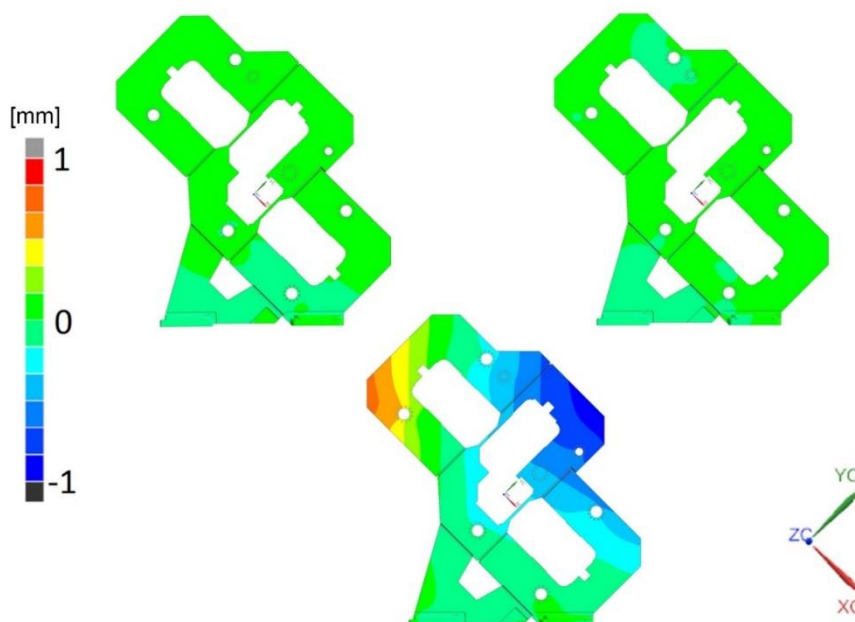
Při zanedbání napětí v konzolkách dochází k největšímu napětí v okolí míst spojení konzolek se stojanem. Hodnoty jsou však mnohem nižší, než je mez kluzu pro materiál tohoto stojanu. Bližší výsledky jsou zobrazeny v příloze 1 na straně 2.



Obr. 71 - Analýza napětí původního stojanu

7.3.2 Analýza varianty 1 (blokový svařovaný stojan)

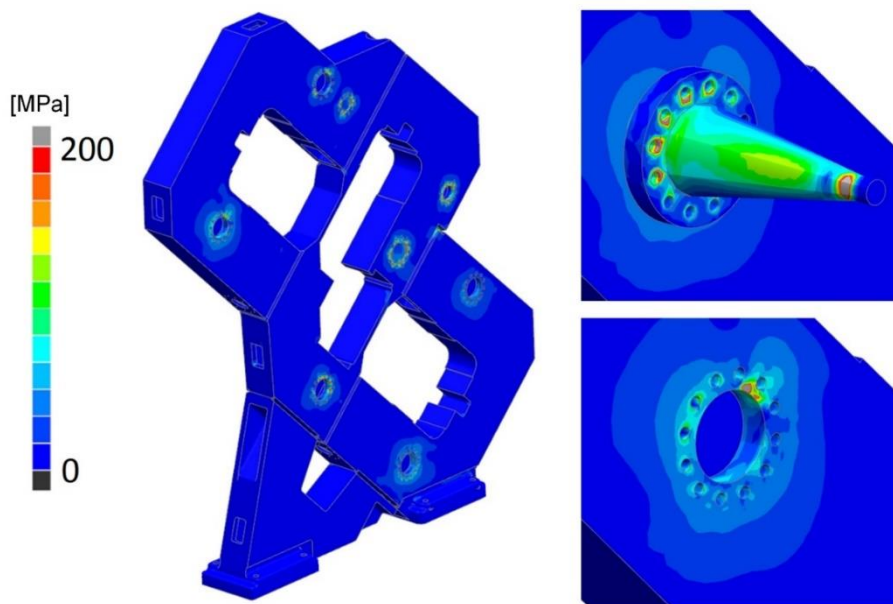
K největším posuvům dochází ve směru „z“. Ve směru této osy je největší kladná odchylka situována v místě opory hydraulického válce do stěny stojanu od vrchního válce. Naopak největší záporná hodnota je dosažena ve střední části. Posuvy ve směrech „x“ a „y“ jsou v poměru se „z“ mnohem nižší. Bližší výsledky jsou zobrazeny v příloze 2 na stranách 5 – 7.



Obr. 72 - Analýza posunutí blokového montovaného stojanu (horní levý - posunutí v x; horní pravý - posunutí v y; spodní - posunutí v z)

Při zanedbání napětí v konzolkách dochází k největšímu napětí v okolí míst spojení konzolek se stojanem. Průměrné hodnoty jsou níže, než je mez kluzu pro materiál tohoto stojanu. V místě

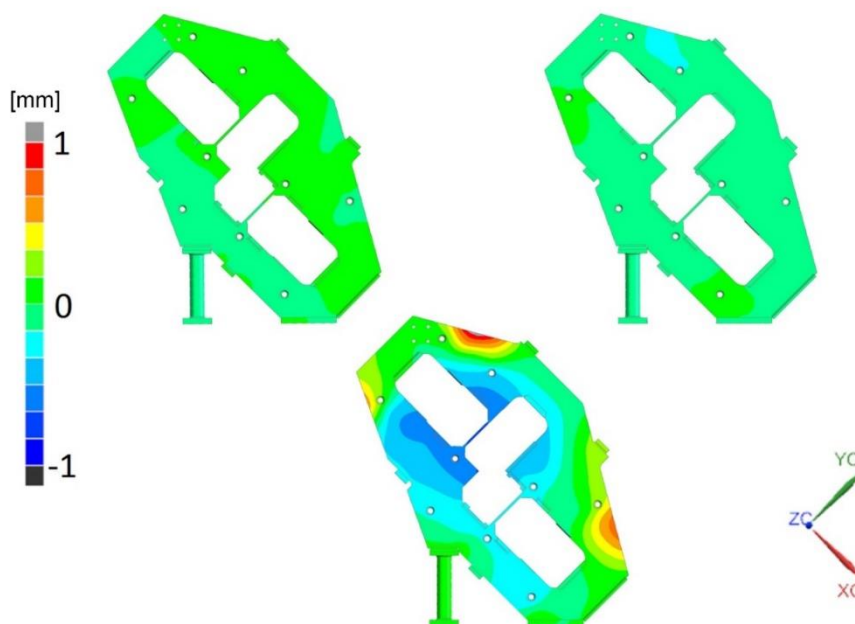
hrany otvoru (viz. Obr. 77) dochází k překročení 200 MPa. Tato napěťová špička je však projevem nedokonalosti sítě. Bližší výsledky jsou zobrazeny v příloze 1 na straně 3.



Obr. 73 - Analýza napětí blokového montovaného stojanu

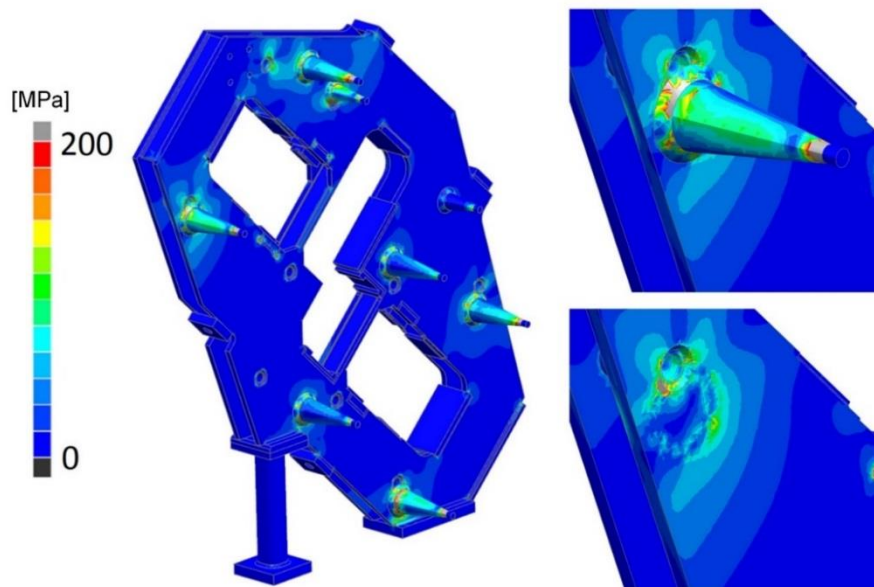
7.3.3 Analýza varianty 2 (plechový svařovaný stojan s kapkovým designem)

K největším posuvům dochází ve směru „z“. Ve směru této osy je největší kladná odchylka situována v místech kontaktu konzolek, které jsou napojeny na nejkrajnější válce. Naopak největší záporná hodnota je dosažena uprostřed bočnic. Posuvy ve směrech „x“ a „y“ jsou v poměru se „z“ mnohem nižší. Bližší výsledky jsou zobrazeny v příloze 2 na stranách 8 – 10.



Obr. 74 - Analýza posunutí blokového svařovaného stojanu (horní levý - posunutí v x; horní pravý - posunutí v y; spodní - posunutí v z)

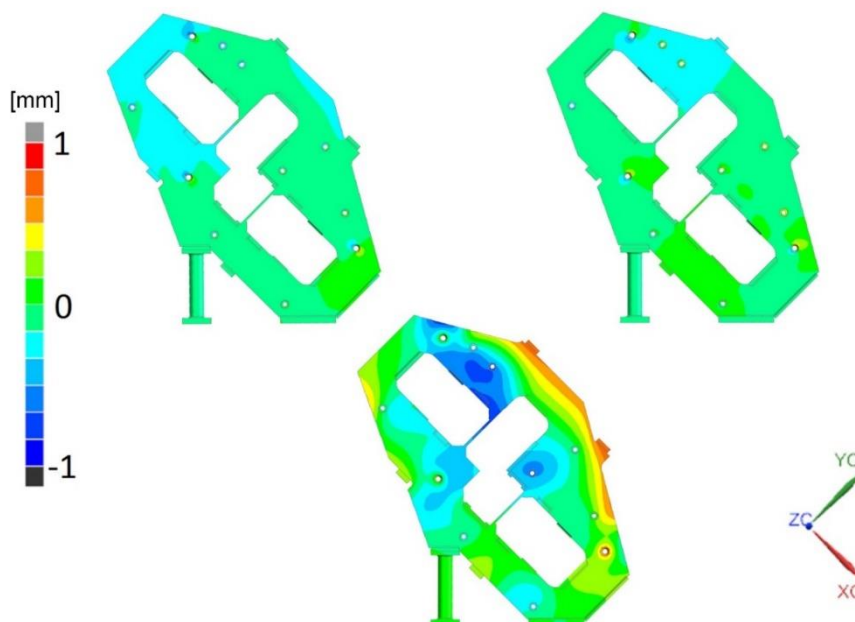
Při zanedbání napětí v konzolkách dochází k největšímu napětí v okolí míst spojení konzolek se stojanem a spojovacích pinů. Napětí v těchto místech dosahují kritické meze. Při uvažování konzolek a svarů lze vidět, že svary konzolek překračují 200 MPa a tudíž nevyhovují. Bližší výsledky jsou zobrazeny v příloze 1 na straně 4.



Obr. 75 - Analýza napětí blokového svařovaného stojanu

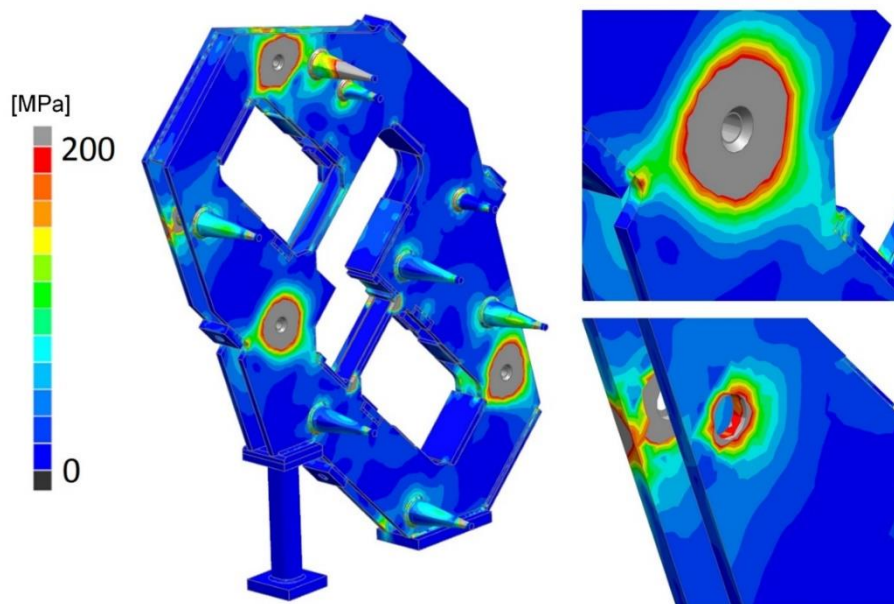
7.3.4 Analýza varianty 3 (plechový svařovaný stojan s kapkovým designem)

K největším posuvům dochází ve směru „z“. Ve směru této osy je největší kladná odchylka situována na okraji horního hřbetu. Naopak největší záporná hodnota je dosažena v místě kontaktu konzolky s bočnicí u horního krajního válce. Posuvy ve směrech „x“ a „y“ jsou v poměru se „z“ mnohem nižší. Bližší výsledky jsou zobrazeny v příloze 2 na stranách 11 – 13.



Obr. 76 - Analýza posunutí stojanu se svařovanými plechy a neděleným designem (horní levý - posunutí v x; horní pravý - posunutí v y; spodní - posunutí v z)

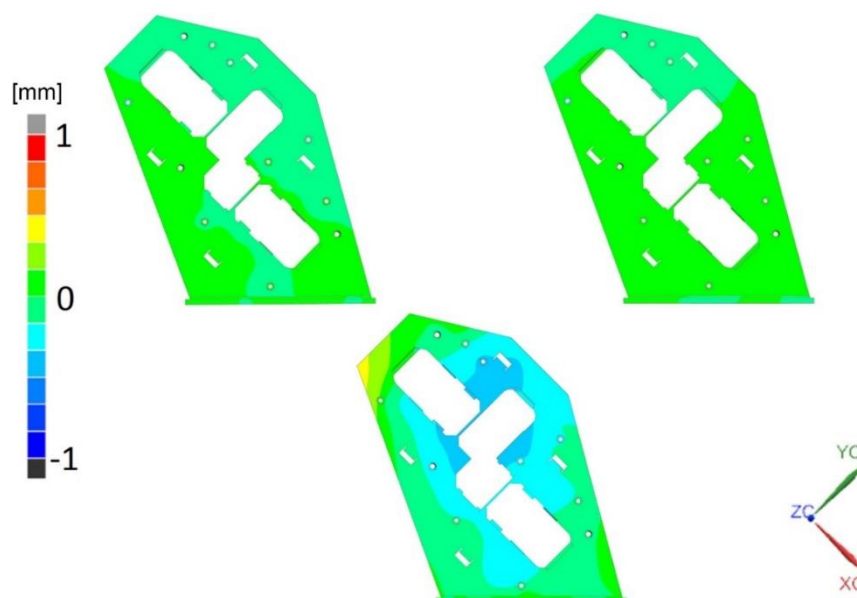
K největším napětím dochází v okolí míst spojovacích pinů a průchozích konzolek. Napětí v těchto místech přesahuje 200 MPa. Bližší výsledky jsou zobrazeny v příloze 1 na straně 5.



Obr. 77 - Analýza napětí stojanu se svařovanými plechy a neděleným designem

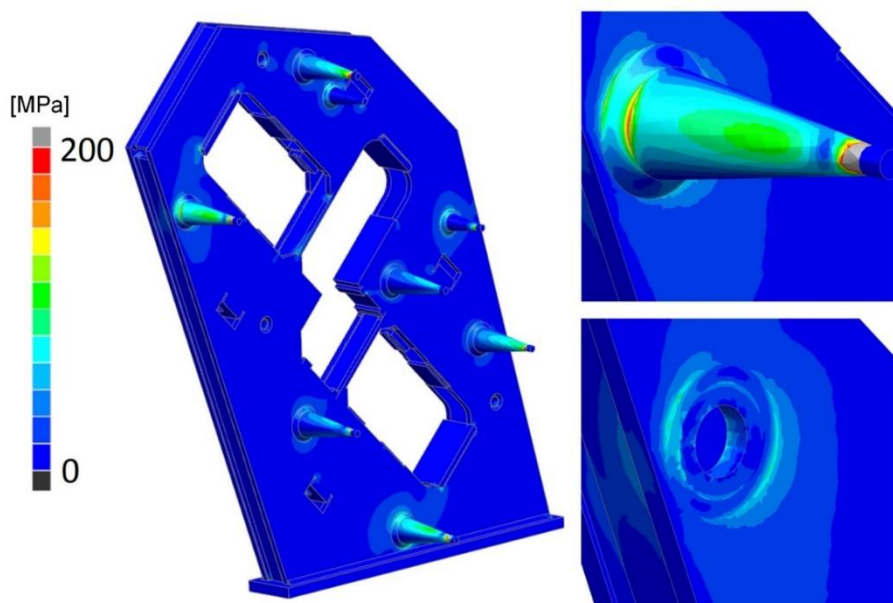
7.3.5 Analýza varianty 4 (plechový svařovaný stojan s designem široké desky)

Dá se říci, že u této varianty dochází pouze k záporným posuvům, které jsou především uprostřed bočnic. V porovnání s předchozími variantami, posuvy ve směru „z“ jsou značně nižší. Bližší výsledky jsou zobrazeny v příloze 2 na stranách 14 – 16.



Obr. 78 - Analýza posunutí stojanu se svařovanými plechy a optimalizovaným tvarem (horní levý - posunutí v x; horní pravý - posunutí v y; spodní - posunutí v z)

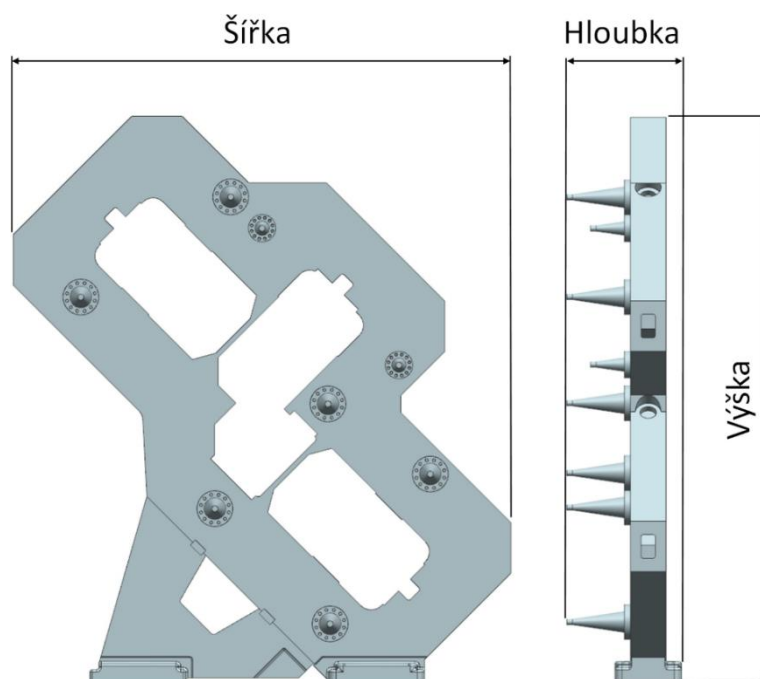
Největší napětí jsou v místech průchozích konzolek. Hodnoty jsou však velmi nízké a nejvíce se přibližují průběhu napětí ve stávajícím řešení kalendru. Bližší výsledky jsou zobrazeny v příloze 1 na straně 5.



Obr. 79 - Analýza napětí stojanu se svařovanými plechy a optimalizovaným tvarem

7.4 Porovnání variant a výběr nejvhodnější varianty

Jedním z hlavních parametrů, které mohou být měřeny a porovnávány, patří rozměry zástavbové. Na stojanu čtyř-válcového kalendru se změřila šířka, hloubka a výška. Šířka a výška představují maximálními hodnoty stojanu z hlediska nejzazších rozměrů kalendru. Hloubka je zde měřena jako vzdálenost od lemu patky až po vrchol konzolky. Pro bližší představu viz Obr. 80.



Obr. 80 - Hlavní rozměry stojanu

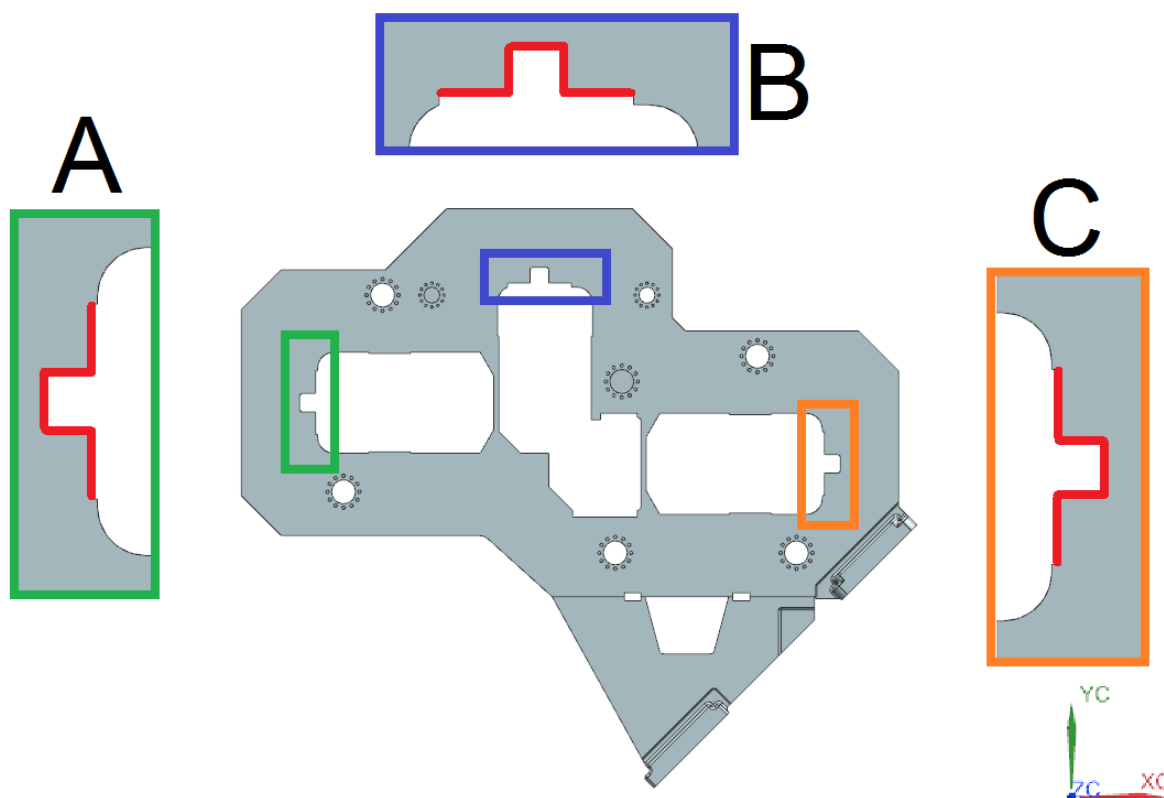
Z měření CAD modelu v programu NX se zjistilo, že rozměrově největší se zobrazuje varianta 1 sestávající řešení. Oba tyto stojany mají na výšku 4743 mm a na šířku 4165 mm. Hloubka obou stojanů se rovněž shoduje a činí 965 mm. Varianta 1 je designe o nejvyšší hmotnosti, která činí 12253 kg. Následuje stávající řešení o hmotnosti 11761 kg.

Plechové varianty 2, 3 a 4 se vyznačují jako mnohem menší a lehčí, než varianty odlévané. Nejlehčí prezentuje varianta 2 (6518 kg) následovaná variantami 3 (6562 kg) a 4 (7700 kg). Rozměry variant 2 a 3 se podobají a činí 4282 mm na výšku, 3762 mm na šířku a 860 mm na hloubku. Šířka varianty 4 se mění v mírně vyšší (3988 mm), ale ostatní rozměry se shodují s předchozími plechovými možnostmi.

Parametr	Hodnota				
	Stávající	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4
Hmotnost	11 761 kg	12 253 kg	6 518 kg	6 562 kg	7 700 kg
Šířka	4 165 mm	4 165 mm	3 762 mm	3 762 mm	3 988 mm
Výška	4 743 mm	4 743 mm	4 282 mm	4 282 mm	4 282 mm
Hloubka	965 mm	965 mm	860 mm	860 mm	860 mm

Tab. 1 - Porovnání základních parametrů

Z MKP analýzy byly zjištěny hodnoty posuvů v jednotlivých souřadnicových směrech X, Y a Z. Pro potřeby porovnání variant se odměřovaly plochy, jež v přímém styku s hydraulickými válci vyvozují tlak na ložisková pouzdra. Tyto hydraulické válce se na rámu „opírají“ na plochách vyznačených červenou čarou, které lze vidět na Obr. 81.



Obr. 81 - Odměřované plochy

Jednotlivé posuvy byly zpracovány do Tab. 1. Jednotlivé měřené oblasti A, B a C (viz. Obr. 81) jsou porovnávány z hlediska posuvů v jednotlivých osách. Hodnoty jsou uváděny v milimetrech. Bylo zjištěno, že žádný z odměřených posuvů nebyl větší než 1 mm. Největší

zjištěný posuve je v oblasti B ve směru osy „z“ u varianty 1. Hodnota tohoto posuvu je 0,709 mm.

Parametr	Posunutí X [mm]			Posunutí Y [mm]			Posunutí Z [mm]		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Stávající v.	-0,098	-0,080	0,015	-0,120	-0,076	0,001	0,207	-0,512	-0,091
Varianta 1	-0,009	0,006	0,018	-0,052	-0,020	0,007	0,196	-0,709	-0,107
Varianta 2	-0,117	-0,065	0,052	-0,031	-0,016	0,111	0,050	-0,325	-0,091
Varianta 3	-0,308	-0,138	0,028	-0,188	0,004	0,034	-0,079	0,022	0,202
Varianta 4	-0,037	0,022	0,035	-0,065	-0,067	0,023	0,016	-0,304	-0,032

Tab. 2 - Hodnoty posuvů v měřených místech

V následujících tabulkách jsou uvedeny absolutní hodnoty délkové změny mezi jednotlivými oblastmi oproti stavu bez zatížení. Z hodnot souřadnic pro směry „x“, „y“ a „z“ je vytvořena průměrná hodnota, která je pak porovnávána mezi variantami. Výsledky v Tab. 3 se vztahují k rozměru mezi oblastmi A a C. Nejnižší absolutní změnu vzdálenosti mezi oblastmi A a C je u varianty 4. Nejvyšší u varianty 3.

Parametr	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	∅ [mm]
Stávající	0,113	0,121	0,298	0,177
Varianta 1	0,027	0,059	0,303	0,130
Varianta 2	0,169	0,142	0,141	0,151
Varianta 3	0,336	0,222	0,281	0,280
Varianta 4	0,072	0,088	0,048	0,069

Tab. 3 - Rozdíl vzdáleností mezi A-C

Výsledky v Tab. 4 se vztahují k rozměru mezi oblastmi A a B. Nejnižší absolutní změnu vzdálenosti mezi oblastmi A a B je u varianty 4. Nejvyšší u varianty 1.

Parametr	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	∅ [mm]
Stávající	0,018	0,044	0,719	0,260
Varianta 1	0,015	0,032	0,905	0,317
Varianta 2	0,052	0,015	0,375	0,147
Varianta 3	0,170	0,192	0,101	0,154
Varianta 4	0,059	0,002	0,320	0,127

Tab. 4 - Rozdíl vzdáleností mezi A-B

Výsledky v Tab. 5 se vztahují k rozměru mezi oblastmi B a C. Nejnižší absolutní změnu vzdálenosti mezi oblastmi B a C je u varianty 3 a 4. Nejvyšší u varianty 1.

Parametr	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	∅ [mm]
Stávající	0,095	0,077	0,421	0,198
Varianta 1	0,012	0,027	0,602	0,214
Varianta 2	0,117	0,127	0,234	0,159
Varianta 3	0,166	0,030	0,180	0,125
Varianta 4	0,013	0,090	0,272	0,125

Tab. 5 - Rozdíl vzdáleností B-C

Dalším parametrem, který porovnávám je průměrné napětí ve stěně stojanu/bočnice. Výsledky jsou uvedeny v Tab. 6. Nejnižší hodnotu průměrného napětí má stávající kalandr. Nejvyšší napětí z porovnávaných variant je u varianty 4. Naopak nejvyšší se vyskytuje u varianty 3.

Parametr	Stávající	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4
Průměrné napětí [MPa]	11,4	23,7	16,5	50,9	14,1

Tab. 6 - Průměrné napětí plochy stojanu/bočnice

V Tab. 7 jsou hodnoceny jednotlivé varianty a stávající/používané řešení. K jednotlivým bodům jsou přiřazovány pořadí. Hodnoty vyplňované v tabulce mohou být v rozmezí 1 až 5. V případě, že některý z porovnávaných parametrů je stejný u více variant, pak je těmto variantám přiřazeno stejné pořadí. Dalším pořadovým číslem pak je přičtením 1 k sumě hodnocených variant.

Parametr	Stávající	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4
Hmotnost	4	5	1	1	3
Rozměry	4	4	1	1	3
Rozdíl vzdáleností A-C	4	2	3	5	1
Rozdíl vzdáleností A-B	4	5	2	3	1
Rozdíl vzdáleností B-C	4	5	3	2	1
Průměrné napětí	1	4	3	5	2
Celkové pořadí	4	5	2	2	1

Tab. 7 - Vyhodnocení jednotlivých variant

Z výsledků dle Tab. 7 vyplývá, že nejlepší variantou je číslo 4. Nejhorší dopadla varianta 1, která je, dle hodnocení, horší než stávající řešení.

8 Finanční náklady vybrané varianty

Následující kapitola pojednává o cenotvorbě vybrané varianty a porovnává ji se stávajícím řešením. Cenotvorba se vypracovala se vstupními údaji (marže, režijní náklady,...) společnosti Buzuluk, a.s., a proto nelze v této diplomové práci uvádět jakékoliv konkrétní hodnoty. Na všechny vypočtené částky se vztahuje obchodní tajemství, tudíž v následujících odstavcích se uvádějí pouze procentuální porovnání mezi vybranou variantou a stávajícím kalandrem.

Při kalkulaci jednotlivých stojanů se určily režijní hodnoty a přímé náklady. Přímé náklady zde figurují jako suma vlastních mezd, sociálních a zdravotních nákladů a také dalších provozních nákladů, např. vytápění výrobní haly nebo osvětlení.

V případě současné provozované varianty se počítalo s nákupní cenou odlitku. U svařovaného řešení k ceně materiálu se dopočítaly náklady na žihání.

Zjistilo se, že u současného kalandru činí poměr nákladů na materiál 58% z celkové ceny stojanu/bočnice. V případě svařence představuje tak 40%.

Při porovnání z hlediska materiálových nákladů vyplývá, že jsou o 34% nižší ve prospěch výše vybraného svařence. Po započítání ostatních nákladů se počítalo, že varianta 4 (vybraný návrh svařence) vychází levnější o 49%.

Bylo také zjištěno, že implementací svařované varianty by došlo až k devíti násobnému zrychlení dodávky. Dodávka svařence by tedy trvala pouze 12% času oproti současnému stavu.

Závěr

Diplomová práce byla rozdělena na oblast teoretickou a praktickou.

Teoretická oblast se nejprve zabývá historií gumy a kaučuků. Popisuje první kontakty se zpracováním této hmoty a způsoby, jakým se používala v běžném životě. Zmiňují se i historické reálie týkající se pěstování kaučuku a způsob jeho „těžby“. Historický popis se rozděluje do tří částí zabývající se předindustriální, industriální a moderní dobou.

V následující kapitole jsou zmíněny informace týkající se současného gumárenského průmyslu. Tato kapitola se rozděluje na tři hlavní části, a to na typické produkty, používané hmoty a používané stroje. V kapitole týkající se typických produktů se rozebírají jednotlivé výrobky z hlediska konstrukčního a výrobního. Používané hmoty se zde vyjmenovávají jak z hlediska výrobního, tak i chemického. U používaných hmot se provedlo základní dělení. V část týkající se používaných strojů se poukázalo na rozdělení a popis.

V kapitole nazvané „Trh s výrobcí válcovacích strojů“ uvádím soupis jednotlivých producentů a jejich základní informace. Také se zde zabývám strukturou současného trhu a uvažuji zde o možnostech budoucího vývoje.

Poslední kapitola z teoretického okruhu se zabývá představením společnosti Buzuluk. Firma se představuje z hlediska geografického a historického. Velmi stručně představují výrobní portfolio.

Praktická oblast začíná popisem řešeného problému, který poukazuje na požadavky výstupu práce. Dále následuje rozbor samotné problematiky a popsání jednotlivých okolností, jež vedly k tvorbě této práce. Poslední popisovanou oblastí je určení cílů.

Pro získání vstupních dat byl v této diplomové práci popsán současný stav (starý design) kalandru. Starý design se rozebírá z hlediska jednotlivých komponent a designu.

V hlavní části/kapitole (kapitola 7) této práce se zabývám variantním řešením a výběrem nejvhodnější varianty. Představuji zde jednotlivé varianty (celkem čtyři) a uvádím informace o jejich designu. Aby mohly být provedeny výpočty za pomoci výpočtového softwaru, uvádím, jakým způsobem byl výpočet připravován. Popisuji jednotlivé působící síly a vazby, které interagují s kalandrem. Následně uvádím výsledky z pohledu posuvů a napětí u jednotlivých variant, a to včetně nulté varianty (původní kalandr).

Porovnání výsledků MKP analýzy uvádím v kapitole 7.4 a jednotlivé varianty jsou zde porovnávány z pohledu rozměrů, hmotností a výsledků MKP analýzy.

Při výběru varianty byly porovnávány varianty mezi sebou v aspektech hmotností, rozměrů, posuvů a průměrných napětí. Byla připravena výsledková tabulka hodnocení pořadí, kde 1 označuje první místo a 5 poslední. Na základě výsledků bylo zjištěno, že varianta 4 je nejvhodnějším způsobem řešení.

Z finančního rozboru vyplývá, že vybraná varianta je levnější o 49%. Doba dodávky může být zkrácena na 12% oproti současnému stavu. Při výpočtu byly uvažovány veškeré přímé náklady a režie.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] ATeam. [Online]. Available: <http://www.ateam.zcu.cz/download/pryz.pdf>.
- [2] P. F. M. univerzity, „KAUČUK,“ [Online]. Available: <http://www.ped.muni.cz/wchem/sm/hc/hist/tov/kaucuk.html>.
- [3] www.zing.cz, „<http://www.zing.cz/>,“ [Online]. Available: <http://www.zing.cz/images/blog/files/81/8100.jpg>. [Přístup získán 6 11 2015].
- [4] H. C. s.r.o., „*Historie kaučuku*,“ [Online]. Available: <http://www.hese.eu/technicke-informace-clanky/historie-kaucuku>. [Přístup získán 7 11 2015].
- [5] B. SE, „vinci.com,“ [Online]. Available: [http://www.vinci.com/vinci/actualites.nsf/7075E19CFBDFCEEBC1257892003FB555/\\$file/BASF_Ludwigshafen-HD.jpg](http://www.vinci.com/vinci/actualites.nsf/7075E19CFBDFCEEBC1257892003FB555/$file/BASF_Ludwigshafen-HD.jpg). [Přístup získán 9 11 2015].
- [6] pneu360, „*Pneumatiky*,“ [Online]. Available: <http://static.pneu360.cz/image/500/pneumatiky/hankook-k117-s1-evo2-245/45-r19-102y-xxl-i3222.jpg>. [Přístup získán 7 11 2015].
- [7] ceskepneu.cz, „*Konstrukce pneumatiky*,“ [Online]. Available: <http://www.ceskepneu.cz/images/radce/konstrukce-pneumatiky.jpg>. [Přístup získán 8 11 2015].
- [8] J. Maláč, „*GUMÁRENSKÁ TECHNOLOGIE*,“ [Online]. Available: <http://www.home.karneval.cz/0323339201/>. [Přístup získán 8 11 2015].
- [9] cad.cz, „*Korečkové dopravníky*,“ [Online]. Available: http://www.cad.cz/images/stories/clanky/2013/03/koreckovy_dopravnik12.jpg. [Přístup získán 8 11 2015].
- [10] m. a. s. z. Úřad pro technickou normalizaci, „*Normy.biz*,“ [Online]. Available: <http://nahledy.normy.biz/images/00386-1.png>. [Přístup získán 8 11 2015].
- [11] H. s.r.o., „*Hadice tlakové na kyseliny a zásady*,“ [Online]. Available: <http://www.hansanet.cz/Upload/CategoryImages/hadice%20kyselina%20epdm.jpg>. [Přístup získán 8 11 2015].
- [12] s. TEGUZA, „*Technická pryž a technická guma*,“ [Online]. Available: <http://www.teguza.cz/sortiment/#hobby>. [Přístup získán 7 11 2015].
- [13] A. Zlín, „*Pogumování válců, kol a kladek s vyšší životností*,“ [Online]. Available: <http://www.edb.cz/clanek-188-pogumovani-valcu-kol-a-kladek-s-vyssi-zivotnosti>. [Přístup získán 7 11 2015].
- [14] S. I. d. P. d' Hévéas, „siph.wipiv.com/,“ [Online]. Available: <http://siph.wipiv.com/>. [Přístup získán 21 11 2015].

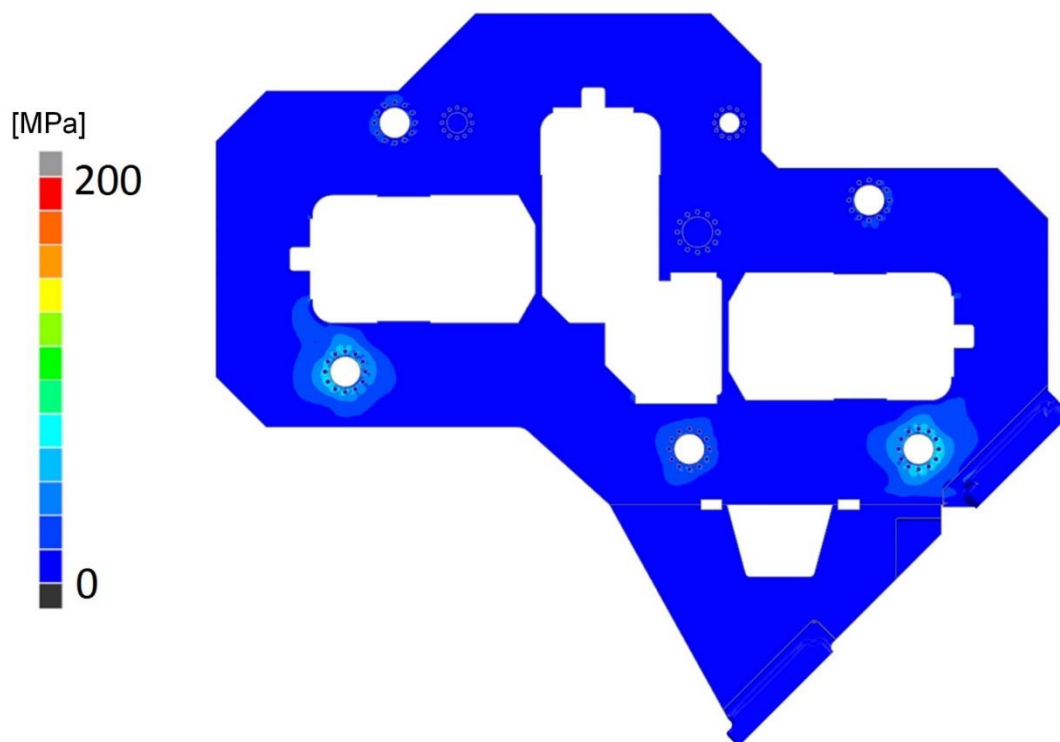
- [15] C. s. s. r.o., „commercial-pce.cz,“ [Online]. Available: http://www.commercial-pce.cz/media/wysiwyg/zastoupeni_firem/dinnissen/2137_Dinnissen_obr-3.jpg. [Přístup získán 20 11 2015].
- [16] M. u. v. Brně, „web2.mendelu.cz/,“ [Online]. Available: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/files/190/13880.jpg. [Přístup získán 20 11 2015].
- [17] L. s.r.o., „mujweb.cz/litmas.tanvald,“ [Online]. Available: <http://mujweb.cz/litmas.tanvald/images/06.gif>. [Přístup získán 20 11 2015].
- [18] T. u. L. - F. strojní, „ksp.tul.cz,“ [Online]. Available: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/06-vytlacovani/34-vytlacovaciho%20stroje.jpg. [Přístup získán 19 11 2015].
- [19] C. s.r.o., „canmet.eu,“ [Online]. Available: http://www.canmet.eu/files/filemanager_images/fotogalerie_1/files/ckeditor/Lisov%C3%A1n%C3%AD_spoj%C5%AF/Armovac%C3%AD_lisy/Armovac%C3%AD_Lisy_Finn-Power_pro_d%C3%ADlensk%C3%A9_%C3%BA%C4%8Dely/p20_x.jpg. [Přístup získán 19 11 2015].
- [20] S. Lesák, „strojelesak.cz,“ [Online]. Available: <http://www.strojelesak.cz/uploads/images/foto/311.jpg?phpMyAdmin=815569775ca7da0095378efcc895afca>. [Přístup získán 20 11 2015].
- [21] s. BOCO PARDUBICE machines, „boco.cz,“ [Online]. Available: http://www.boco.cz/content/id_produkty2_tree/thumbnails/405_625x0.jpg. [Přístup získán 19 11 2015].
- [22] C. M. s.r.o., „mtbs.cz,“ [Online]. Available: <http://mtbs.cz/media/foto/198/imge7cf3f485926fbf86d8094fbdcd7feab.jpg>. [Přístup získán 19 11 2015].
- [23] R. S. s. s. r.o., „rotas-strojirny.cz,“ [Online]. Available: http://www.rotas-strojirny.cz/media/user_space/vulkanizacni_lisy/VL_100_1.jpg. [Přístup získán 19 11 2015].
- [24] U. T. B. v. Zlíně. [Online]. Available: https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiX0qXpwtzMAhVGPBQKHVJFDjAQFggBMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.utb.cz%2Ffile%2F36172_1_1%2F&usg=AFQjCNEEeFe9694GJ6GE2zklWtc6Os09Bg&sig2=51rk-OxtVDNj4gUtCXrYQ&bvm=bv.12212977. [Přístup získán 15 5 2016].
- [25] Q. T. Magazine, „*Relatively strong group of medium-sized companies with rubber and plastics machines,*“ [Online]. Available: <http://www.quest-trendmagazine.com/en/machinery-industry/sectors/industry-structure-of-rubber-and-plastics-machinery.html>. [Přístup získán 21 11 2015].
- [26] Q. T. Magazine, „*Slight tendency to value-added rubber and plastics machines since 2013,*“ [Online]. Available: <http://www.quest-trendmagazine.com/en/machinery->

- industry/sectors/production-and-sales-of-rubber-and-plastics-machines.html. [Přístup získán 21 11 2015].
- [27] S. P. Chan, „*Storm clouds gather over global economy as world struggles to shake off crisis*,“ [Online]. Available: <http://www.telegraph.co.uk/finance/economics/11914819/imf-global-growth-forecasts-downgrade-economy-crisis.html>. [Přístup získán 21 11 2015].
- [28] i. Google, „Mapy,“ [Online]. Available: <https://www.google.cz/maps/place/Buzuluk+A.s./@49.8121795,13.8596169,518m/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0x470b072c21d78e01:0xddb5effcd145b312>. [Přístup získán 10 11 2015].
- [29] B. a.s., „BUZULUKU KOMÁROV,“ [Online]. Available: <http://www.buzuluk.com/cz/>. [Přístup získán 10 11 2015].
- [30] s. TYMA CZ, „*Historie kaučuku a pryže*,“ [Online]. Available: <http://www.tyma.cz/technicke-informace/materialy/historie-kaucuk-pryz/>. [Přístup získán 7 11 2015].
- [31] s. s. r. Pracovní stroje Teplice, „static.abc.cz/,“ [Online]. Available: http://static.abc.cz/generate-images/firma_rek_3_4oci/velka/54/47804.jpg. [Přístup získán 19 11 2015].
- [32] E. v.d., „elap.eu,“ [Online]. Available: <http://www.elap.eu/images/full/guma.jpg>. [Přístup získán 19 11 2015].
- [33] SVIAC, „sviac.free.fr,“ [Online]. Available: <http://sviac.free.fr/Images/oa2.jpg>. [Přístup získán 19 11 2015].
- [34] O. ELIONMOST MSK, „ru.all.biz,“ [Online]. Available: <http://www.ru.all.biz/img/ru/catalog/3388622.png>. [Přístup získán 20 11 2015].

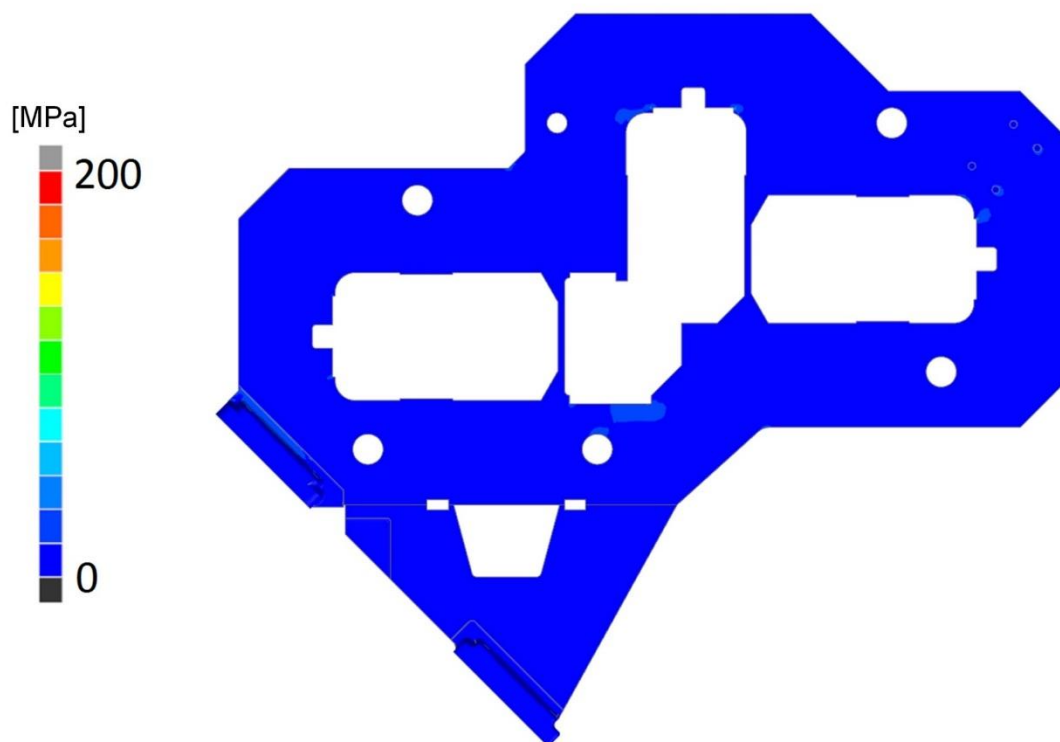
PŘÍLOHA č. 1

Průběhy napětí ve stěnách stojanu u jednotlivých variant

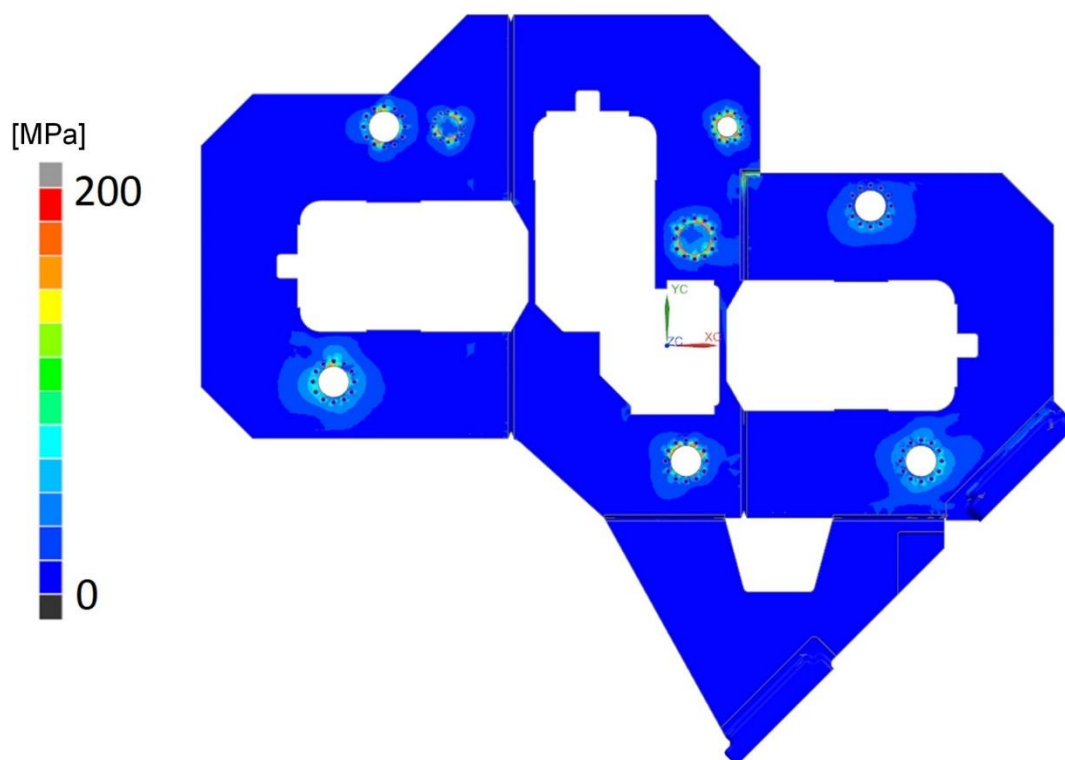
Výsledky MKP analýzy souč. varianty – Napětí na vnější straně



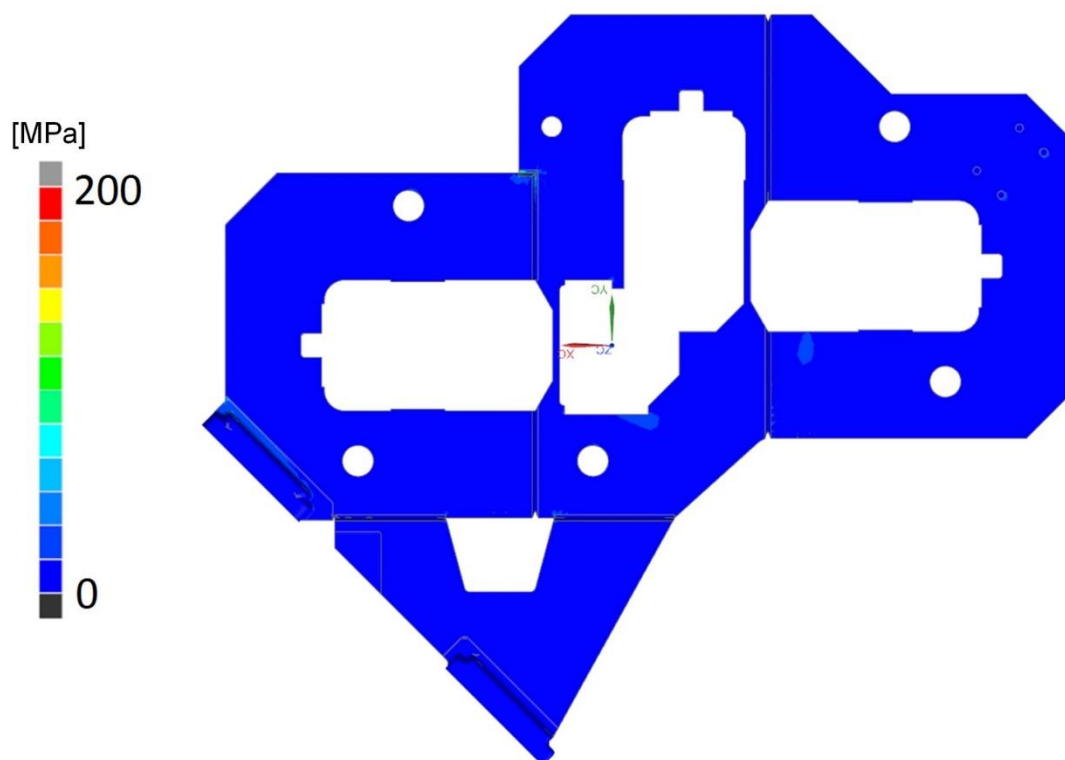
Výsledky MKP analýzy souč. var. – Napětí na vnitřní straně



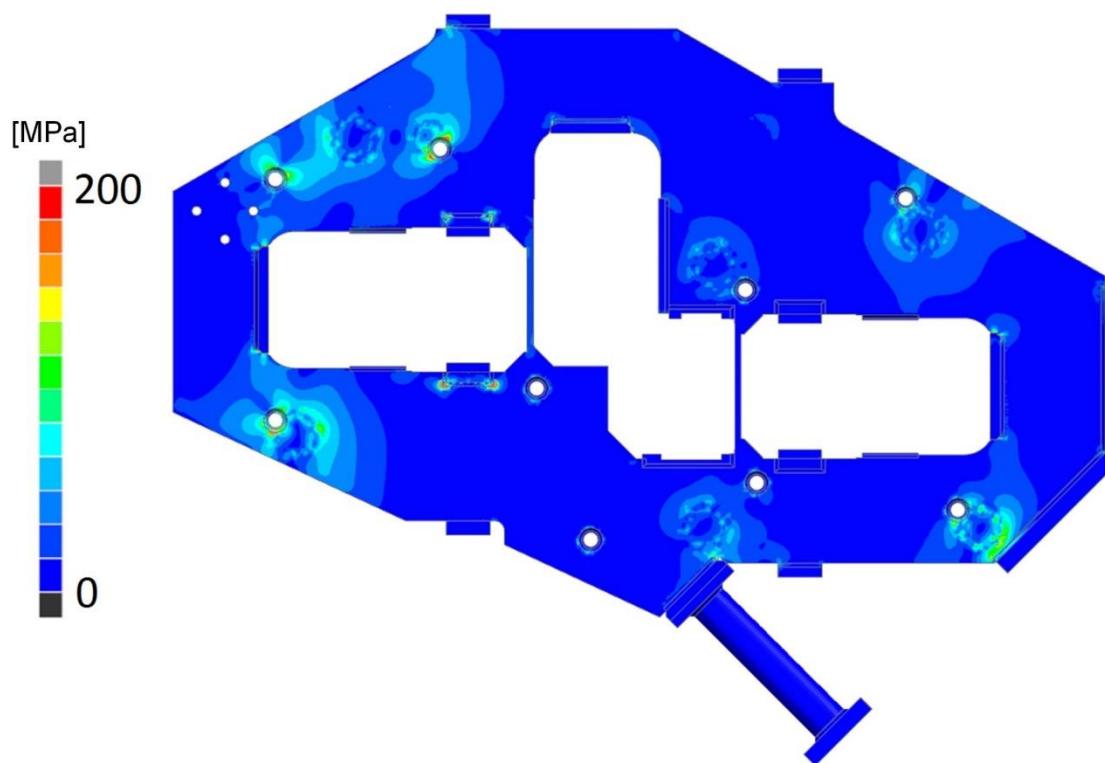
Výsledky MKP analýzy varianty 1 – Napětí na vnější straně



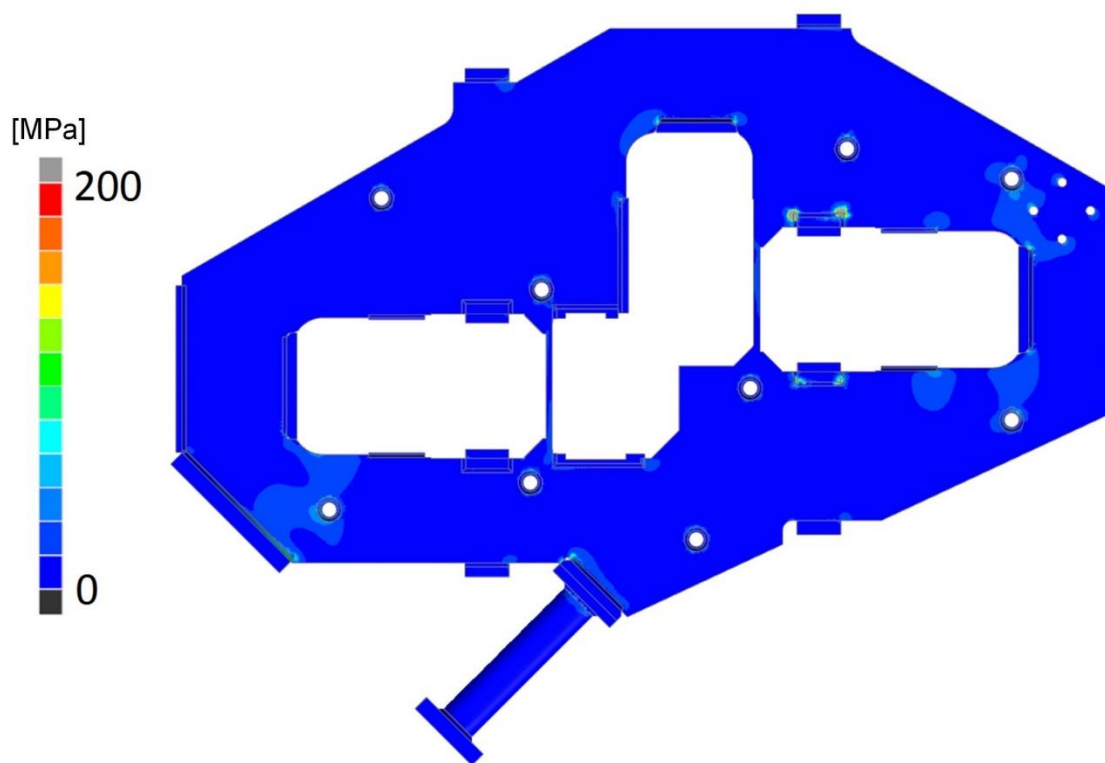
Výsledky MKP analýzy varianty 1 – Napětí na vnější straně



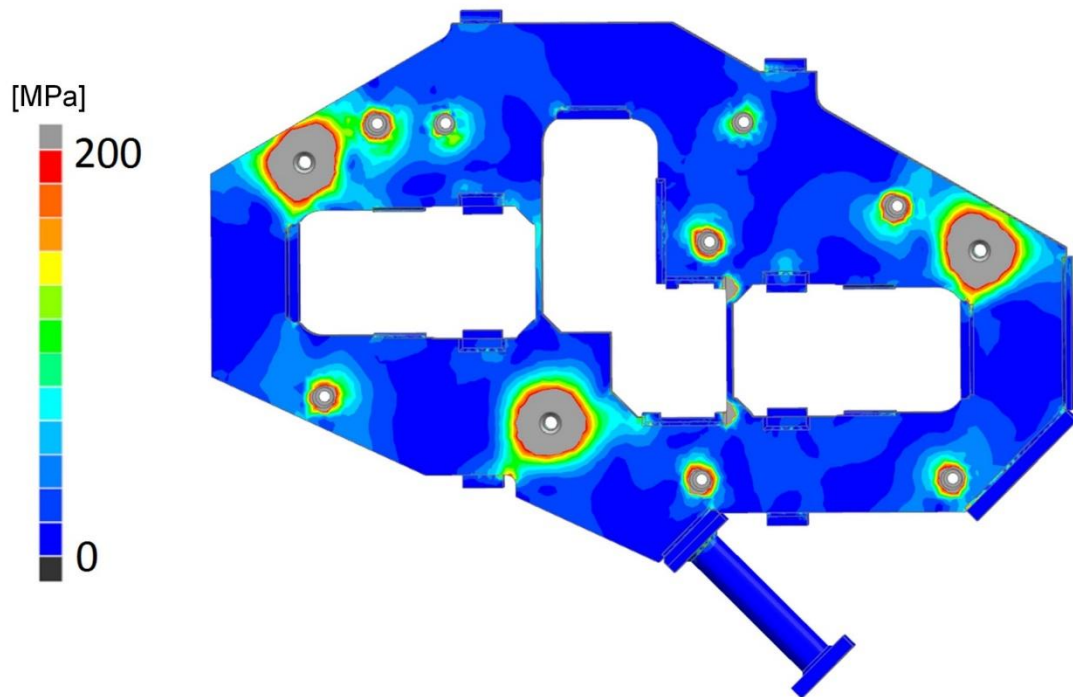
Výsledky MKP analýzy varianty 2 – Napětí na vnější straně



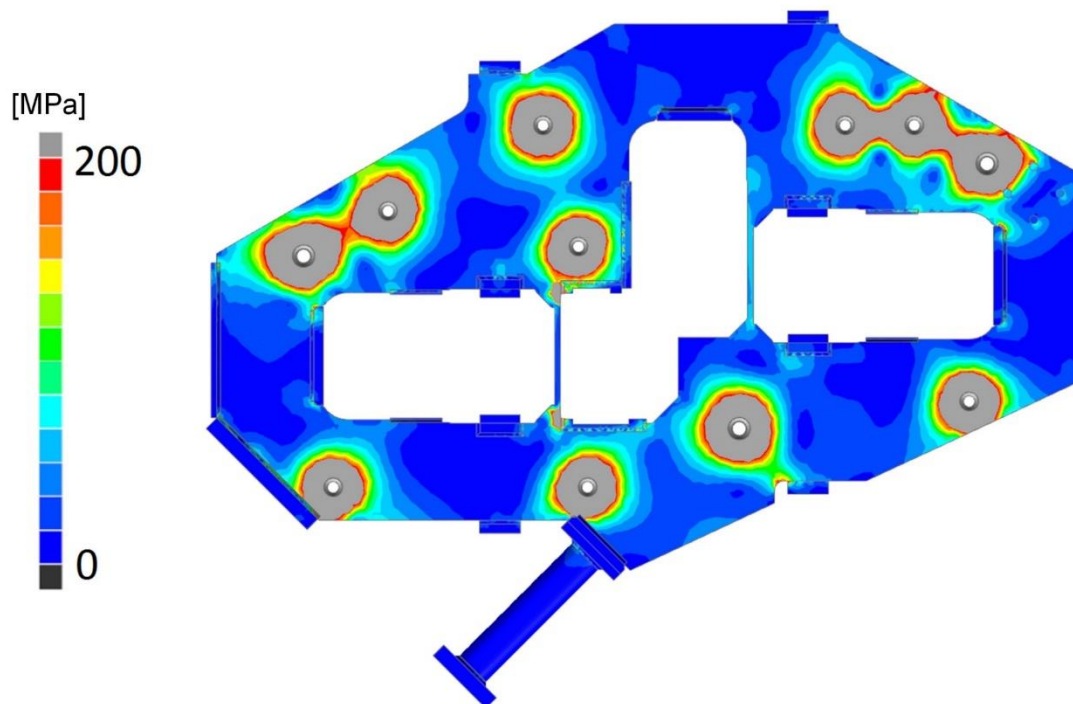
Výsledky MKP analýzy varianty 2 – Napětí na vnější straně



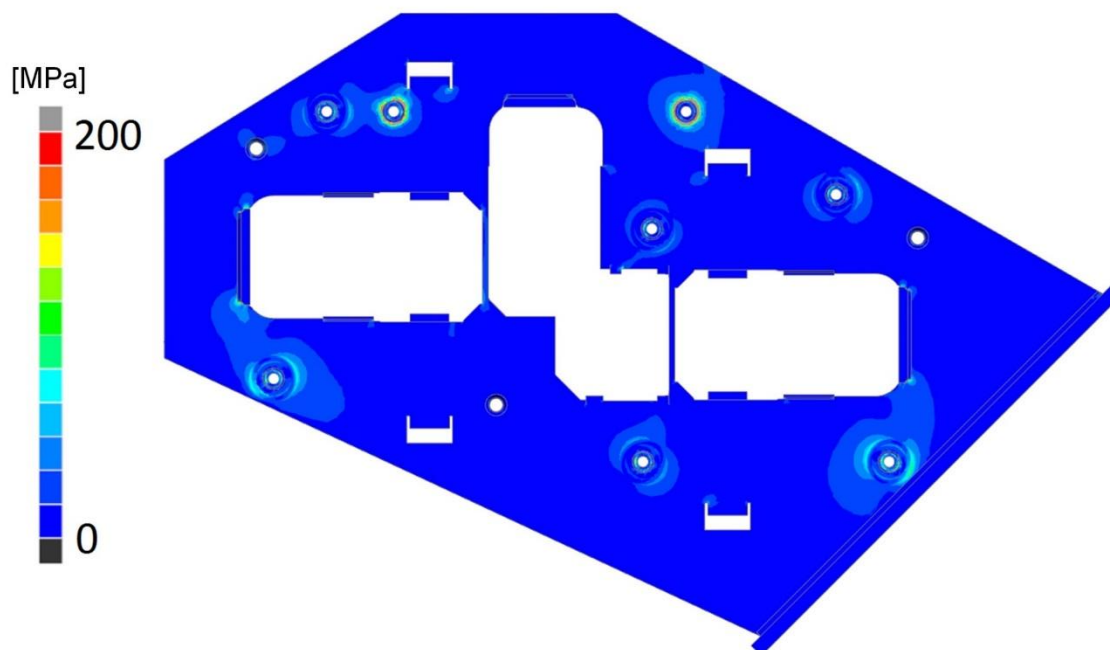
Výsledky MKP analýzy varianty 3 – Napětí na vnější straně



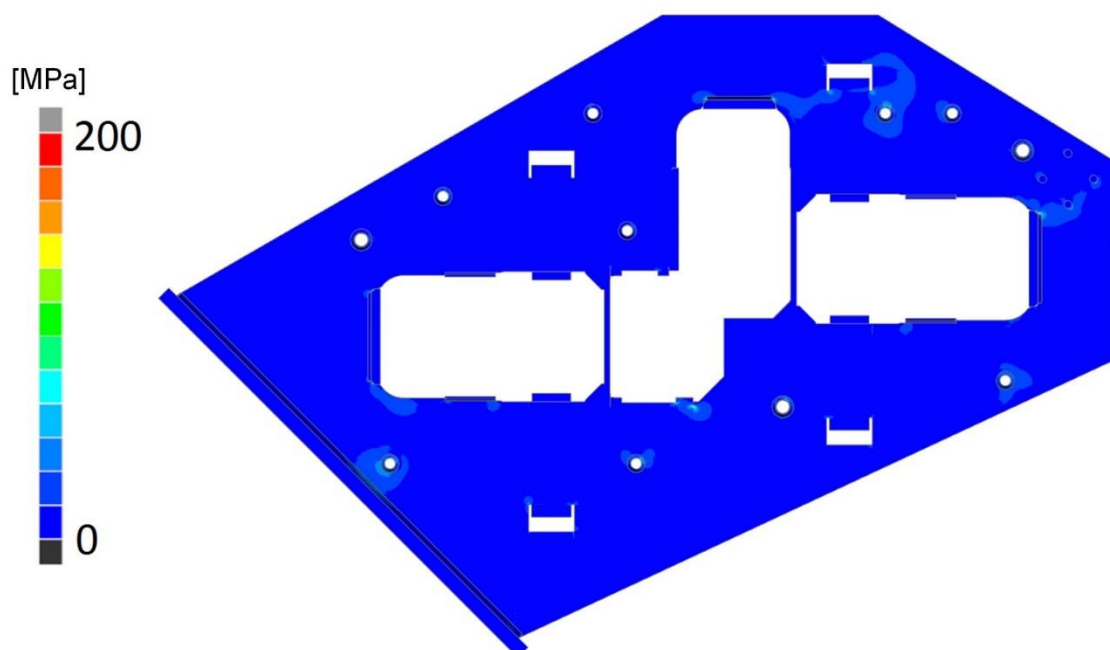
Výsledky MKP analýzy varianty 3 – Napětí na vnitřní straně



Výsledky MKP analýzy varianty 4 – Napětí na vnější straně



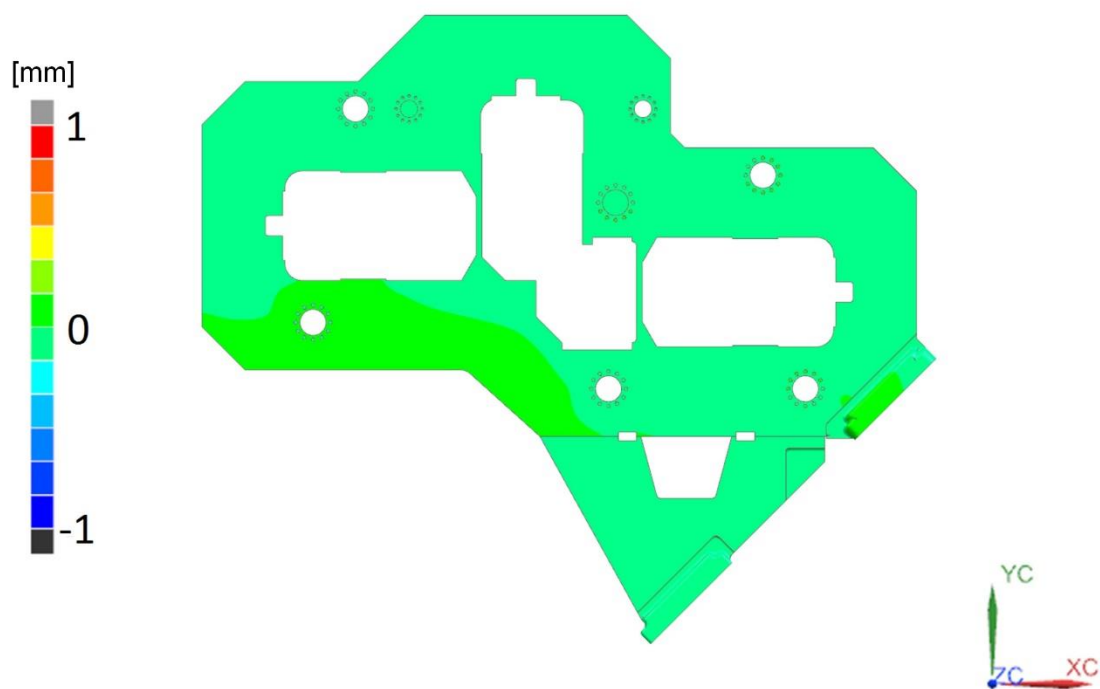
Výsledky MKP analýzy varianty 4 – Napětí na vnitřní straně



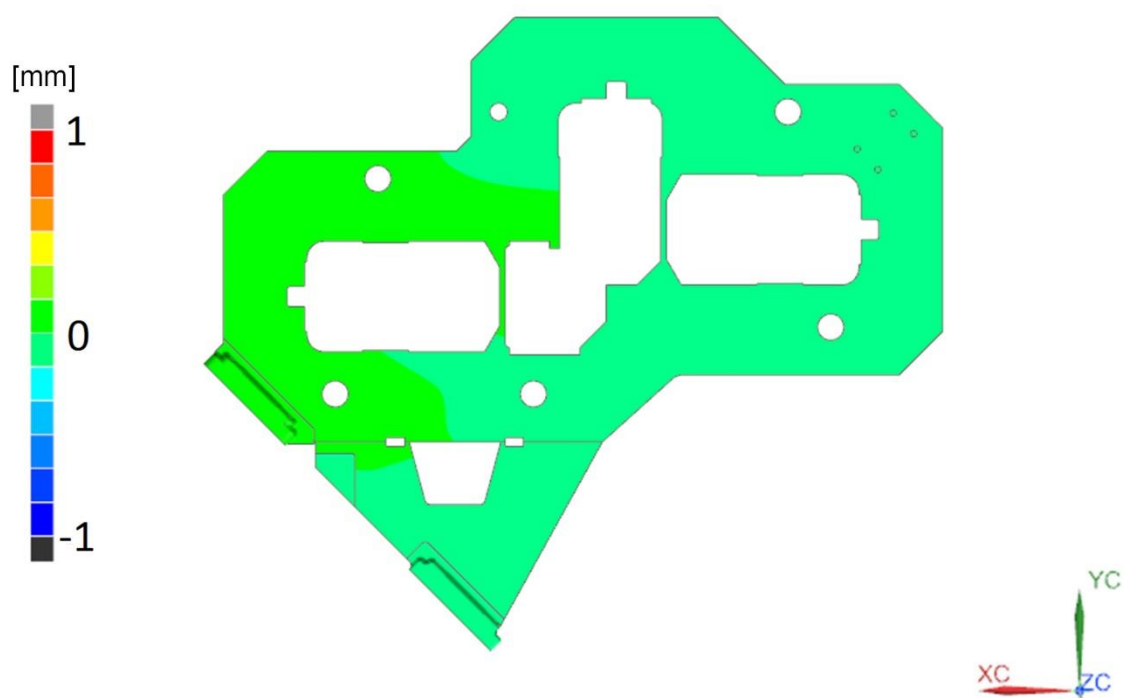
PŘÍLOHA č. 2

Průběhy posuvů ve stěnách stojanu u jednotlivých variant

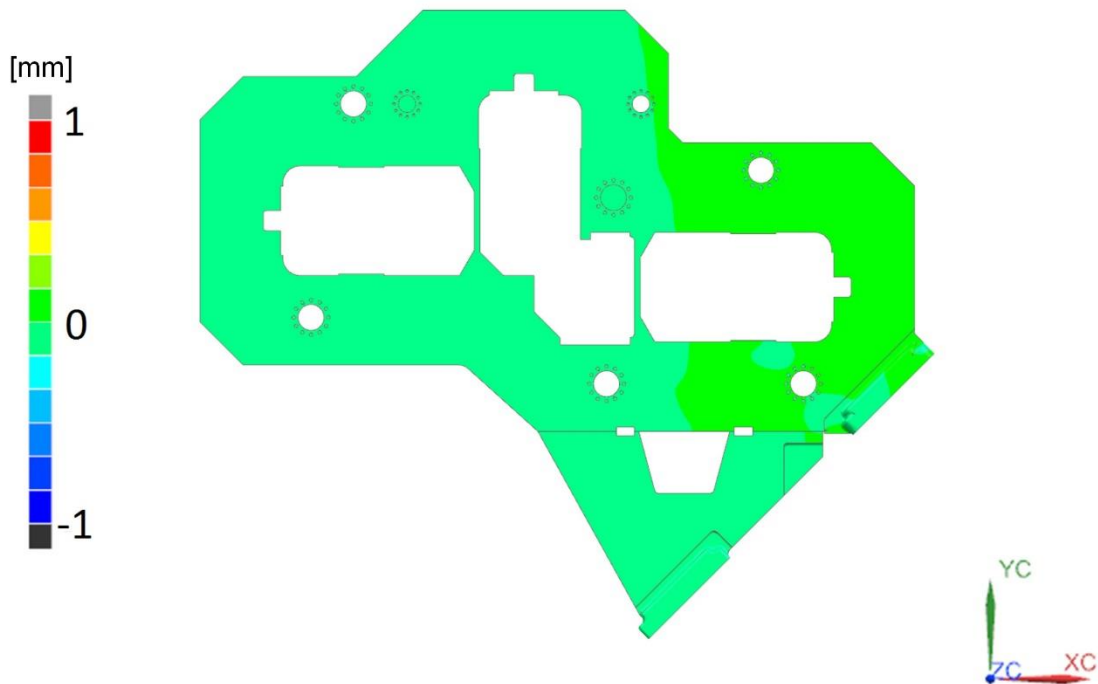
Výsledky MKP analýzy souč. varianty – Posunutí na vnější straně ve směru X



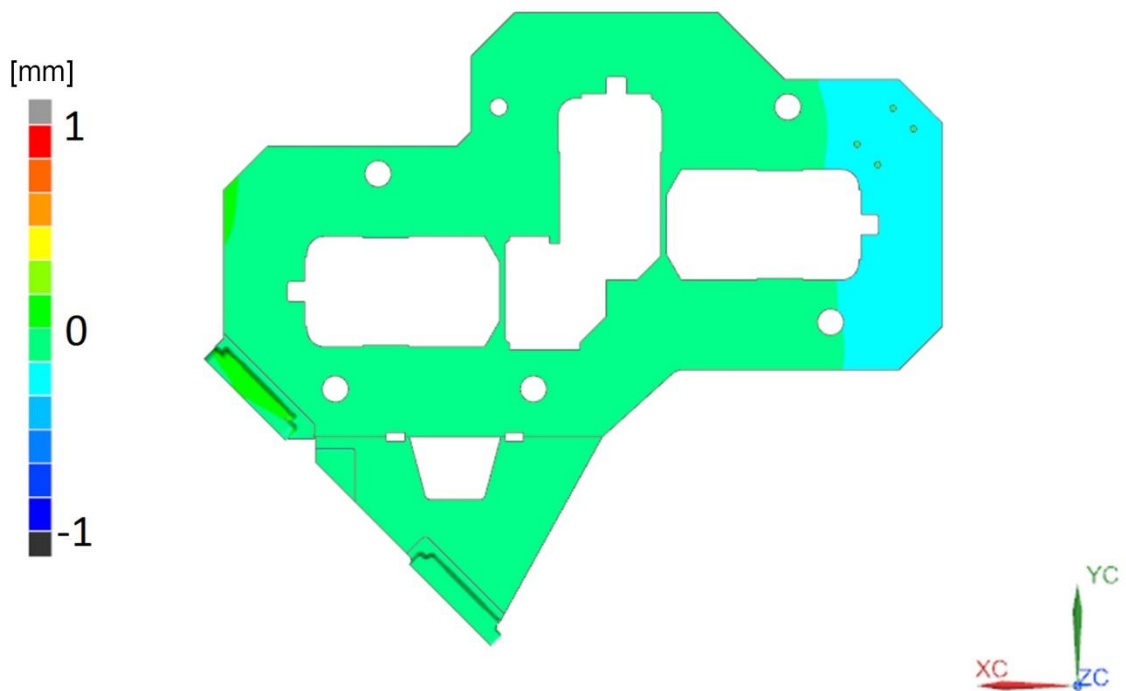
Výsledky MKP analýzy souč. varianty – Posunutí na vnitřní straně ve směru X



Výsledky MKP analýzy souč. varianty – Posunutí na vnější straně ve směru Y



Výsledky MKP analýzy souč. varianty – Posunutí na vnitřní straně ve směru Y



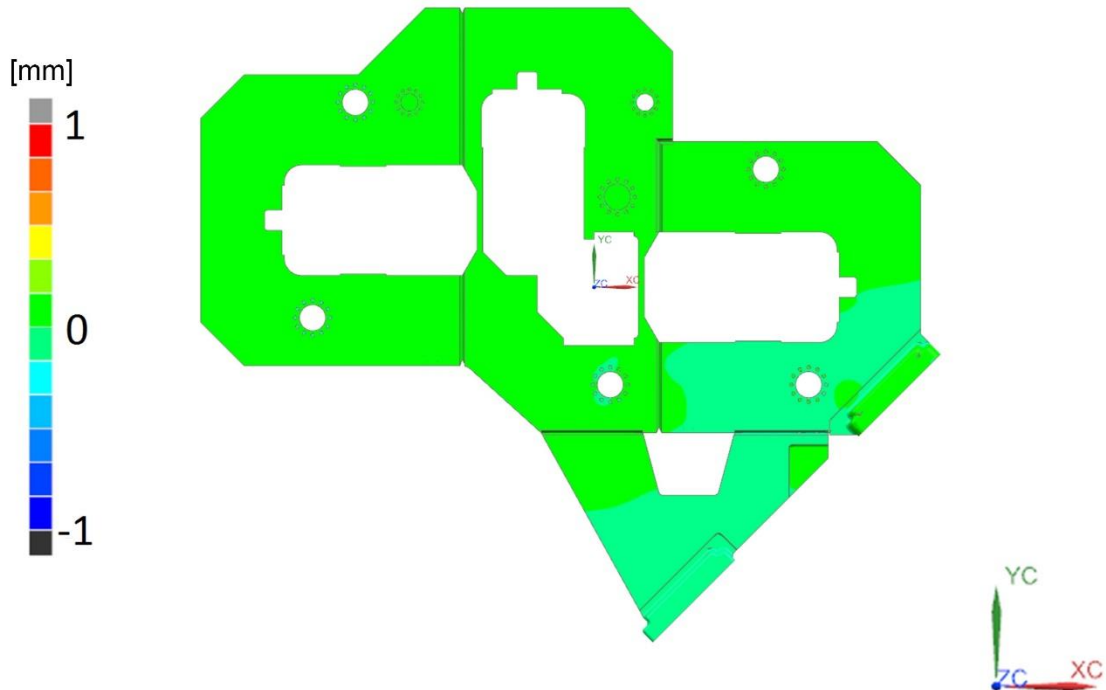
Výsledky MKP analýzy souč. varianty – Posunutí na vnější straně ve směru Z



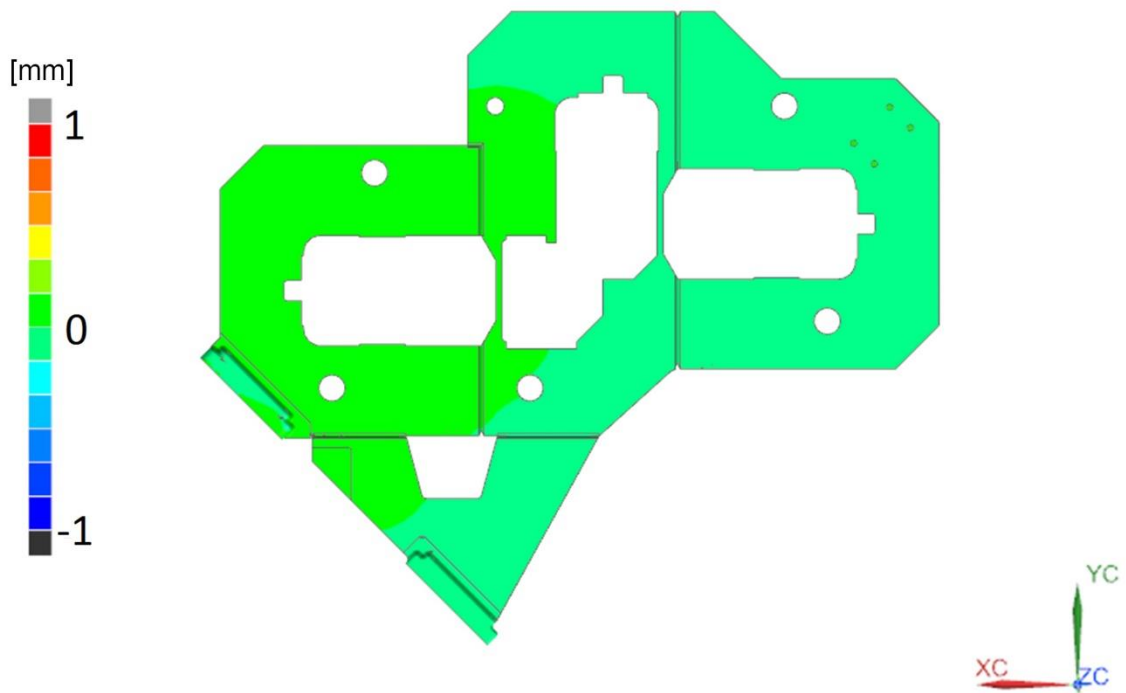
Výsledky MKP analýzy souč. varianty – Posunutí na vnitřní straně ve směru Z



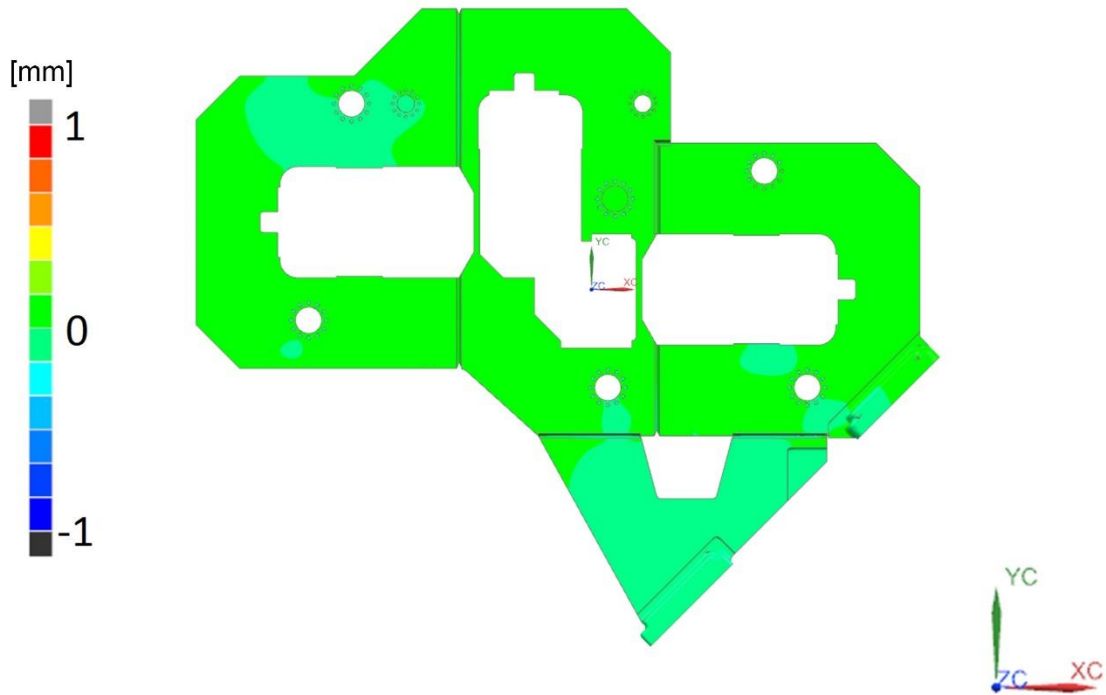
Výsledky MKP analýzy varianty 1 – Posunutí na vnější straně ve směru X



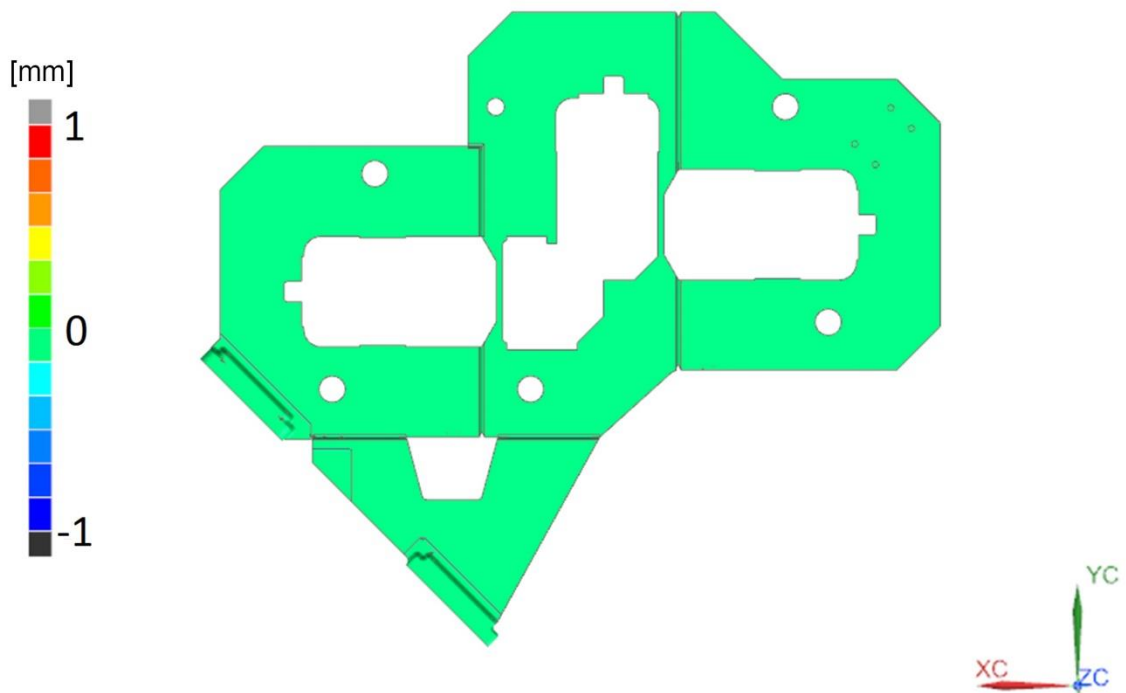
Výsledky MKP analýzy varianty 1 – Posunutí na vnitřní straně ve směru X



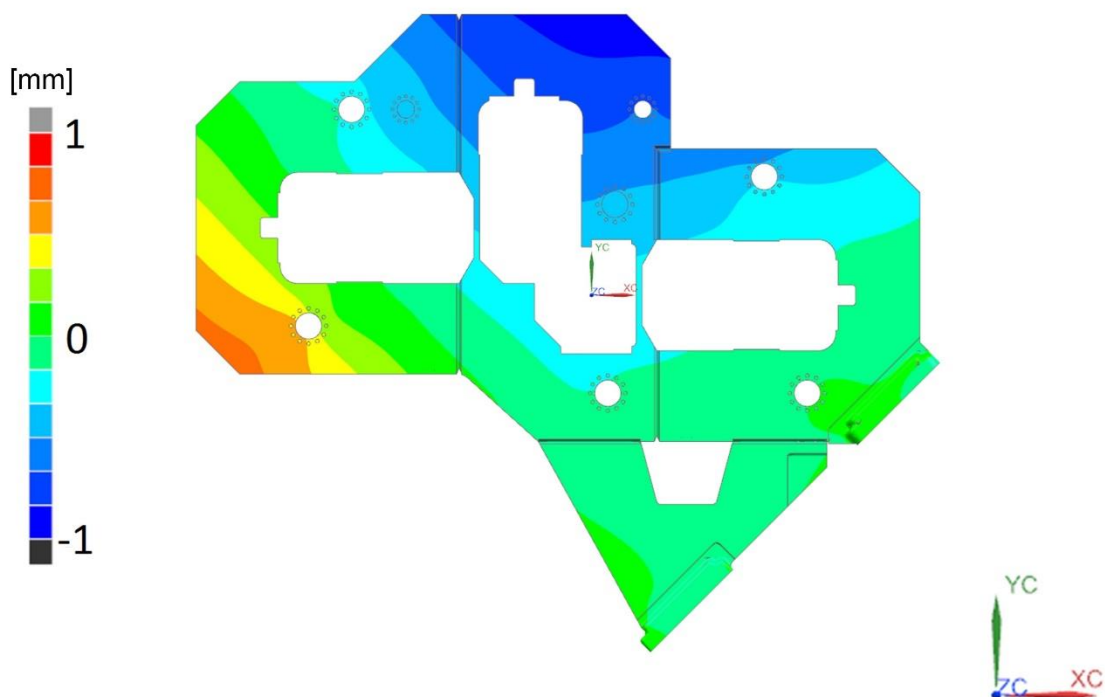
Výsledky MKP analýzy varianty 1 – Posunutí na vnější straně ve směru Y



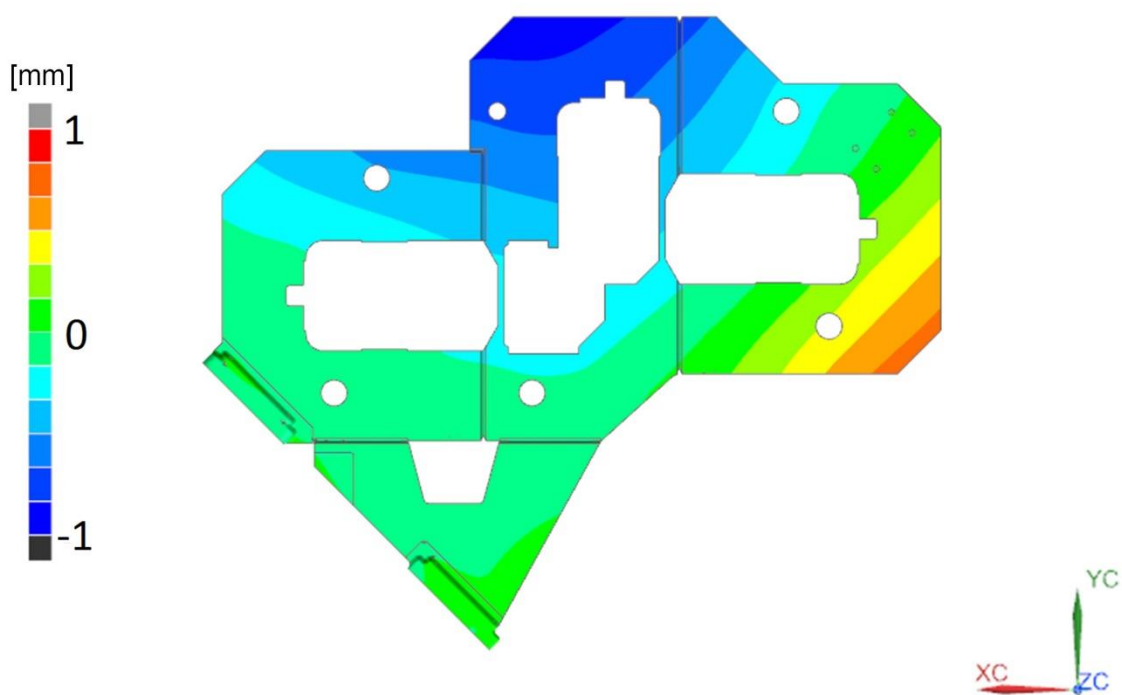
Výsledky MKP analýzy varianty 1 – Posunutí na vnitřní straně ve směru Y



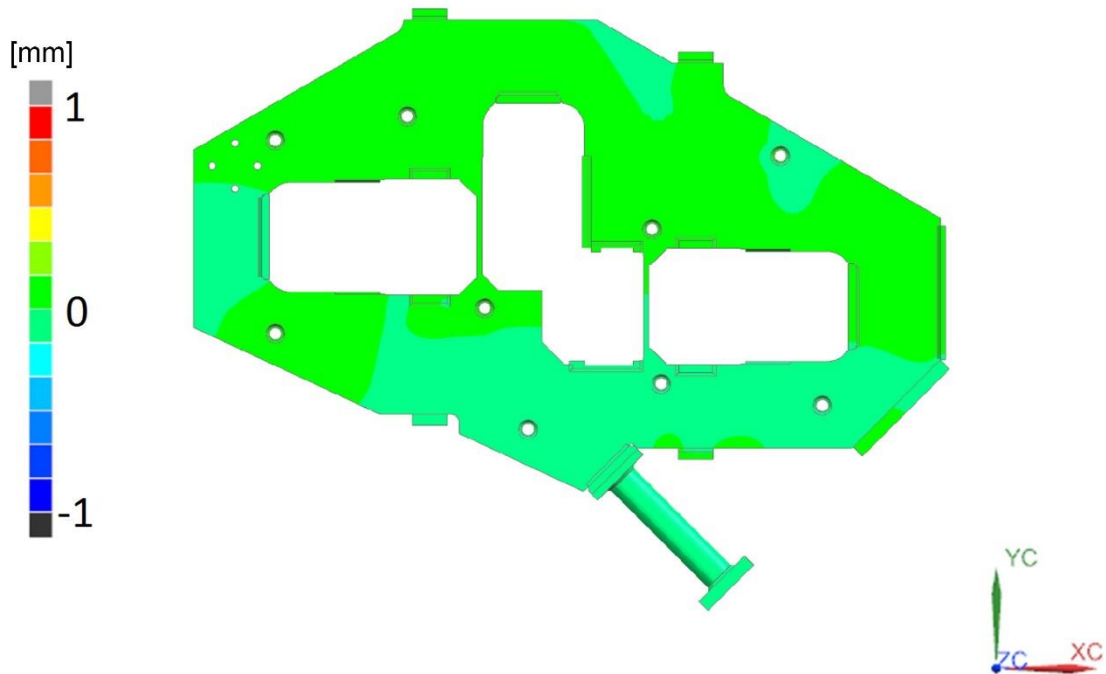
Výsledky MKP analýzy varianty 1 – Posunutí na vnější straně ve směru Z



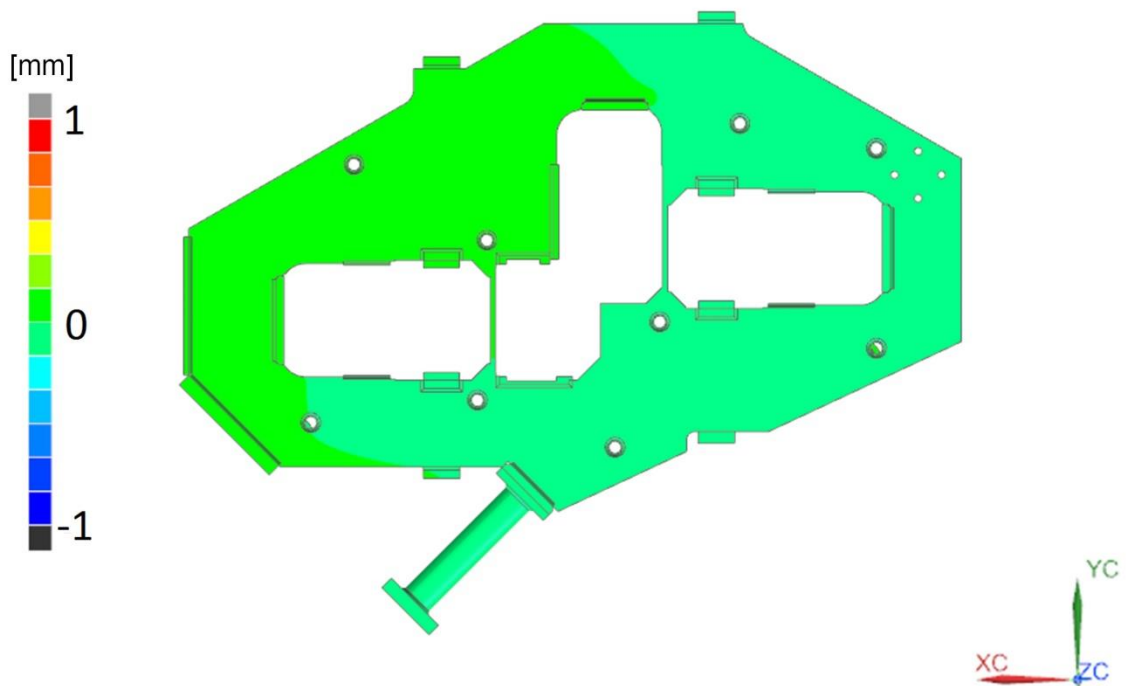
Výsledky MKP analýzy varianty 1 – Posunutí na vnitřní straně ve směru Z



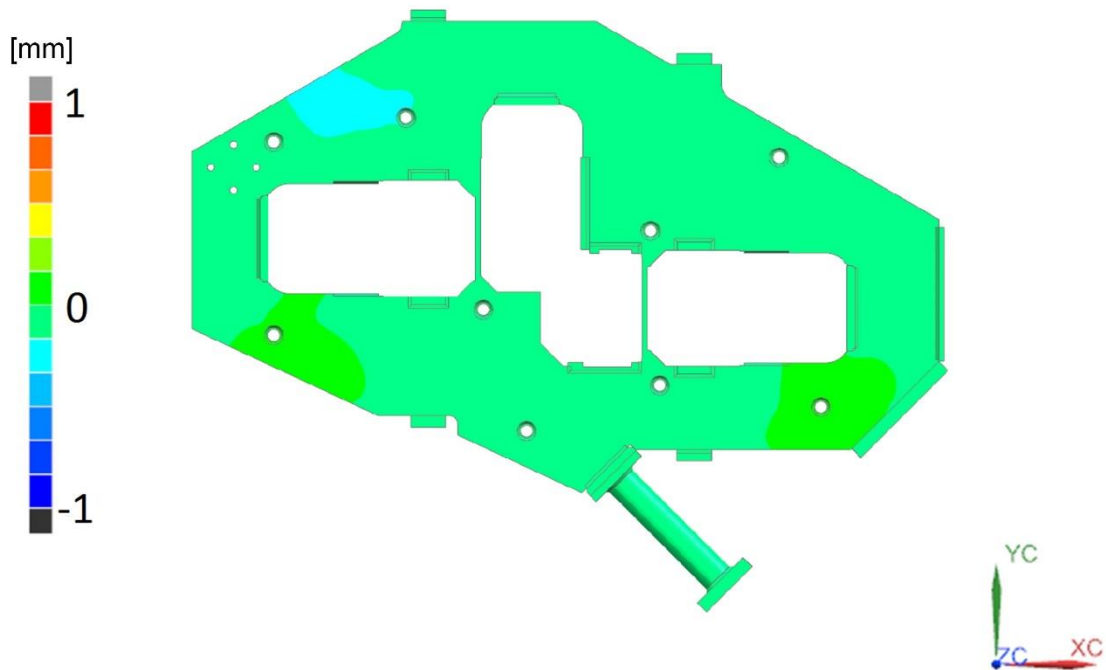
Výsledky MKP analýzy varianty 2 – Posunutí na vnější straně ve směru X



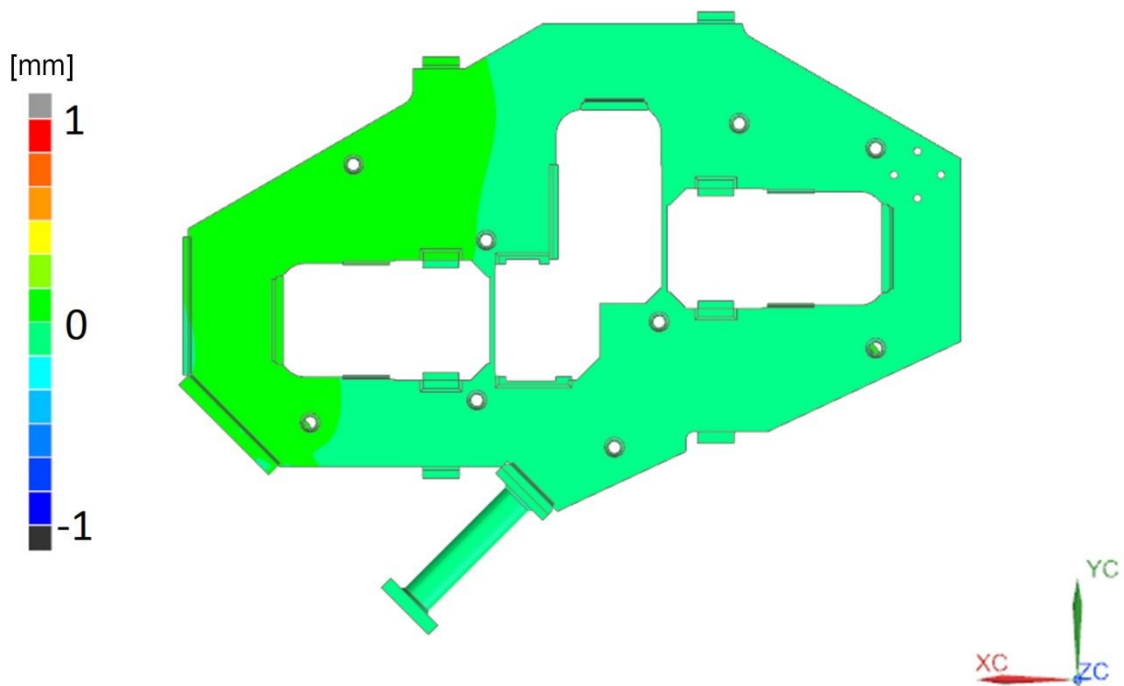
Výsledky MKP analýzy varianty 2 – Posunutí na vnitřní straně ve směru X



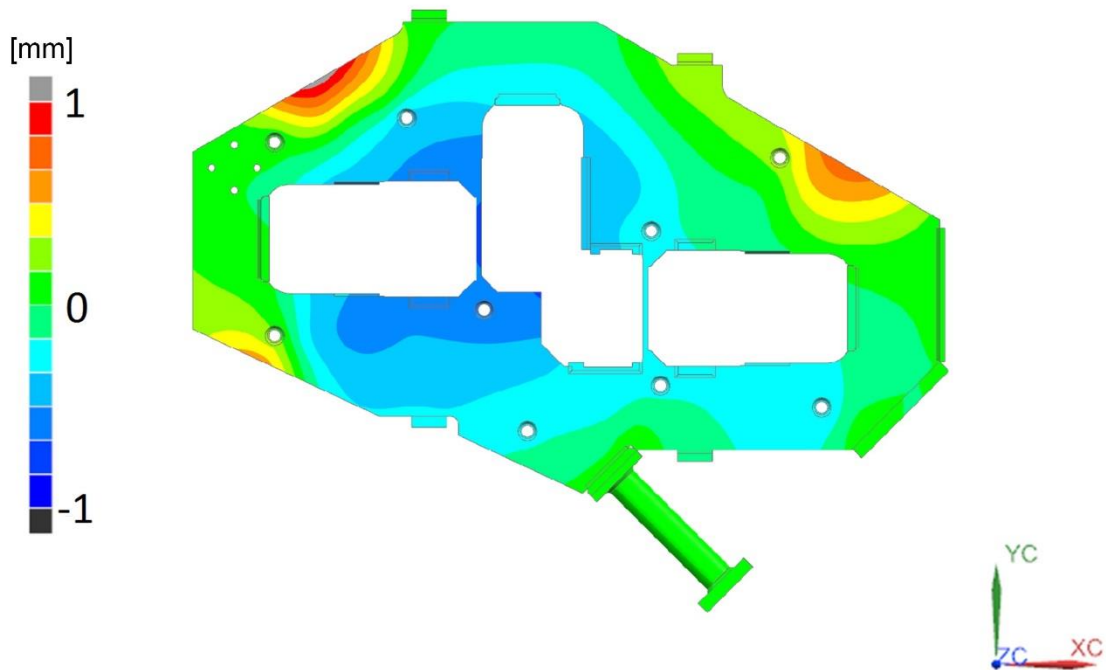
Výsledky MKP analýzy varianty 2 – Posunutí na vnější straně ve směru Y



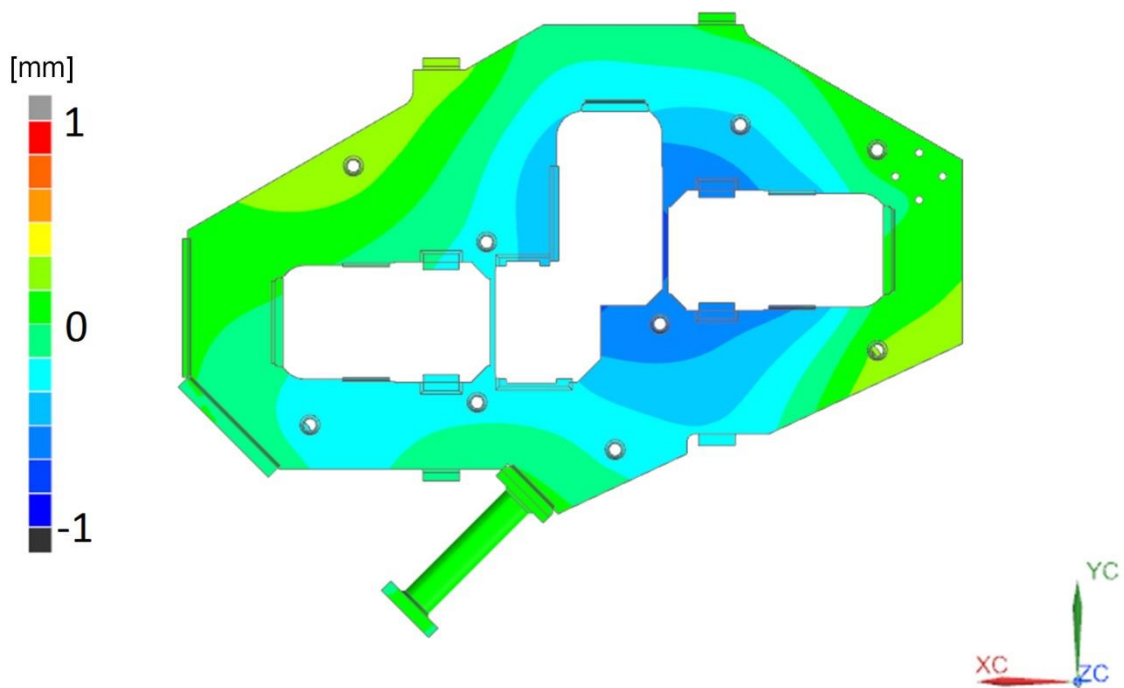
Výsledky MKP analýzy varianty 2 – Posunutí na vnitřní straně ve směru Y



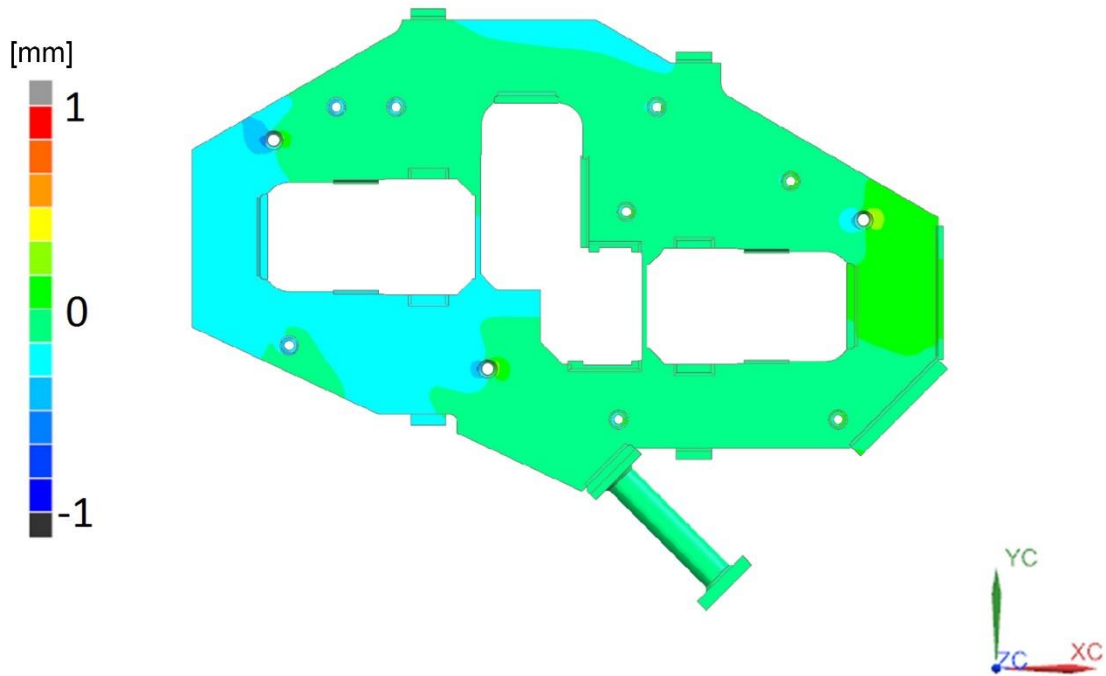
Výsledky MKP analýzy varianty 2 – Posunutí na vnější straně ve směru Z



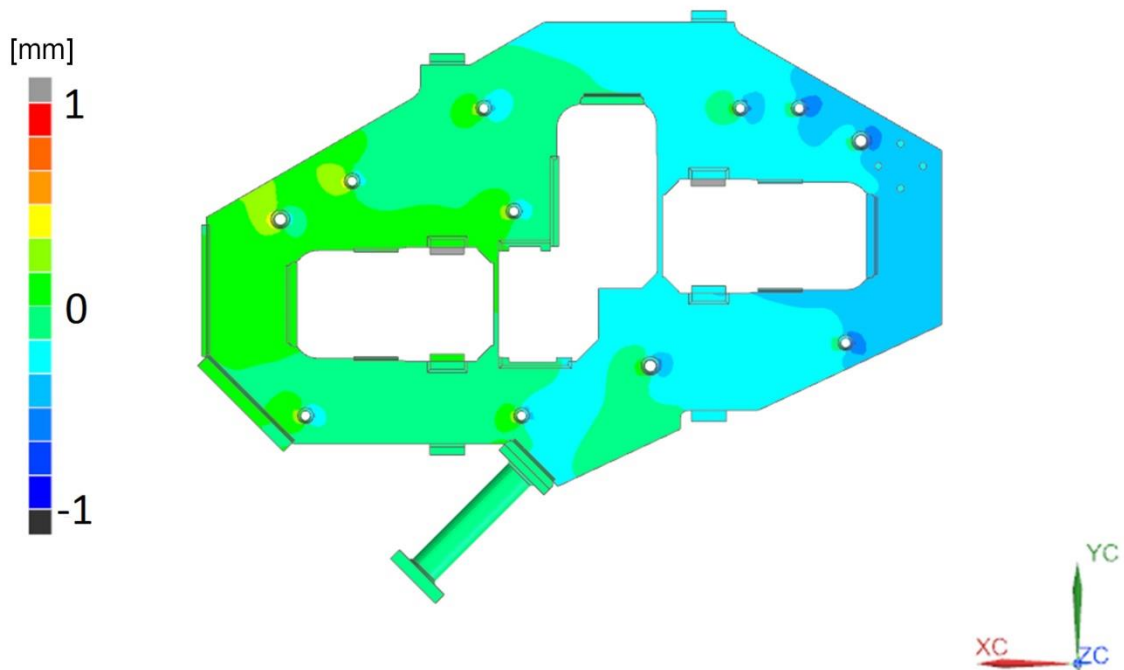
Výsledky MKP analýzy varianty 2 – Posunutí na vnitřní straně ve směru Z



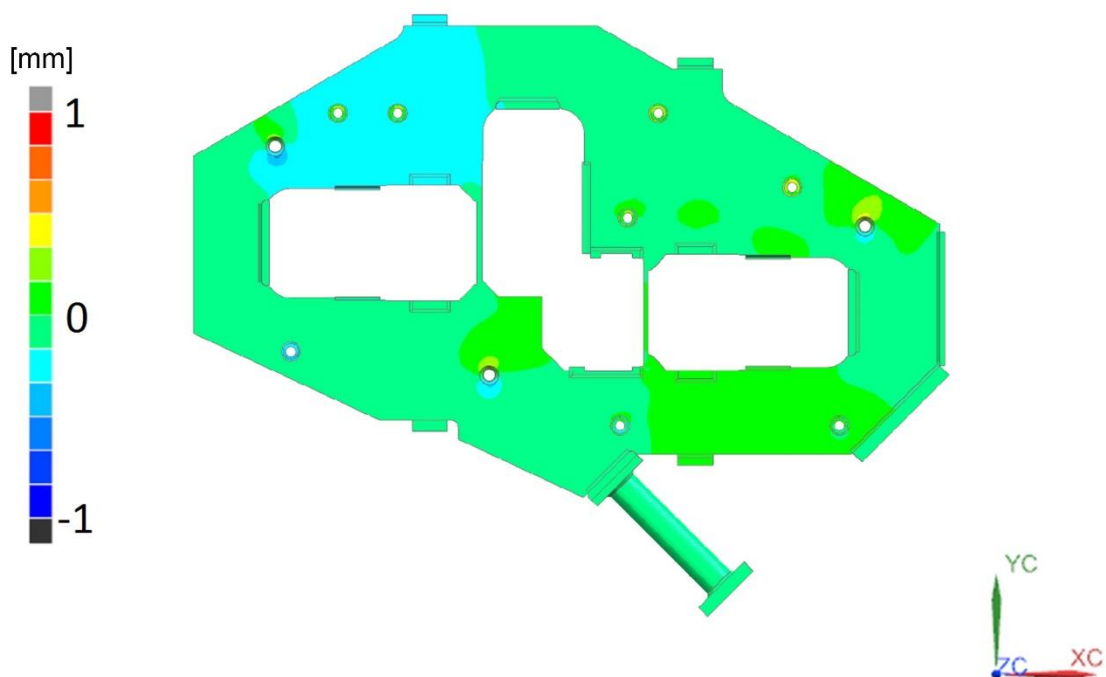
Výsledky MKP analýzy varianty 3 – Posunutí na vnější straně ve směru X



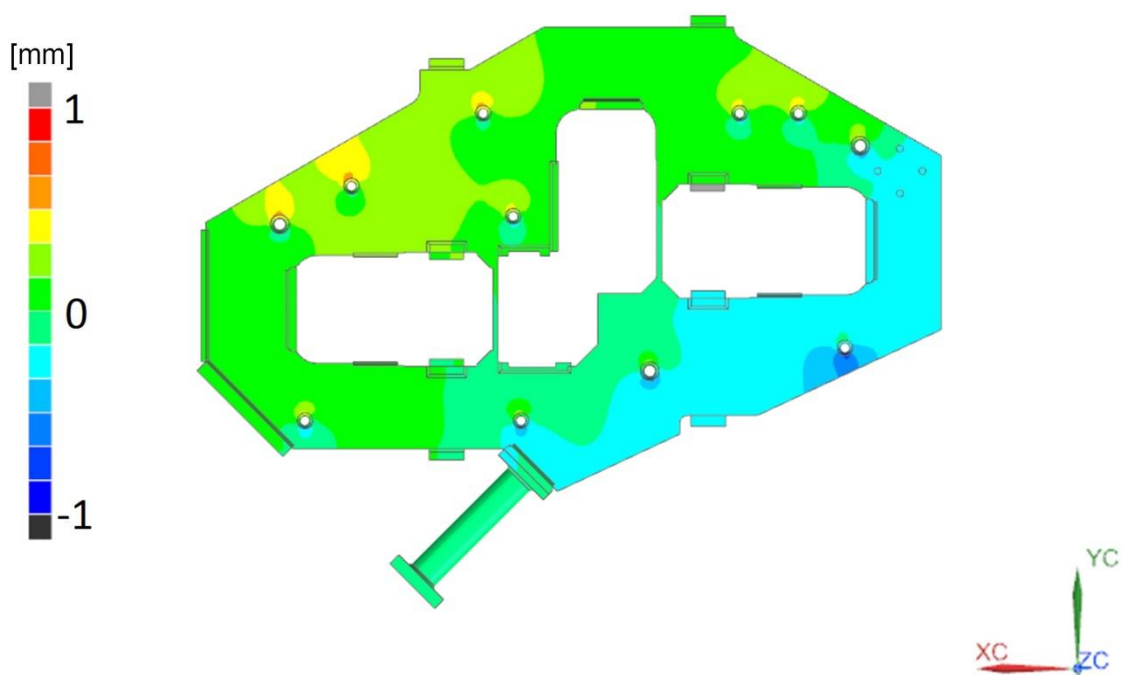
Výsledky MKP analýzy varianty 3 – Posunutí na vnitřní straně ve směru X



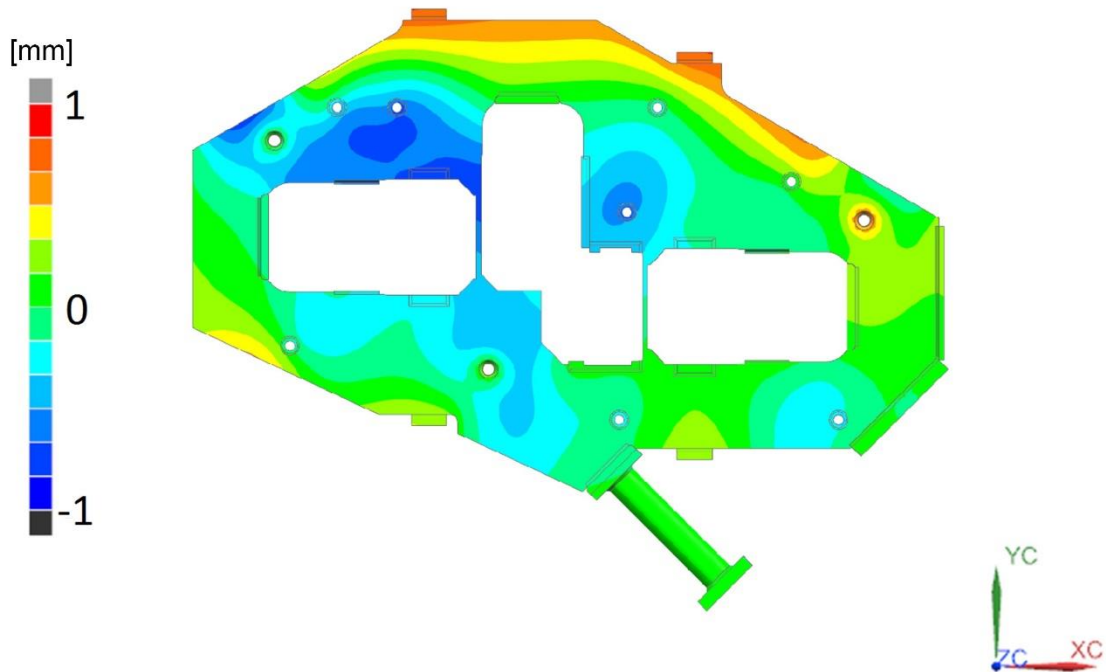
Výsledky MKP analýzy varianty 3 – Posunutí na vnější straně ve směru Y



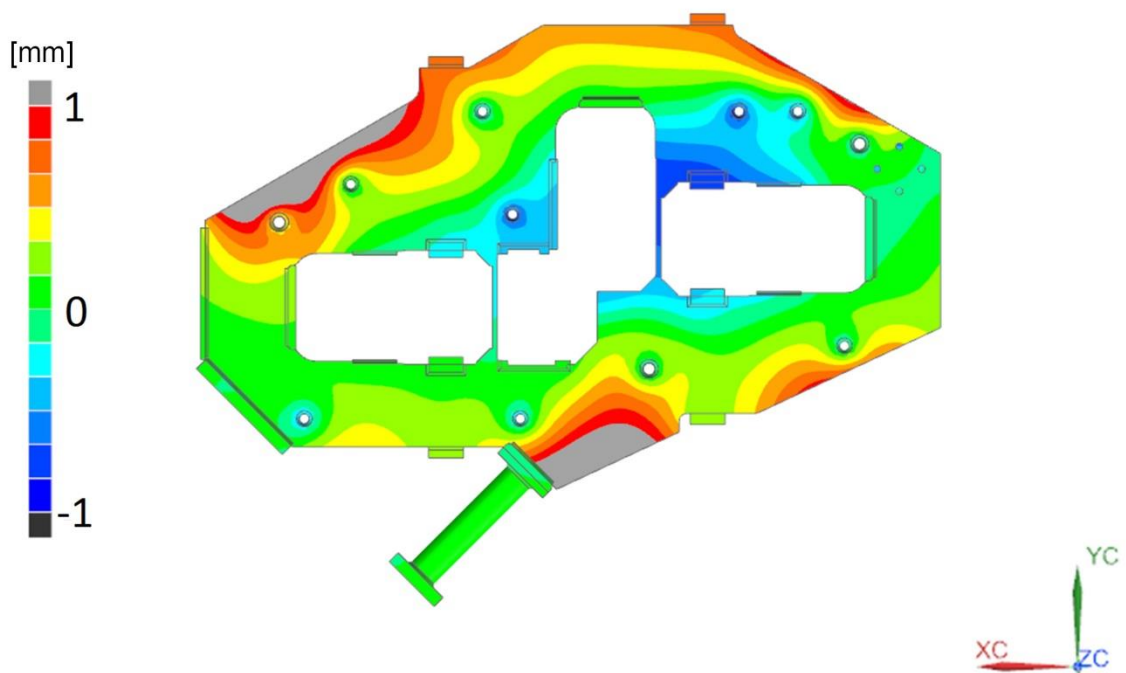
Výsledky MKP analýzy varianty 3 – Posunutí na vnitřní straně ve směru Y



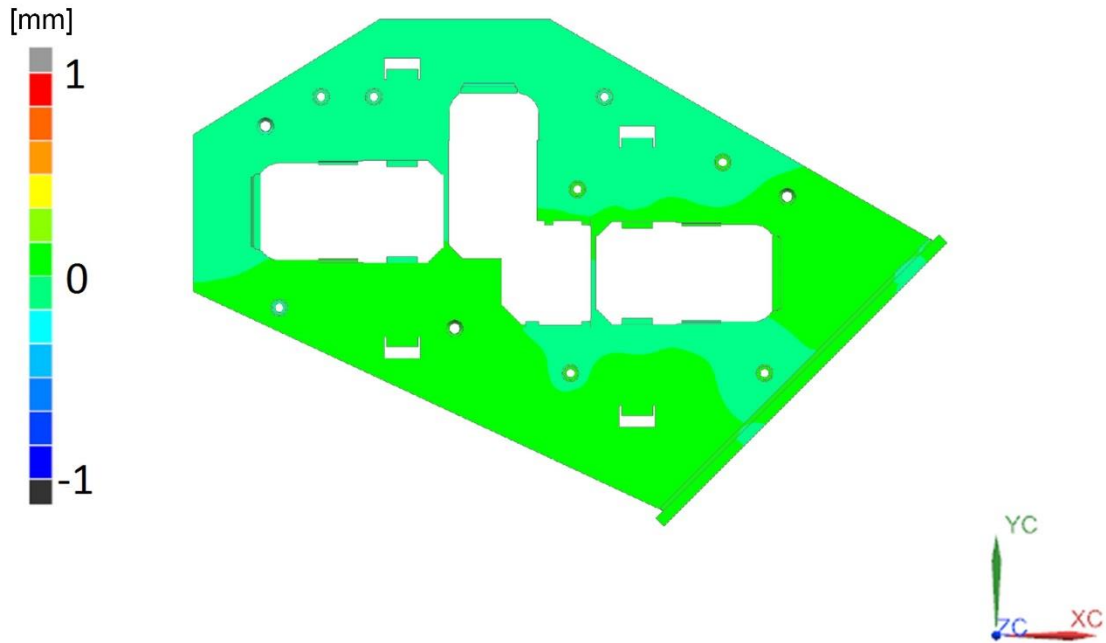
Výsledky MKP analýzy varianty 3 – Posunutí na vnější straně ve směru Z



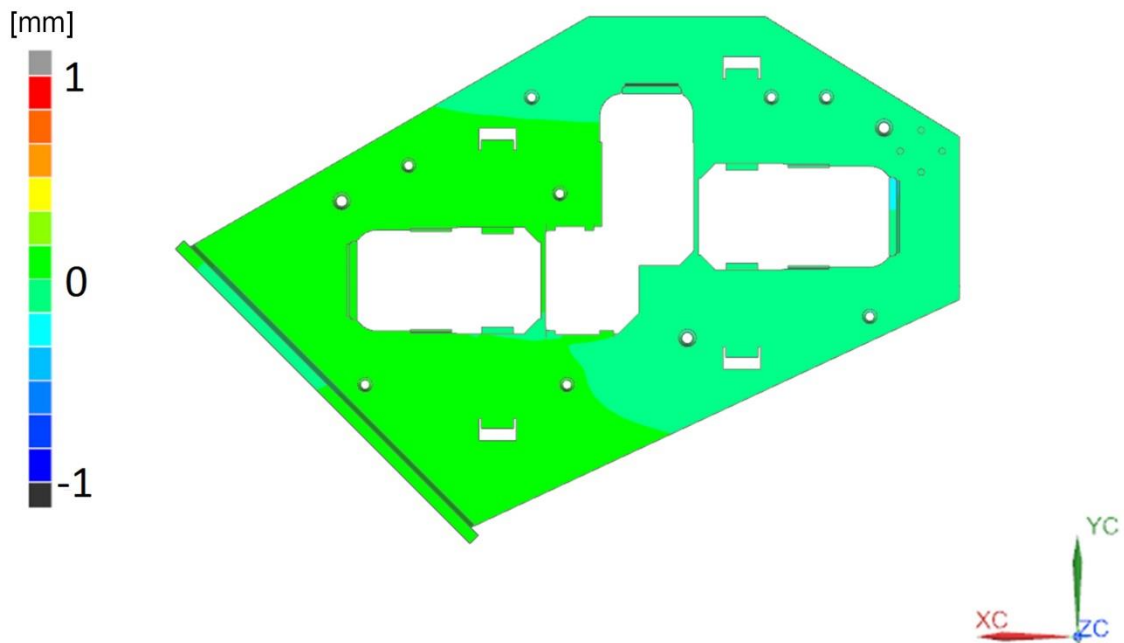
Výsledky MKP analýzy varianty 3 – Posunutí na vnitřní straně ve směru Z



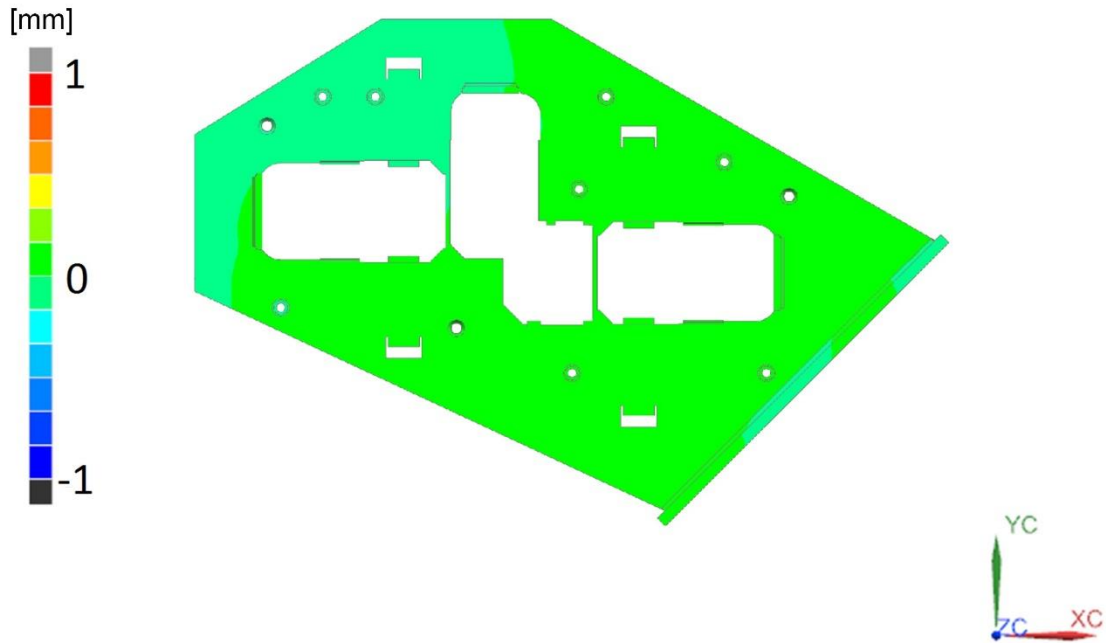
Výsledky MKP analýzy varianty 4 – Posunutí na vnější straně ve směru X



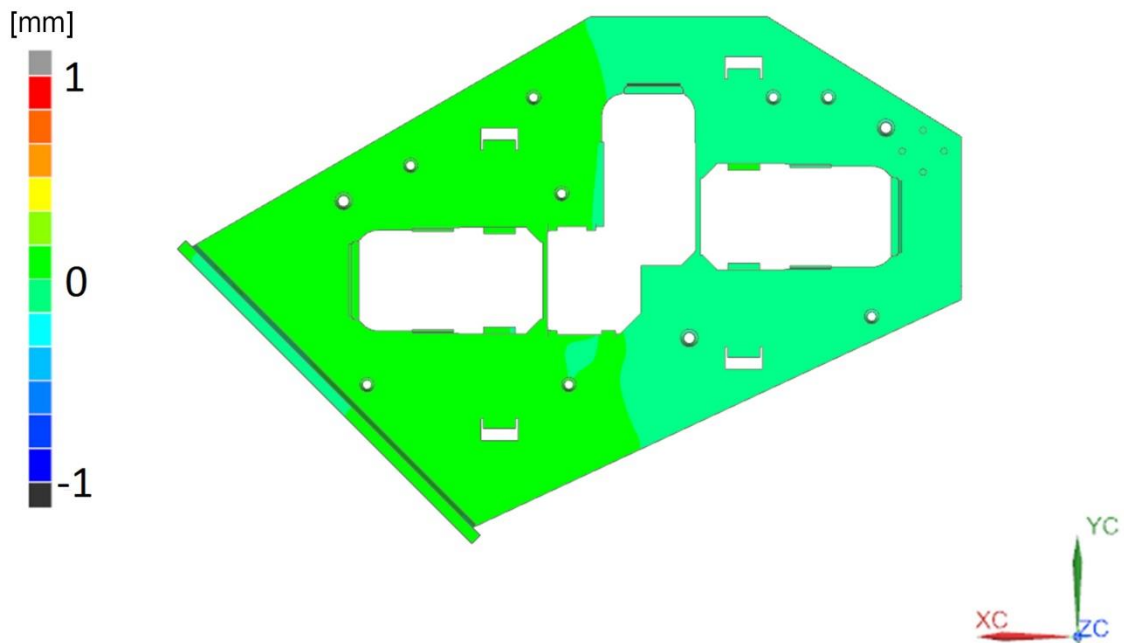
Výsledky MKP analýzy varianty 4 – Posunutí na vnitřní straně ve směru X



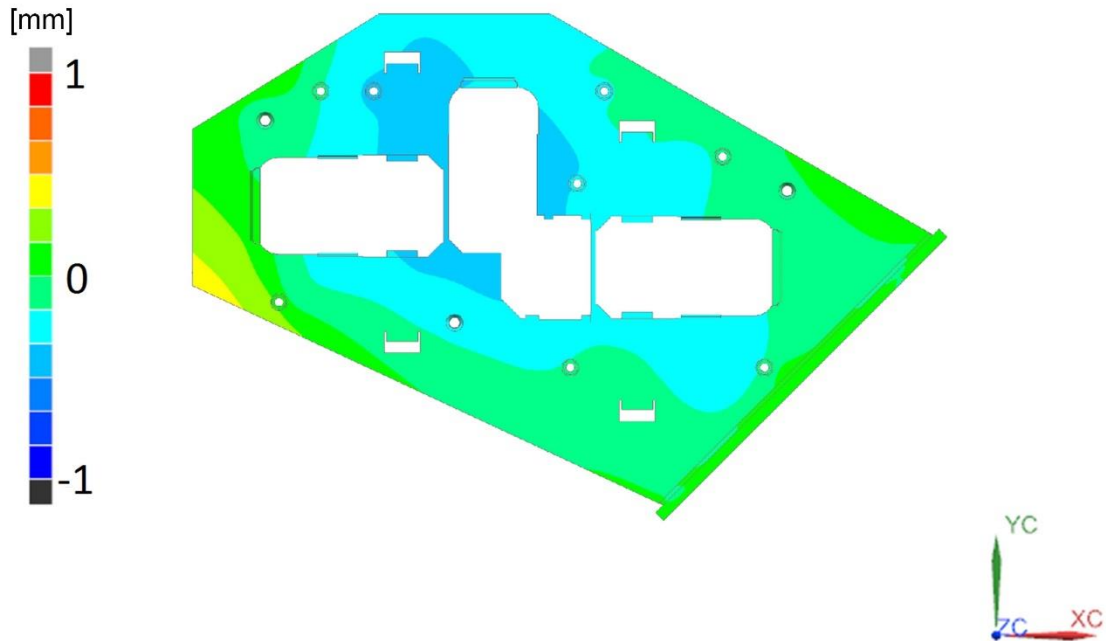
Výsledky MKP analýzy varianty 4 – Posunutí na vnější straně ve směru Y



Výsledky MKP analýzy varianty 4 – Posunutí na vnitřní straně ve směru Y



Výsledky MKP analýzy varianty 4 – Posunutí na vnější straně ve směru Z



Výsledky MKP analýzy varianty 4 – Posunutí na vnitřní straně ve směru Z

