



Obsah

1. ÚVOD	4
1.1 Cíl práce.....	5
1.2 Zadaní zadavatele.....	5
1.3 Zadavatel Agrostroj Pelhřimov a.s.	6
2 REŠERŠE UPÍNACÍCH SYSTÉMŮ DOSTUPNÝCH V ČR.....	7
1.2.1 Čelní nakladače a upínací systémy.....	7
2.2 Upínací systém ÄLÖ TYPE 3.....	12
2.3 Upínací systém SMS.....	14
2.4 Upínací systém EURO	15
3 KONSTRUKČNÍ NÁVRHY	17
3.1 Nepohyblivá varianta kombinovaného upínače.....	17
3.2 Pohyblivá varianta kombinovaného upínače	20
3.2.1 Rám	20
3.2.2 Kyvná část	21
4 NÁVRH POHYBLIVÉHO KOMBINOVANÉHO UPÍNAČE	22
4.1 Návrh rámu a kyvné části.....	22
4.1.1 Technologie a materiály použité na rámu a kyvné části.....	26
4.2 Návrh a kontrola vybraných konstrukčních uzlů	28
4.2.1 Návrh nosných čepů kyvné části a jejich kontrola	28
4.2.2 Návrh kolíkového spoje čepu kyvné části a jeho kontrola	32
4.2.3 Návrh čepů pro zajištění polohy SMS/Euro a jejich kontrola	34
4.2.4 Návrh a kontrola svaru	37
5.3 Návrh zajišťovací funkce	38
5.3.1 Mechanická verze	38
5.3.2 Hydraulická verze.....	43
6 MKP analýza upínače	44
6.1 Výpočtový řešič	44
6.2 Úprava výpočtového modelu - 3D model	45
6.3 Výpočtový materiál.....	47
6.4 Konečně prvková síť	48
6.5 Okrajové podmínky	50



6.6 Výsledky.....	51
6.7 Konstrukční návrhy	52
7 Návrh sněžného pluhu	55
7.1 Požadavky pro návrh pluhu.....	55
7.2 Aplikace na čelní nakladač.....	56
7.3 Návrh pojistného zařízení	58
7.4 Konceptní návrh v 3D.....	60
8 ZÁVĚR	63

Seznam použitých jednotek a symbolů

ρ_v	$[kg.m^{-3}]$	objemová hustota nákladu
V_{lop}	$[m^3]$	objem lopaty
m_{lop}	$[kg]$	vlastní hmotnost prázdné lopaty
$m_{n\acute{a}kl.}$	$[kg]$	hmotnost naloženého nákladu
m_{celk}	$[kg]$	celková hmotnost nákladu a lopaty
Q	$[N]$	celková zatěžující síla
F	$[N]$	síla zatěžující jeden prvek
R_m	$[N/mm^2]$	mez pevnosti materiálu
T_{ds}	$[N/mm^2]$	dovolené stříhové napětí
τ	$[N/mm^2]$	stříhové napětí
σ_{ds}	$[N/mm^2]$	dovolené ohybové napětí
σ	$[N/mm^2]$	ohybové napětí
M_o	$[N \cdot mm]$	ohybový moment
W_o	$[mm^4]$	modul průřezu v ohybu
$p_{1,2}$	$[N/mm^2]$	otlačení
p_{dov}	$[N/mm^2]$	dovolené otlačení
d	$[mm]$	průměr součásti
W_{sv}	$[mm^4]$	modul průřezu ohybu svaru
T_{sv}	$[N/mm^2]$	napětí ve svaru
A	$[mm^2]$	střížná plocha
T_c	$[N/mm^2]$	celkové napětí ve svaru
F_n	$[N]$	nárazová síla vozidla
v	$[m/s]$	rychlost vozidla
L	$[mm]$	délka vozidla
m	$[kg]$	hmotnost vozidla

1. ÚVOD

S rozvojem mechanizace zemědělství počátkem průmyslové revoluce dochází v tomto odvětví k poklesu vlivu lidské manuální práce a ke slovu se namísto hypomobilní síly dostává síla mechanická. V začátku pomocí páry, posléze pomocí spalovacích motorů a elektrické energie. Změna se projevuje zejména v obdělávání zemědělské půdy, kdy dochází k nahrazování ručních nástrojů stroji automatizovanými, které z počátku člověka efektivností nenahradili, ale dnes by bez nich toto odvětví, vzhledem k produkovanému množství např. obilí či v případě ŽV vepřového masa, bylo zcela neprovoznoschopné.

S vývojem mechanizace se do popředí významných strojů, nutných pro provoz zemědělství dostává traktor. Jeho vývoj je možné porovnat z obr. 1. Tento stroj je od jeho počátku osazován různými jednoúčelovými, nebo i víceúčelovými nástroji. V dnešní době se jedná zejména o přední a zadní část traktoru, kde jsou vyvedeny pohonné hřídele a traktor je zde opatřen závěsnými a následně také tažnými body. Na tyto body je možné upevnit nosné stroje, jako jsou sekačky, obrabečky popřípadě i závaží, jedná-li se o zadní část vozu. V přední části je to obdobné. Můžeme zde upnout pluh, závaží, menší třibodový závěs, atd. V prostoru před kabinou řidiče jsou obvykle vyvedeny přípojné body pro mechanické a hydraulické připojení ramen čelního nakladače. Vývoj čelního nakladače popisuje obr 2.



Obrázek 1.: Vlevo: Parní traktor rok 1911 [1]; Vpravo: Moderní traktor rok 2014 [2].



Obrázek 2.: Vývoj čelního nakladače : Vlevo : 1965, Vpravo: 2014



1.1 Cíl práce

Cílem této práce je kompletní návrh prototypu kombinovaného upínače pro čelní nakladače. Tento upínač je schopen upnout nářadí v dvou požadovaných systémech a to v systému EURO, u kterého se předpokládá, že bude využito z 90 % času provozu upínače a systému SMS.

1.2 Zadaní zadavatele

Diplomová práce byla zadána firmou Agrostroj Pelhřimov a.s., představenou v další kapitole. Návrh upínače zahrnuje jeho prototypovou konstrukci, která splňuje požadavek pro upnutí Euro/SMS. Práce obsahuje konstrukční návrh, výpočtový návrh a zhodnocení v MKP. Je přiložena výkresová dokumentace. Dále je nutné dodržet zavedené technologické pokyny žádané zadavatelem. Tyto předpoklady určují konečnou výrobní cenu upínače. V návrhové části je také proveden předběžný návrh nářadí pro tento upínač, které je založeno na systému EURO. Jedná se o pluh na rozbředlý sníh.

1.3 Zadavatel Agrostroj Pelhřimov a.s.

AGROSTROJ Pelhřimov, a.s., dnes už největší univerzální kooperant v Evropě a největší výrobce zemědělských strojů v České republice. Je akciovou společností bez podílu státu a bez zahraničního kapitálu. V roce 2011 dosáhl se svými 1400 zaměstnanci (89 % pracuje přímo ve výrobě) ročního obrátu ve výši 131,5 mil. EUR (3,3 mld. CZK).

Výrobní program tvoří vlastní finální stroje, nástrojařská výroba a kooperace pro významné nadnárodní společnosti v oboru zemědělské techniky, výrobce nákladních automobilů, stavebních strojů a vysokozdvizných vozíků. Dodávky montážních celků v rámci kooperací tvoří již 70 % objemu výroby. Vzhledem k rychlému postupu globalizace lze do budoucna předpokládat jejich další rozšiřování při vyhraněnější specializaci a při vyšší účasti na společném vývoji nových výrobků. Potvrzením kvality výroby je certifikát ISO 9001:2008 i zařazení jako "dodavatel třídy A" v hodnoceních vystavených zahraničními partnerskými firmami.

Náročné projekty, přísné požadavky odběratelů a rozšiřování výroby si vyžádaly i důkladnou modernizaci stávajících zařízení a nákup nových progresivních technologií. Tyto nové technologie jsou i velmi šetrné k životnímu prostředí. Tak se Agrostroj již s předstihem připravil na provedení ekologického auditu a získal certifikát podle evropských norem ISO řady 14 001:2004.

Rozvoj firmy je v současných letech intenzivní. V roce 2005 byla dokončena nová montážní hala s osmi 100-metrovými montážními linkami a v roce 2006 výrobní hala o ploše 10.000 m² určená pro linkovou výrobu dílů pro užitková vozidla. V říjnu 2006 byla také uvedena do provozu lakovna od firmy Eisenmann s kapacitou více než 2 mil. m². Lakovna se skládá z KTL základování s obrovskými lakovacími vanami, z práškového a mokrého lakování.

Další velkou výhodou Agrostroje jsou jeho kvalifikovaní pracovníci. 96% zaměstnanců má střední, vyšší nebo vysokoškolské vzdělání. Toto je výsledkem systematické pro-aktivní personální politiky zaměřující se na aktivní spolupráci s odbornými školami a učilišti v místě nebo blízkém okolí. Je plánováno vybudování školicího střediska, které by dalo nejnovější teoretické a pracovní zkušenosti studentům a novým zaměstnancům před tím, než začnou v Agrostroji pracovat. [5]



Obrázek 3.: Loga zadavatelů [4,5].

2 REŠERŠE UPÍNACÍCH SYSTÉMŮ DOSTUPNÝCH V ČR

1.2.1 Čelní nakladače a upínací systémy

Historie

Historie čelních nakladačů zasahuje do počátků 20. Století, kdy se tehdejší traktory vybavovali nakládací lopatou poháněnou pomocí táhel a lan. Z těchto poznatků se postupně vyvíjeli další stroje, zejména stavební, (např. bagr, dozer). S vývojem mechanizace se však začaly aplikovat čelní nakladače i zpět na traktory ve zdokonalené konstrukci.

Průkopník v tomto odvětví byla švédská firma Ålö, která roku 1958 odstartovala výrobu své (do dnes trvajících) série rychlo-upínacích nakladačů Quickie. Ve stejné době se v ČSR nezávisle rozvíjí výroba závěsných nakladačů. S vývojem technologií se postupně opouští od nakladačů připojené na zadní část traktoru a přechází se k čelním nakladačům viz obr. 4, které vznikají v roce 1975.

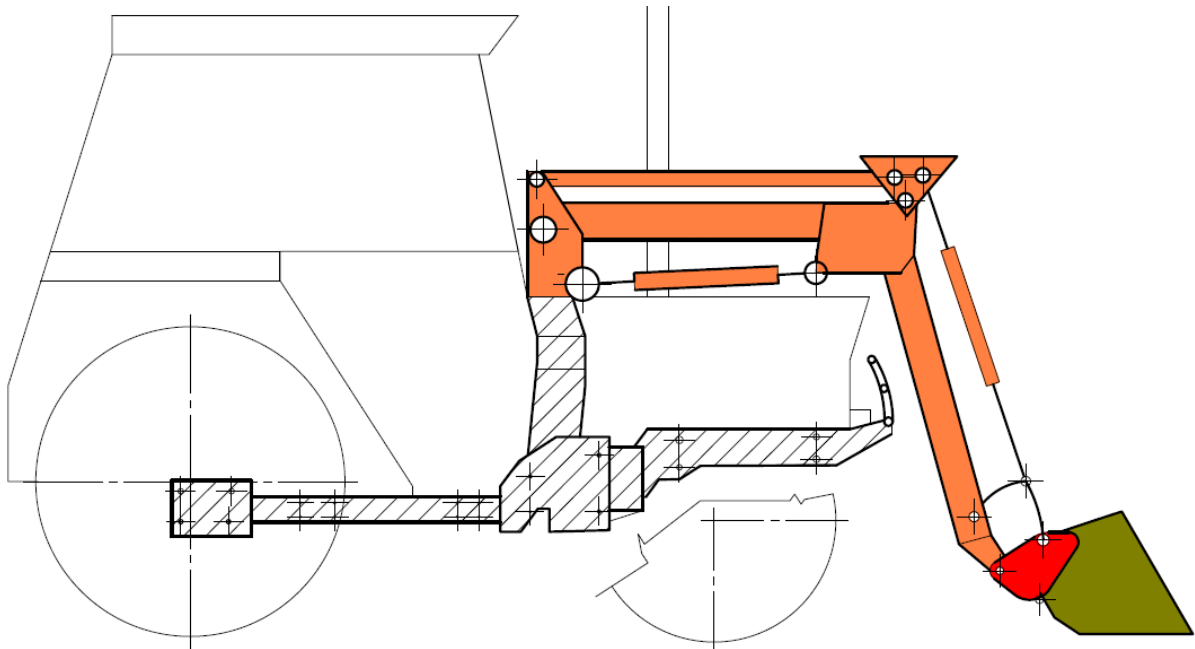


Obrázek 4.: První český čelní nakladač 1975 [4].

V jejich následné úspěšné výrobě pokračuje firma Trac-lift dodnes.

Konstrukce a vybavení čelních nakladačů

Použití čelních nakladačů je zcela universální. V dnešní době, se díky širokému spektru nářadí, mohou čelní nakladače využívat nejen v zemědělství, ale také v lesnictví, cestářství a úpravě terénu. Zásadním prvkem je jejich relativně nízká pořizovací cena ve srovnání se samojízdnými nakladači.



Obrázek 5.: Konceptní návrh čelního nakladače: Šrafovaná část - rám čelního nakladače, oranžová část - čelní nakladač, červená část - čelní upínač, zelená část - upnuté nářadí.

Konstrukce čelního nakladače je u všech výrobců konstrukčně obdobná. Uchycení na traktor se řeší pomocí rámu, který je přišroubován na spodní část vozidla.

Rám je sestaven z výpalků a výkovků. V místě potřeby jsou výpalky vyprofilovány. Jedná o svařované normalizované válcované polotovary vyztužované výpalky, popř. výkovky. Pozici rámu a jeho účel ukazuje obr. 5, dále je na obrázku vidět místa upnutí čelního nakladače.

V těchto dutých ramenou čelního nakladače jsou pro svoji ochranu rozvedeny hydraulické okruhy pro ovládání nástrojů, případně i upínače sloužící k zajištění nářadí. Čelní nakladač bývá vybaven hydraulickým akumulátorem pro kompenzaci rázů. Taktéž je pro jednoduchost a téměř bezúdržbový provoz vybaven hydraulickými rychlospojkami a mechanickým spojování ramen a rámu nakladače za pomoci parkovacích podpěr tzv. "drive in". Dále jsou nakladače vybaveny nutnou elektrickou instalací nejčastěji DC 12V, pro napájení světel. Čelní nakladače mohou být také vybaveny paralelogramem, který pozitivně ovlivňuje úhel pracovního nástroje, např. u paletizačních vidlí nebo stohovacího zařízení. Kdy drží stále stejný úhel nástroje. Pro upnutí nástrojů k čelním nakladačům slouží upínače (nosiče). Zajištění upínače na ramena nakladače a jiné pohyblivé spoje, je provedeno pomocí čepového spoje. De-

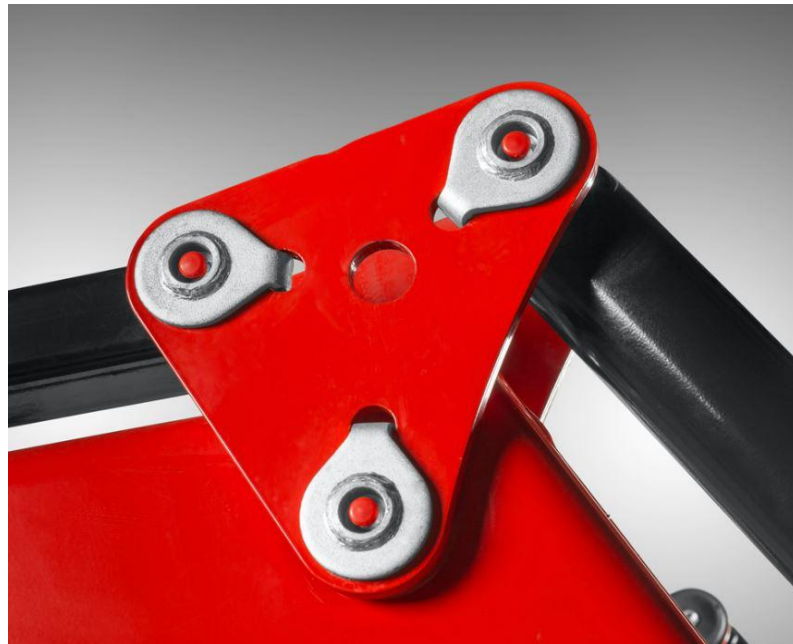


Obrázek 6.: Konstrukce ramen nakladače [4]

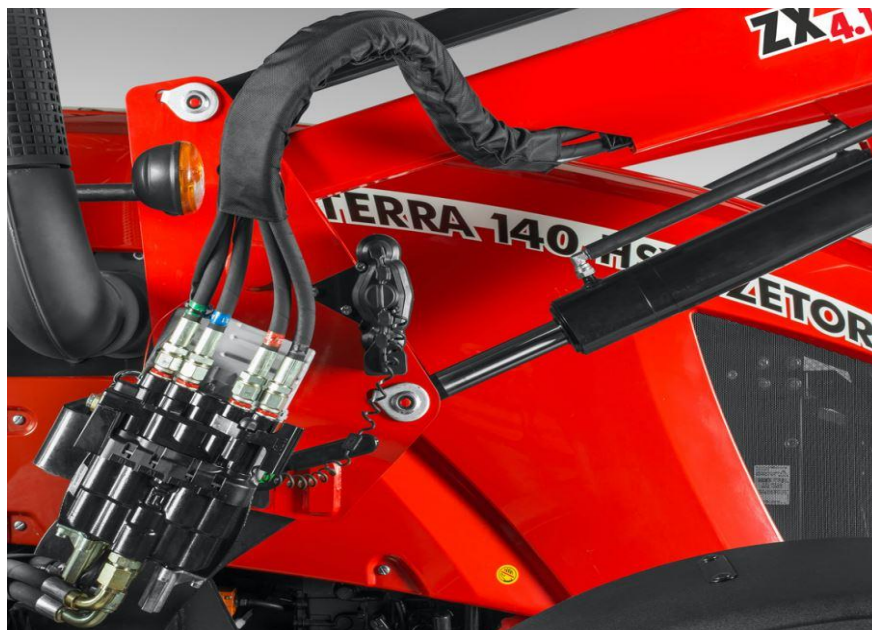
tailní pohled s popisem důležitých částí ukazuje obr. 6. Na obr. 7 je ukázka výpalku, jenž spojuje táhlo a píst nakladače pomocí čepového spoje, kdy je v čepu přímo integrována maznice. Jeho axiální zajištění je provedeno pomocí zahnutého nosu hlavy a na druhé straně pomocí matice a podložky. Obr. 8 znázorňuje zapojený čelní nakladač a připojení rychlospojek pro hydrauliku ovládající zpravidla 4 funkce nakladače, kdy první dvě slouží k zvedání/spouštění a tzv. 3. a 4. funkce k ovládní nasaženého nástroje, nebo v případě hydraulického čelního upínače k jeho zajištění upnutého náradí. Z obr. 9 dostáváme další možnost provedení čepového spoje, méně výrobně náročné, ve srovnání z obr. 7.

Vývoj upínače náradí

Pro připojení náradí na nosiče se využívá řada způsobů. Byly vybrány tyto tři základní. Prvním je ĀLÖ TYPE 3, který je z nich nejstarší a slouží jako vývojový typ pro druhý pokročilejší SMS. Posledním typem je v Evropě nejrozšířenější typ EURO, který se od obou liší v umístění zajišťovacích prvků.



Obrázek 7.: Ukázka jedné z variant používaného provedení čepového spoje [6].



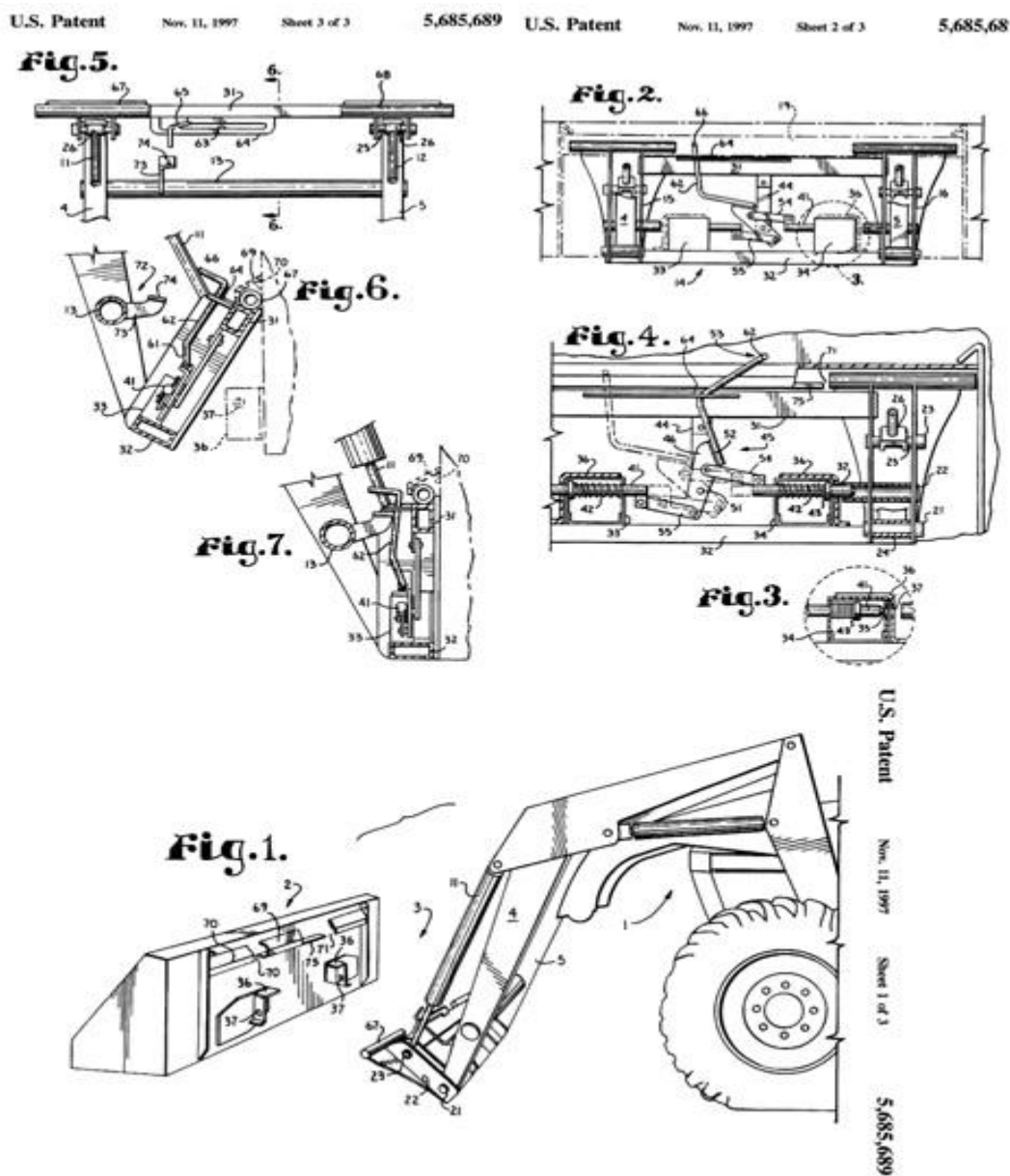
Obrázek 8.: Připojené hydraulické rychlospojky a ukázka vedení hadic ramenem výložníku [6].



Obrázek 9.: Další možná varianta provedení čepu [7].

2.2 Upínací systém ÄLÖ TYPE 3

Upínací systém ÄLÖ TYPE 3 je v ČR dostupný z katalogů firmy ÄLÖ QUICKIE a TRIMA, nicméně se běžně v ČR nepoužívá. Jeho uplatnění se vztahuje zejména na severské země, především Švédsko (odtud firma ÄLÖ pochází), Dánsko, Finsko, USA, dále pak Spojené Království a země Commonwealthu. Jedná se o zastaralý systém upínání nářadí, který se dá zakoupit pouze pro sérii předcházející QUICKIE Q. Z konstrukčních rysů můžeme usuzovat, že TYPE 3 je předchůdce více používaného systému SMS. TYPE 3 se skládá z pásoviny, na níž je navařen výpalek oka a hák v jedné ose. Tento svařenec, případně výkovek se posléze aplikuje na nářadí. Obr. 10 ukazuje výňatek z patentu USA pro ÄLÖ upínač. Reálná aplikace viz obr. 10.



Obrázek 10.: US patent čelního upínače systému ÄLÖ [8]



Obrázek 11.: Detail upínacího systému ALÖ [9].

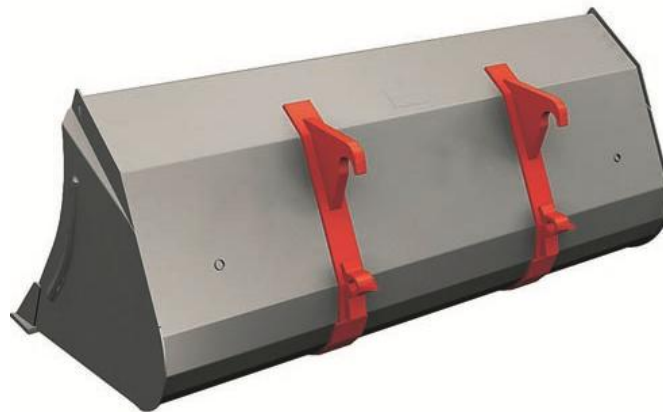
Výše zmíněný upínací systém navařený na pásovině, připravený k aplikaci. Detailní pohled poskytuje *obr. 12.*



Obrázek 12.: Detail části ALÖ upínacího systému před aplikací na nástroj [10].

2.3 Upínací systém SMS

Tento zajišťovací systém je opět původem ze Švédska, proto jsou jeho nejčastější uživatelé stejní, jako v případě TYPE 3. V ČR se jedná spíše o méně rozšířený způsob upínání. Jeho výskyt je možné odůvodnit nákupem ze zahraničí určitého speciálního nástroje, případně celého kompletu čelního nakladače s nářadím. Jak bylo již řečeno, konstrukčně se podobá systému TYPE 3. Znatelný rozdíl se však nachází v rozteči mezi zajišťovacími prvky. V porovnání s TYPE 3 jsou zde háky podstatně výše. Z těchto poznatků se dá předpokládat, že nosič SMS je užší, a vyšší. Celková konstrukce SMS je oproti TYPE 3 zjednodušená. Jak ukazuje norma háky i oka jsou zde zase v jedné ose. Viditelný rozdíl je porovnatelný jak z *obr. 12 a 13*, tak také z *obr. 14*.



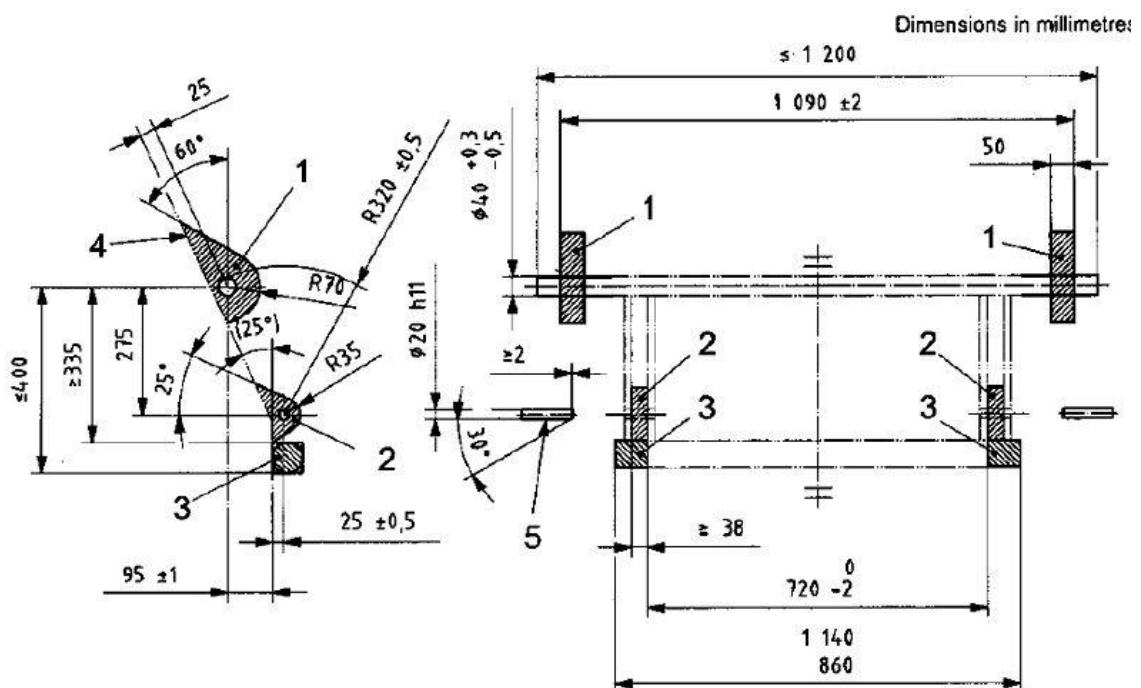
Obrázek 13.: Detailní pohled na zadní část nástroje SMS [9].



Obrázek 14.: Ukázka nepohyblivého přestavitelného kombinovaného upínače [11].

2.4 Upínací systém EURO

Jedná se o nejrozšířenější systém v ČR a státech EU. Jeho rozměry a umístění háků a pojistných ok se od systému TYPE 3 a SMS liší viz norma obr. 15. Systém Euro nalezneme na všech typech tuzemských i zahraničních čelních nakladačích, někdy jsou jím vybaveny i vysokozdvizné vozíky a těžké stavební stroje v přizpůsobené verzi pro větší zátěž. Konstrukce přichycení na nářadí je stejná, jako u předešlých typů, kdy je na nářadí systém přidělán na vyprofilované pásovině nebo navařen přímo na nářadí. Je vhodné při návrhu uvažovat, aby byly prvky jako háky a zajišťovací oka ze svařitelné oceli. Přispívá to tak k možnostem domácích oprav i k uživatelským modifikacím koncového zákazníka. Pro svoji nízkou cenu, dostupnost a jednoduchost, jsou čelní nakladače často modifikovány uživateli na zcela jiný způsob činnosti, než byly navrženy. Pro systém Euro existuje na tuzemském trhu široká nabídka náhradních dílů od zavěšovacích ok až přes zajišťovací čepy lopaty. V porovnání cen na trhu vychází mnohem lépe nářadí s upínáním Euro. Důvodem je zejména větší konkurence na trhu a tím i snižování cen. Nářadí se systémem Euro je na obr. 16.



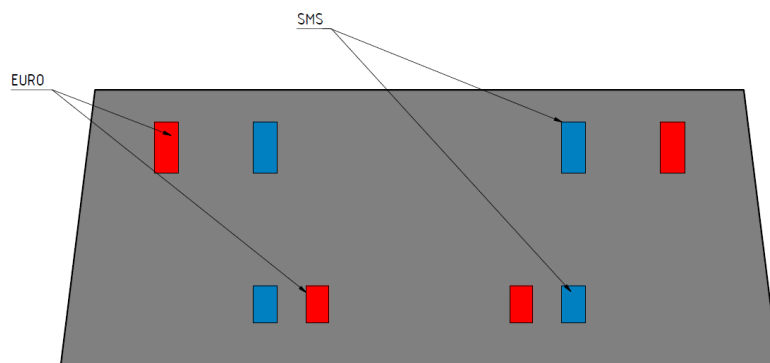
Obrázek 15.: Norma ISO 23206:2005(E) pro upínače Euro. Popis vyznačených dílů : 1- závěsné háky, 2- zajišťovací oka, 3- doraz pro nástroje, 4- hranice uchycení na nástroj, 5- zajišťovací čep.



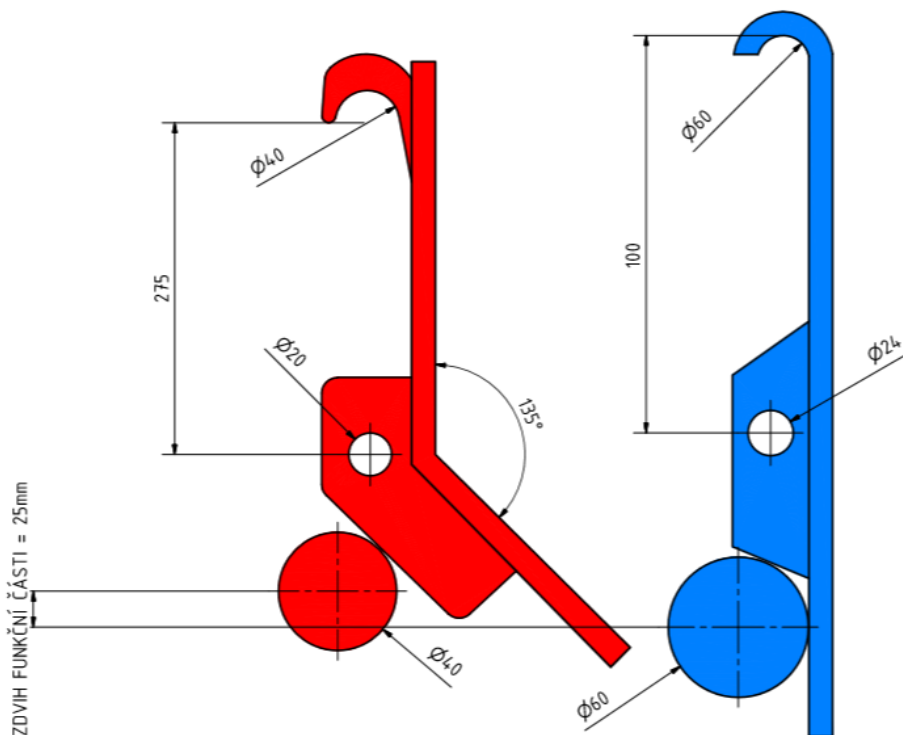
Obrázek 16.: Zadní detail Euro upínání na nástroji. V porovnání s obr. 11 a 13 je zde vidět jasný rozdíl v závěsných a zajišťovacích prvcích [9].

3 KONSTRUKČNÍ NÁVRHY

Kapitola se zabývá konstrukčními koncepty a jejich vyhodnocením. Na konci jsou shrnuty podstatné důvody, které povedou k výběru konečné varianty upínače. Provedení variant je provedeno na obr. 17 a detail zajišťovacích prvků znázorňuje obr. 18.



Obrázek 17.: Rozdíl v upínání Euro/SMS



Obrázek 18.: Provedení zajišťovacích prvků: Červené Euro, Modré SMS

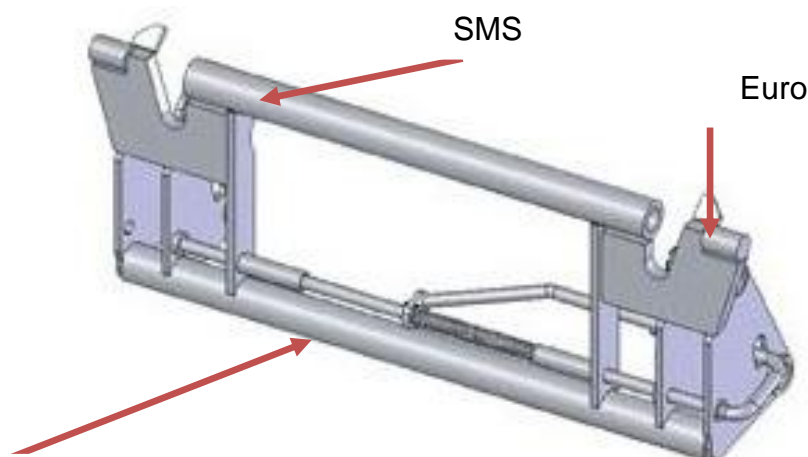
3.1 Nepohyblivá varianta kombinovaného upínače

Nepohyblivá varianta kombinovaného upínače se vyznačuje tím, že pro upnutí různého systému upínání náradí není nutné samotný upínač dále přestavovat do jiných poloh. Takovýmto upínačem disponuje firma MX [citace], jejíž upínač jsme viděli na obr. 20. Tato firma, zabývající se výrobou čelních nakladačů a jejich doplňků, vy-

vinula vlastní systém upínání nástrojů MX. Pro jeho přestavbu na normu Euro stačí pouze demontovat závěsné háky na nosiči (červené díly), sklopit a nosič je připraven pro Euro.

Výhodou čelních upínačů nepřestavitelných je jejich snadná konstrukce, která omezuje použití kyvných částí. Díky těmto částem je snížena výrobní cena upínače. Další výhodou je relativně větší tuhost upínače.

Nevýhodou je nedokonalé naklopení pracovního nástroje ve vztahu k dorazové vzpěře viz kap. 3.2.1. Následující nevýhoda je dána zejména lidským faktorem. Jedná se o uplívání nečistot na dosedacích plochách zabraňující dosednutí do požadovaných ploch a vedoucí k nezajištění náradí. Možné řešení pevných upínačů viz obr. 19 a 20.



Dorazová vzpěra společná pro SMS a Euro

Obrázek 19.: Sestava nepohyblivého kombinovaného upínače SMS/Euro s manuálním poloautomatickým zajištěním [12].



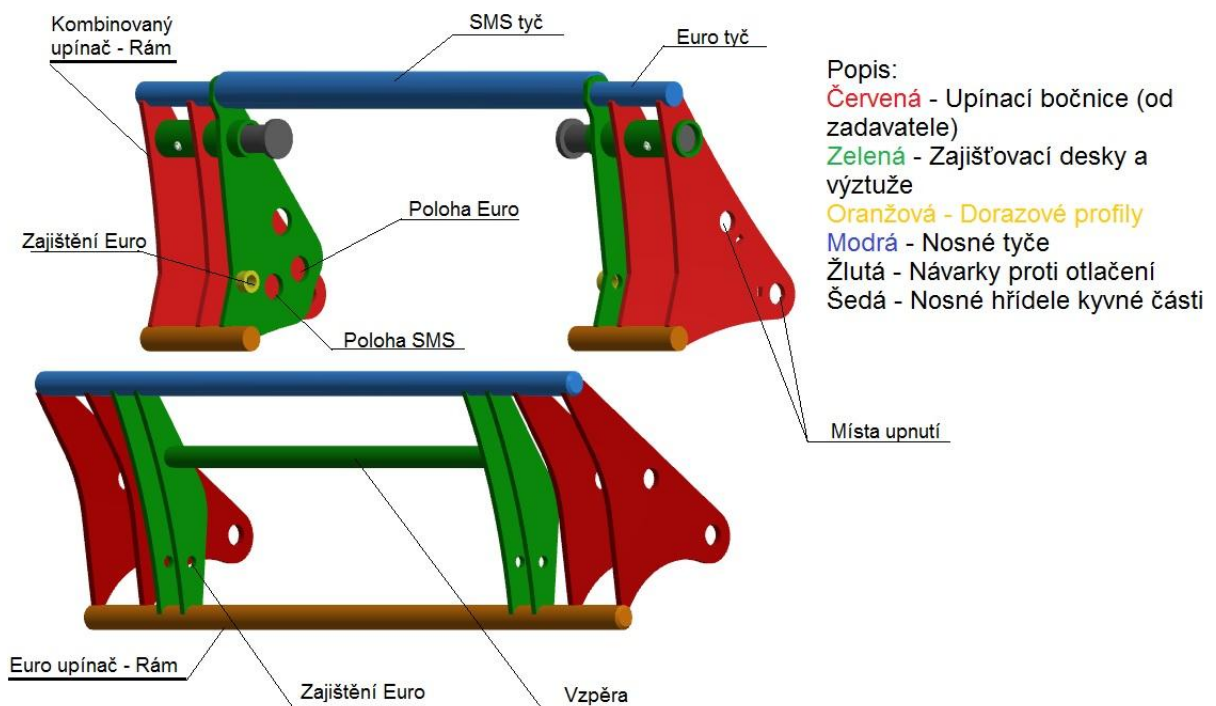
Obrázek 20.: Ukázka systému MX a jeho přestavba na Euro [11].

3.2 Pohyblivá varianta kombinovaného upínače

Pohyblivá varianta upínače představuje řešení, kdy se jedná část upínače (zajišťovací část), obsluhou přetáhne do polohy Euro/SMS nebo SMS/Euro. Takto vybavený upínač se skládá ze dvou částí. Rámu a výše zmíněné zajišťovací části.

3.2.1 Rám

První částí tohoto upínače, je rám. Jedná se většinou o svařenec z laseru vypálených a hutních válcovaných polotovarů. Z laseru vypálené desky tvoří bočnice, do kterých se upíná čelní nakladač. V těchto místech jsou bočnice někdy vybaveny návarky, pro zlepšení ochrany proti otláčení od čepů nakladače. Tyto desky jsou následně spojeny s nosnou tyčí, na kterou se zavěšují háky upínaného náradí. Nosná tyč se nachází na horní části bočnice. Disponuje průměry danými normou pro upínací systém. V případě systému Euro tak má tyč $\varnothing 40$ mm. Pro systém SMS to činí $\varnothing 60$ mm. Ve spodní části upínače se nachází dorazové kulatiny pro náradí. Tvoří je opět kulatina $\varnothing 40$ mm pro Euro, SMS $\varnothing 60$ mm. Na obr. 21 vidíme rozdíly klasického upínače Euro a kombinovaného kyvného upínače. Zásadním rozdílem v konstrukci je absence celkové vzpěry u kombinovaného upínače. Dále stojí za povšimnutí zejména průměry nosných tyčí. Na rám jsou přídavné držáky pro hydraulické rychlospojky zajišťující funkčnost 3. a 4. funkce. Vzhledem k velmi těžkému namáhání je dobré doplnit mezery mezi bočnicemi pomocí vzpěr. Tyto vzpěry zabraňují kroucení celého upínače v průběhu zatížení. Posledním obvyklým prvkem vyskytujícím se na rámu upínače jsou dorazové desky závěsných háků náradí.



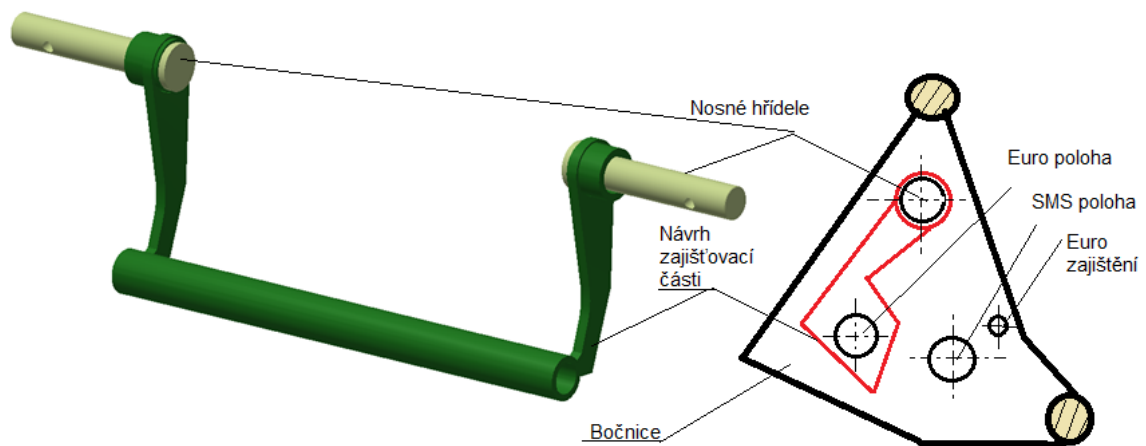
Obrázek 21.: Ukázka rozdílu v rámu upínačů EURO - pohyblivý upínač

3.2.2 Kyvná část

Tato část upínače zajišťuje svým vystavením do pracovní polohy, plnohodnotnou podporu při zapření náradí. Na rozdíl od některých upínačů, kteří nemají pohyblivé ani přestavitelné části, zajišťuje tato součást, správný úhel, např. na lopatě nedojde k odsypávání nebo naopak bude možné vysypat kompletně náklad.

Kyvná část sestává z výpalků a normalizovaných hutních polotovarů. Její uchycení na rám je provedeno pomocí nosné hřídele. Hřídel je uložena v teflonových kluzných ložiskách mazaných plastickým mazivem. Nosná hřídel je vedena v bezešvé tlustostěnné trubce. Tato trubka je upevněna v bočnicích rámu. Dále na kyvné části budou uloženy oba zajišťovací mechanismy, polohy SMS/Euro a zajištění náradí. Protože jsou tyto mechanismy založeny na zajišťovacích čepech, je pro ně na kyvné části upevněno vedení. V případě výroby hydraulického vybavení, je uvažováno, že hydraulický píst nahradí pouze mechanismus zajišťování náradí. Předpokladem totiž je, že se z větší části bude používat pouze jeden systém náradí. Hydraulické řešení pro zajištění polohy by v tomto případě znamenalo zbytečný nárůst cen.

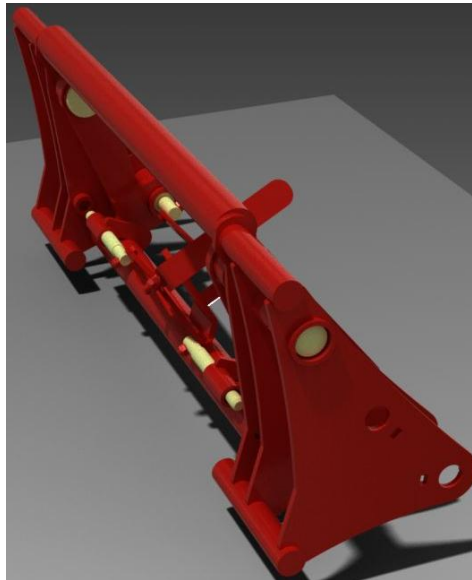
Vzhledem k charakteru používání upínače je vhodné pohyblivé části chránit proti zanášení nečistot např. vývoz hnoje, přeprava písku nebo stěrku. Tyto nečistoty by mohli ovlivnit správnou funkci zajištění. Většina takovýchto krytů je vyrobena z tenkého zohýbaného plechu. Dalším důležitým prvkem, kterým musí být kyvná část osazena, je signalizace "zajištěno/odjištěno" pro náradí. Většinou se tak provádí pomocí ukazatelů přesouvajících se v obarvených polích "zajištěno" (např. zelená) a „odjištěno“ (např. červená). Prototyp pohyblivé části s nosnými hřídelemi viz obr. 22.



Obrázek 22.: Prototyp zajišťovací části

4 NÁVRH POHYBLIVÉHO KOMBINOVANÉHO UPÍNAČE

Kapitola se zabývá postupným návrhem kombinovaného upínače. Součástí jsou případné komentáře k výsledkům kontrol jeho vybraných částí. Předběžný návrh obr. 23.



Obrázek 23.:Kombinovaný upínač

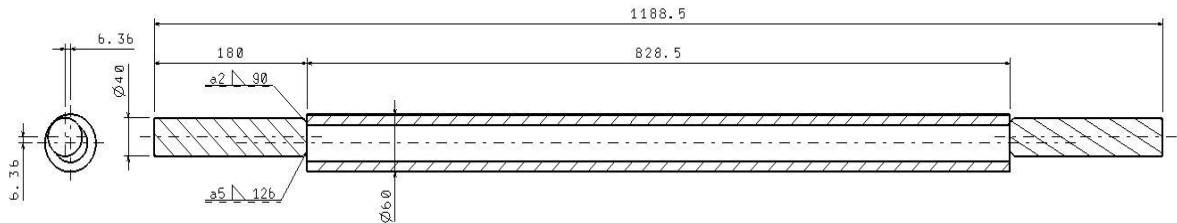
4.1 Návrh rámu a kyvné části

Rám

Návrh byl proveden pomocí výkresové dokumentace dodané zadavatelem. Ten poskytl výrobní výkresy pro upínací bočnici. Z tohoto bodu byl následně proveden návrh nosné tyče nářadí. Tato tyč je svařenec normalizovaných polotovarů. Nosná tyč sestává z průměrů $\text{Ø}40$ mm a $\text{Ø}60$ mm.

Návrh nosné tyče popisuje obr. 24. Pro lepší zavěšení háků SMS je zde provedeno lehké vyosení kulatin Euro. Vzhledem k absenci celkové vzpěry, (obr. 21) je zde přidána jedna bočnice na každé straně, která zároveň plní funkci pro zajišťování nářadí v poloze Euro a zajištění polohy SMS/Euro. Tato bočnice je rovněž spojena s nosnou tyčí. Další výztuhou je vedení nosné hřídele kyvné části. To je vedeno na každé straně přes všechny tři bočnice. Na dolní části upínače jsou bočnice spojeny dorazovou kulatinou pro Euro. V prvních dvou bočnicích viz obr. 25 jsou vypáleny upínací otvory pro čelní nakladač. Aby bylo docíleno požadované přesnosti děr H11, což odpovídá vyhrubované díře, je navrženo, aby při vypalování laserem, paprsek začínal mimo díru a posléze najel na potřebný průměr. Tento postup popisuje obr. 26. Tím je splněn požadavek z kapitol 1.2. Tento postup je uplatněn pro všechny kruhové díry na celém upínači. V případě díry ve vedení nosné hřídele je otvor pouze vyvrtán, jelikož je užito pružných kolíků. Ty zajišťují axiální pojištění proti vyjetí nosné

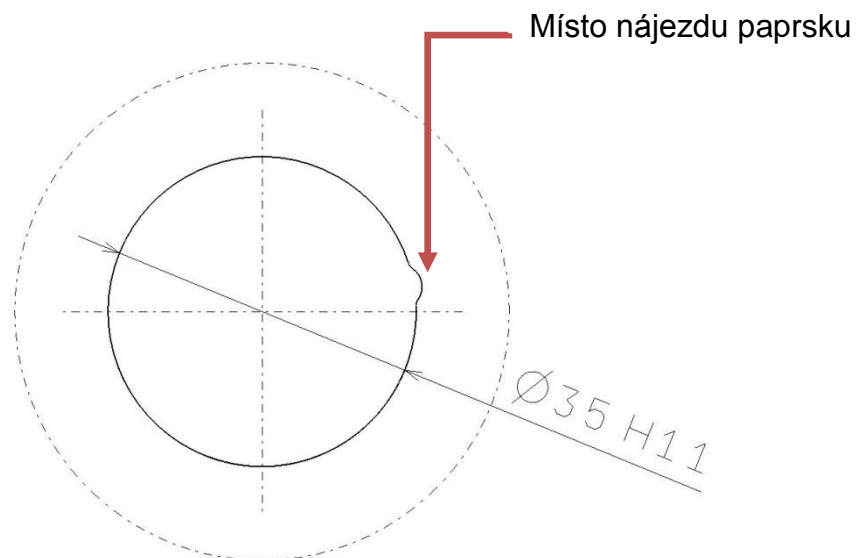
hřídele. Axiální pojištění upínacích čepů je provedeno pomocí ohnutého nosu a desky s maticí popsaným v kapitole 1.2.1 obr. 7.



Obrázek 24.: Nosná tyč SMS+Euro



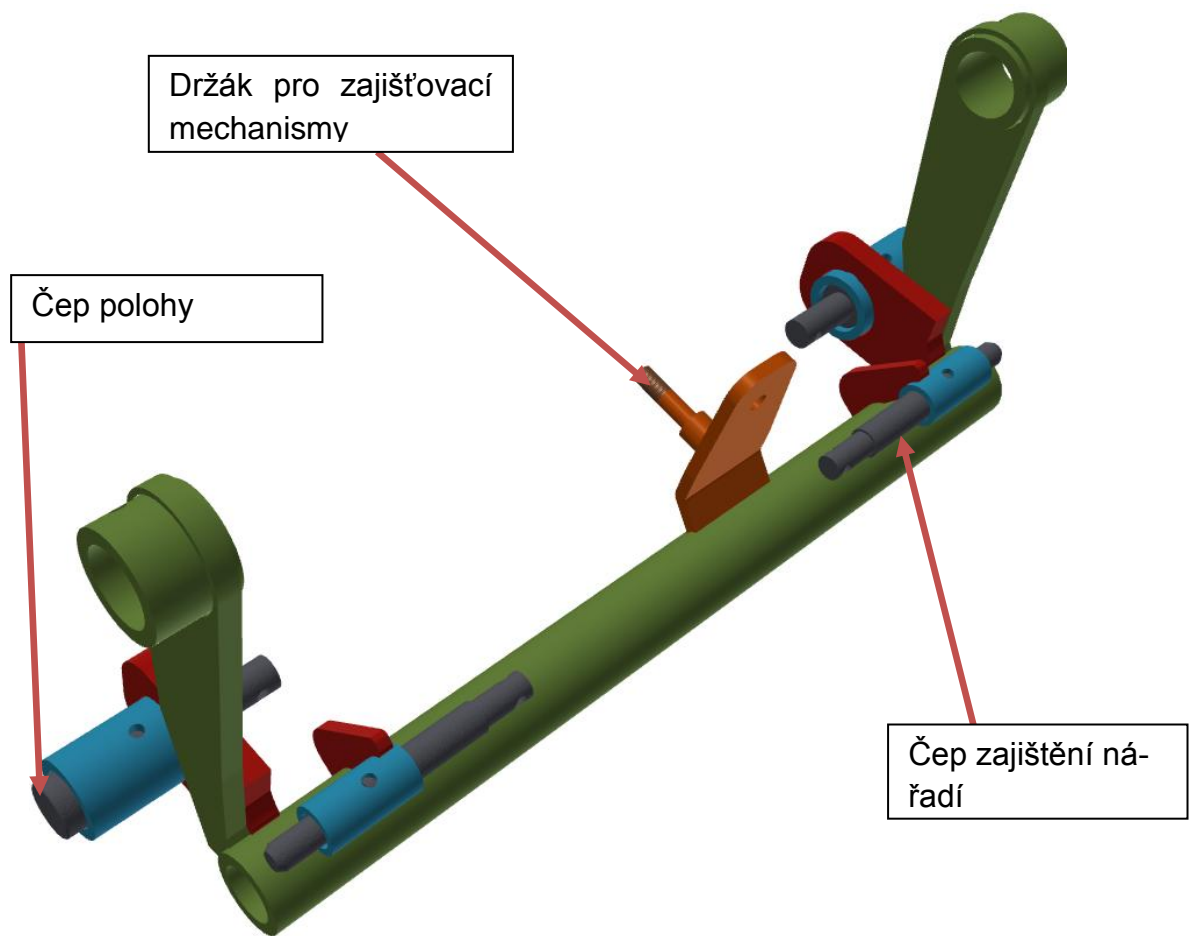
Obrázek 25: Hotová bočnice



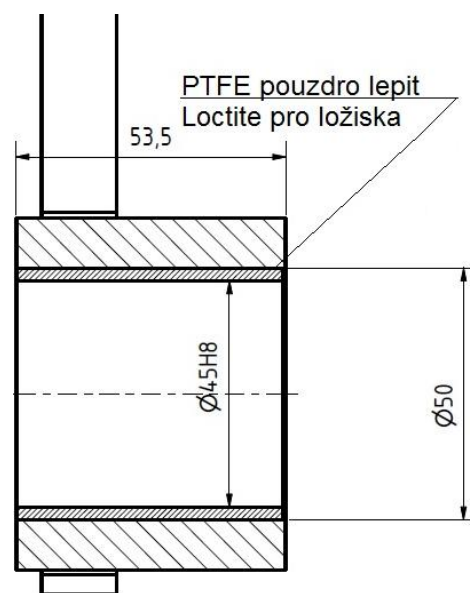
Obrázek 26: Návrh přesnosti děr a ukázka technologie výroby

Kyvná část

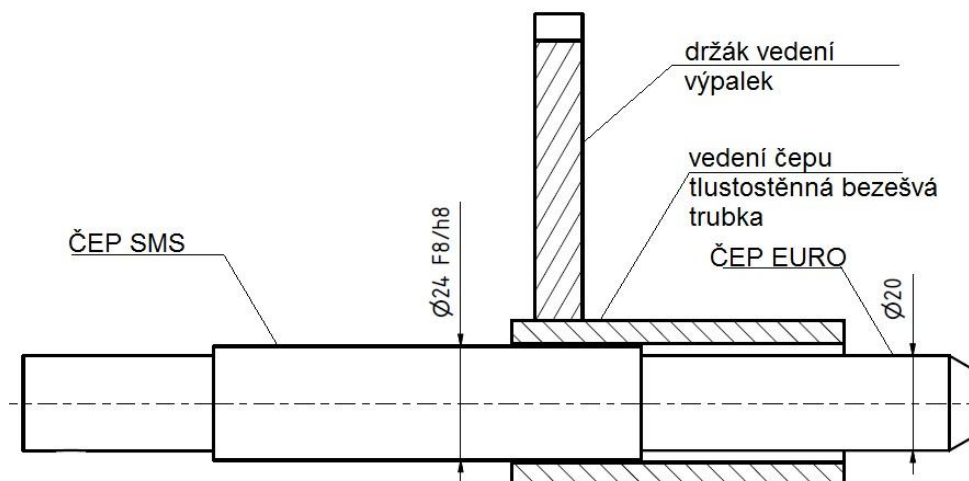
Konstrukční řešení kyvné části vychází z požadavku na průměr dorazové kulatiny pro SMS viz obr. 26, který je dále popsán. Na ní jsou po té navařeny ramena, která zajišťují spojení s nosnými hřídelemi přes mazaná teflonová tělesa v domcích viz obr. 26. Tím je zaručena možnost otáčet danou soustavou i po dlouhodobějším stání. PTFE pouzdra jsou nalepena na $\text{Ø}50^{+0,1}\text{mm}$. Vlivem roztažnosti zvoleného lepidla dochází k vymezení spáry domku a pouzdra. Po slepení jsou pouzdra demontovatelná pomocí vysoké teploty, kdy dochází k rozpuštění lepidla. Teplotní odolnost je od -55 do $+150^\circ\text{C}$, což plně vyhovuje podmínkám používání. Čepy mají navrženo tolerování $\text{Ø}45\text{ H}8/\text{f}8$. Na dorazové kulatině o $\text{Ø}60\text{mm}$ je přivařen profilovaný výpalek, který tvoří držák pro zajišťovací mechanismy. Rovněž je na ní umístěno vedení čepů pro zajištění náradí. To je provedeno pomocí silnostěnné trubky a výpalku. Vzhledem k povaze použití stroje a k přihlédnutím k snahám o co nejmenší výrobní náklady je zde navrženo uložení se značnou vůlí $\text{Ø}24\text{ F}8/\text{h}8$. Jako výztuha navařených ramen je přidán držák vedení pro čepy zajišťujících polohu kyvné části. Jedná se znovu o výpalek a tlustostěnnou bezešvou trubku. Vedení čepů zajišťujících náradí viz obr. 27. Vedení pro čepy polohy je patrné z obr. 28.



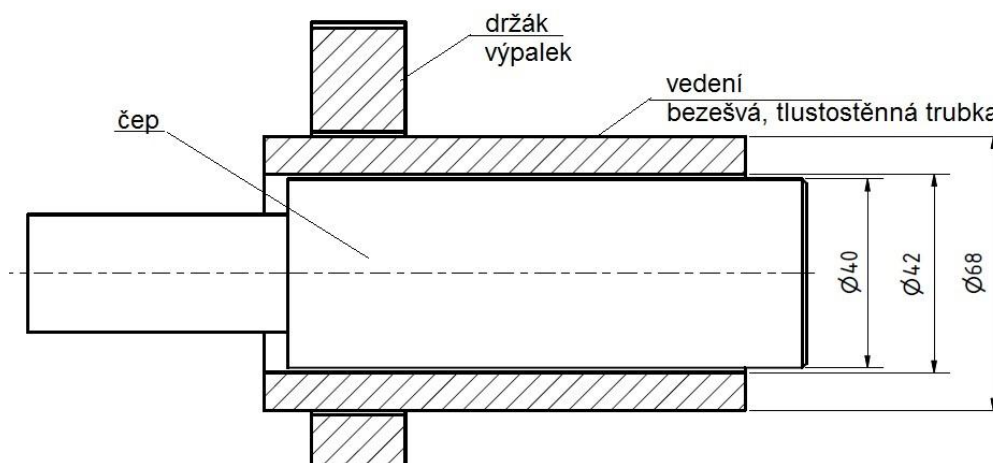
Obrázek 27: Pohled na osazený rám funkční části



Obrázek 28.: Uložení PTFE pouzdra



Obrázek 29.: Uložení čepu zajištění náradí



Obrázek 30.: Vedení čepu polohy

4.1.1 Technologie a materiály použité na rámu a kyvné části

Technologie výroby

Pro výrobu rámu byly použity laserové výpalky a normalizované hutní polotovary. Z výběrů postupů spojování polotovarů a výpalků, bylo zvoleno svařování. Jedná se o metodu MIG/MAG.

Volba materiálů

Materiál, který byl zvolen pro výrobu rámu nosiče a nosné konstrukce kyvné části, nese označení S355J2G3 dle DIN EN 10025-94 (ekvivalentem je ČSN 41 1523). Jedná se o nelegovanou jemnozrnnou konstrukční ocel, která je podle ČSN 05 1309 vhodná ke svařování. Ocel obsahuje maximálně 0,2% uhlíku. Pro zajišťovací čepy a nosné hřídele kyvné části byly zvoleny jiné materiály. V případě nosných hřídelí nesoucích kyvnou část byl zvolen materiál E360 dle DIN EN 10025-94 (ČSN 41 1700). Pro čepy zajišťující polohu a náradí bylo zvoleno vzhledem k jejich namá-



hání 16MnCr5 dle DIN EN 10025-94 (ČSN 41 4220). Tato ocel je dle ČSN 05 1309 dobře svařitelná.

Tepelné zpracování

Z hlediska chemicko-tepelného zpracování je doporučeno, aby byl svařenec rámu a rám kyvné části žíháný na snížení vnitřního pnutí. Jedná se o žíhací proces používaný po svařování kdy v materiálu vlivem teplotních vlivů vznikají vnitřní pnutí, která mají nepříznivý vliv na chování výrobku. Žíhací teploty se pohybují okolo A_{c1} , avšak jí nesmí překročit. Z toho poznatku vyplývají pracovní teploty okolo 600-630°C. Výrobek je žíhán podobu 1-10 hodin dle velikosti a dále je pomalu ochlazen v peci. Pro čepy zajišťující polohu SMS/Euro bylo navrženo pro jejich materiál vzhledem k jejich zatížení a z hlediska bezpečnosti tepelné zpracování pomocí zušlechťování. Proces zušlechťování ocelí sestává z kalení a popuštění za vysokých teplot. Pro materiál 16MnCr5 jsou určeny teploty 850-880°C pro kalení a pro popuštění záleží na požadavku na pevnost oceli. Takto zakalená ocel dosahuje meze pevnosti v tahu $R_m = 1240 \text{ N/mm}^2$.

Povrchová úprava

Pro rám a kyvnou část byla navržena jako povrchová úprava proti korozi ochrana barvou. Barva je aplikována ve dvou krocích. Základní nátěr je proveden pomocí kataforézního lakování. Na tuto vrstvu je nanесena prášková barva finálního odstínu. Používání kataforézního lakování prodlužuje díky svým vlastnostem životnost výrobku. Je to zapříčiněno používáním epoxidových barev a jejich následně polymerizaci při teplotě okolí 160-180°C. Pro nosné hřídele a čepy bylo vzhledem k jejich povaze používání navrženo jako ochrana proti opotřebení a korozi galvanické pokovování. Pokovovací kov byl zvolen zinek. Jedná se o základní prvek pokovování v různých barevných odstínech.

4.2 Návrh a kontrola vybraných konstrukčních uzlů

V kapitole je provedeno zhodnocení a okomentování výsledků, návrhů a jejich kontroly vybraných prvků.

4.2.1 Návrh nosných čepů kyvné části a jejich kontrola

Výpočet zatížení

Pro výpočet namáhání byl zvolen jako přepravovaný materiál štěrk. Jeho objemová hustota je [zdroj] $\rho_v = 1500 \text{ kg.m}^{-3}$. Jako upnuté nářadí byla zvolena velkoobjemová lopata [zdroj] o objemu $V_{lop} = 1,85 \text{ m}^3$, hmotností $m_{lop} = 505 \text{ kg}$. Pro návrh zatěžující síly uvažujeme:

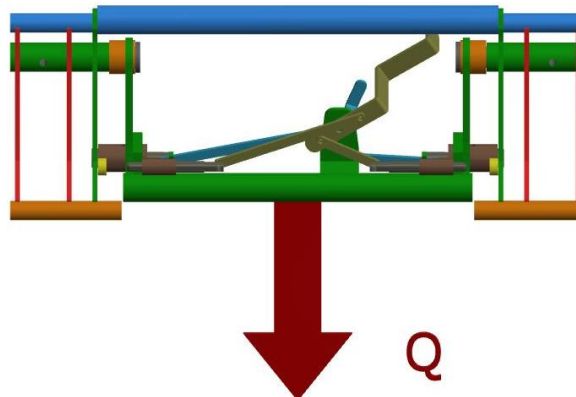
$$m_{nákl} = \frac{\rho_v}{V_{lop}} = \frac{1500}{1,85} = 810 \text{ kg.}$$

$$m_{celk} = m_{nákl} + m_{lop} = 810 + 505 = 1820 \text{ kg} \rightarrow \underline{2000 \text{ kg}}$$

$$Q = m_{celk} * g = 2000 * 9,81 = 19620 \rightarrow \underline{20000 \text{ N}}$$

$$Q = F/2 = 10\,000 \text{ N}$$

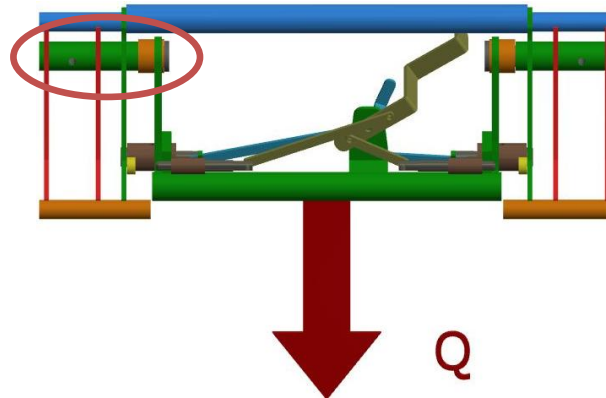
Celková zatěžovací síla je tedy 20 kN. Tato síla představuje plně naloženou lopatu přepravovaným materiálem. Zatížení je řešeno v poloze pro systém SMS, kdy dochází k vystavení kyvné části do pracovní pozice. V tomto případě dochází k zatížení jak nosných hřídelí, tak i čepů polohy. Směr zatížení ukazuje obr. 29.



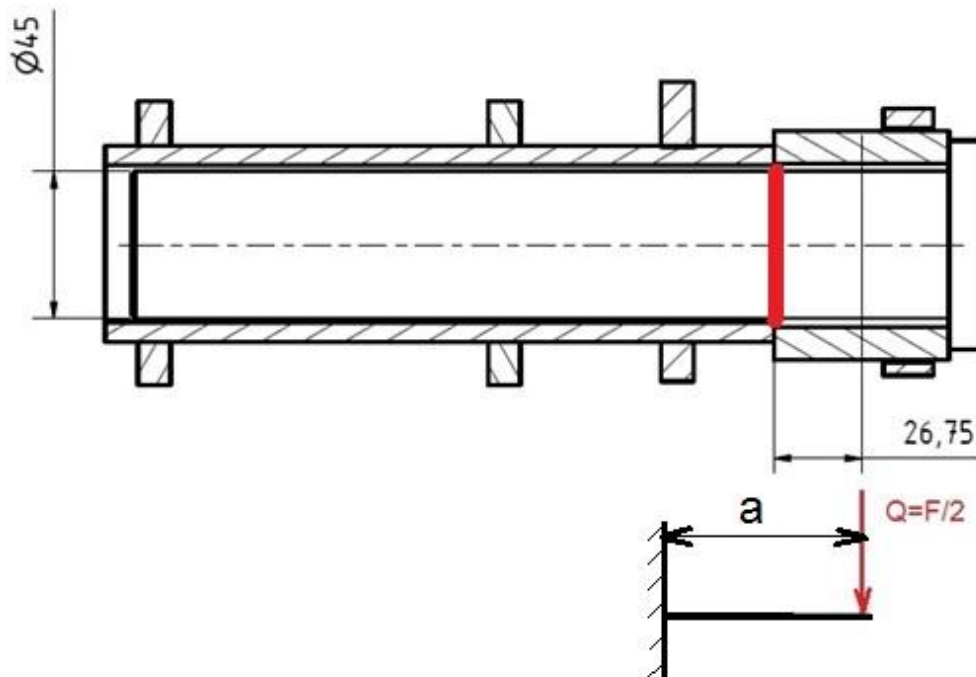
Obrázek 31.: Skica namáhání upínače

Normované zatížení

Z normy ISO 23206:2005(E) získáváme maximální nosnost 30kN nositelka síly je vzdálena 800mm od zajišťovacích čepů. Tato síla je o cca 67% větší než reálná možná síla vyvozená plně naloženou lopatou. Z hlediska bezpečnosti bude pro návrh počítáno s tímto zatížením.



Obrázek 321.: Označení kontrolované části.



Obrázek 33.: Skica uzlu nosné hřídele.

Na obrázku 31. je označena kontrolovaná součást. Pro uzel z obr. 32 volím tyto hodnoty:

bezpečnost $k = 2$,

Materiál čepu E360 pro tento materiál je $R_m = 685 \text{ N/mm}^2$,

Materiál trubky S355J2G3,

Délka $a = 62$ mm.

Střih

$$\tau_{Ds} = \frac{F}{S} \rightarrow d' = \sqrt{\frac{4 * F}{\pi * \tau_{Ds}}} = \sqrt{\frac{4 * 15000}{\pi * 74}} = 16,06 \text{ mm } d \text{ volím } 18 \text{ mm},$$

$$\tau_{Ds} = 0,6 * \frac{0,6 * Rm}{k} * 0,6 = 0,6 * \frac{0,6 * 685}{2} * 0,6 = \underline{74 \text{ N/mm}^2}.$$

Z výpočtu na střih vyšel předběžný průměr okolo 13 mm. S přihlédnutím k možnostem přetížení a s ohledem na bezpečnost je však zvolena velikost $d = 45$ mm. Pro zvolený průměr vyšla kontrola na střih:

$$\tau = \frac{F}{S} = \frac{15000}{\frac{\pi * 18^2}{4}} = \underline{59 \text{ N/mm}^2} \leq 74 \text{ N/mm}^2$$

Kontrola na střih vyhovuje.

Ohyb

Pro výpočet ohybu je vzhledem k složitosti úlohy uvažovat pouze ohyb hřídele pro orientační návrh průměru. Pro tento výpočet je zanedbána opora v trubce. Z obr. 30 navrhují nosník vetknutý. Navrhované hodnoty rozměr $a = 62$ mm, materiál E360 s $\sigma_{D0} = 125 \text{ N/mm}^2$.

Pro návrh průměru použijeme modifikovaný vztah pro ohyb :

$$\sigma = \frac{M_o}{0,1 * d^3} \leq \sigma_{dov} \rightarrow d' = \sqrt[3]{\frac{M_o}{0,1 * \sigma_{dov}}} \rightarrow \sqrt[3]{\frac{15\,000 * 62}{0,1 * 125}} = 42,05 \text{ mm}.$$

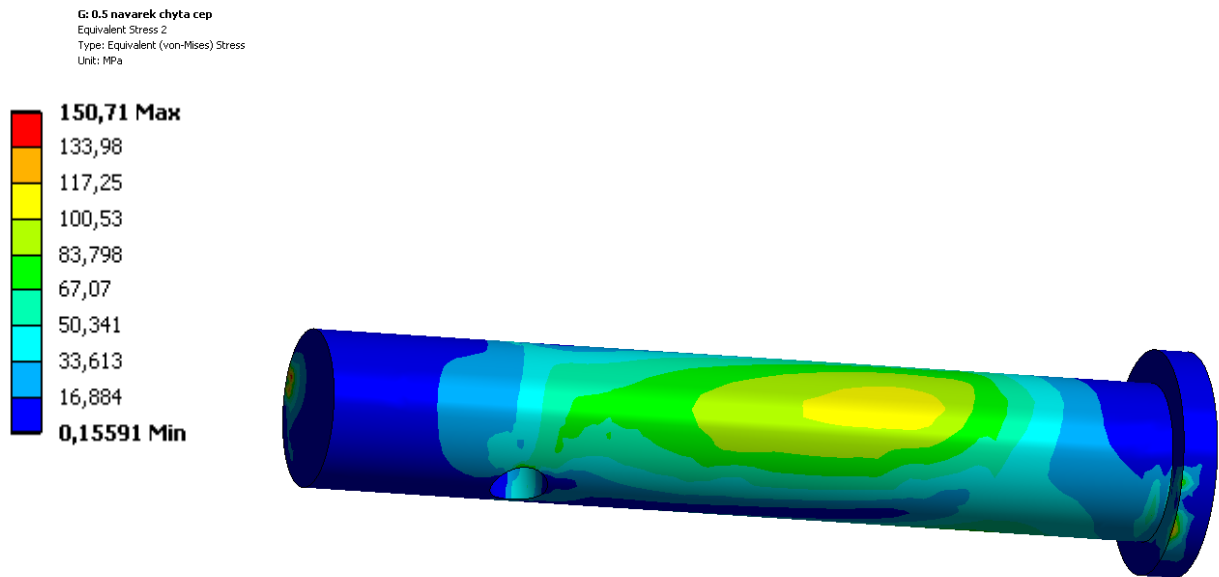
Z návrhového výpočtu vychází průměr 42,1 mm volím 45 mm. Pro kontrolu ohybu, však uvažují celkový průměr včetně průměru trubky.

Celkový kontrolovaný průměr tedy činí 68 mm.

$$\sigma = \frac{M_o}{W_o} = \frac{M_o}{0,1 * D_{celk}^3} = \frac{15000 * 62}{0,1 * 68^3} = \underline{30 \text{ N/mm}^2} \leq 125 \text{ N/mm}^2 .$$

Navrhovaný celkový průměr vyhovuje, pro $\varnothing 45$ mm činí ohyb 102 N/mm^2 , což vyhovuje rovněž s bezpečností $k = 1,82$.

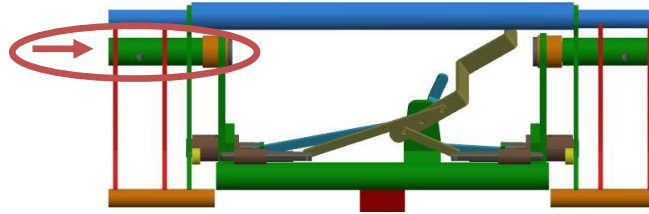
MKP kontrola



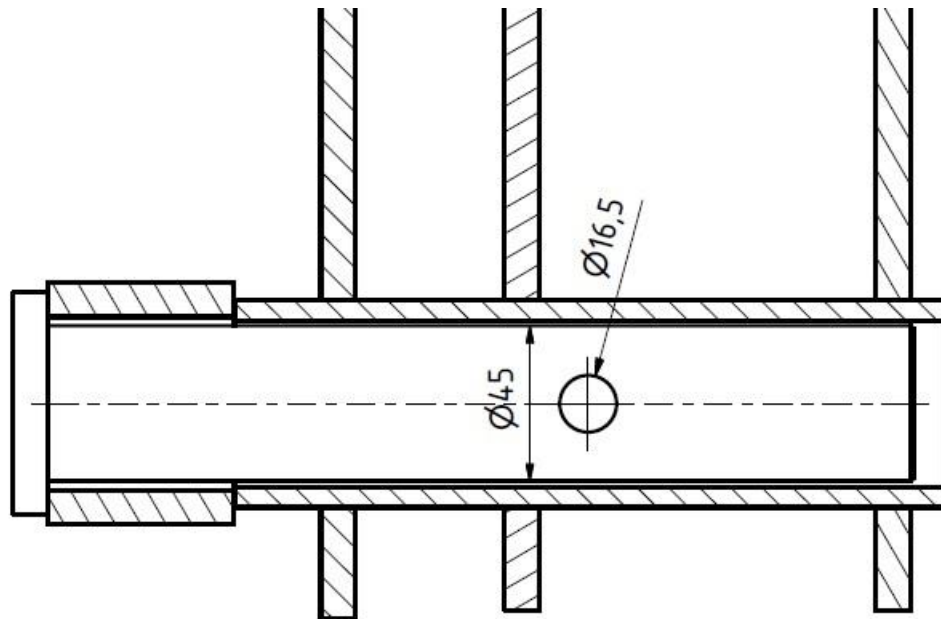
Obrázek 34.: MKP analýza namáhání čepu ohybem.

Z obr. 31 je patrné, že hodnoty analytické se téměř shodují s MKP hodnotami získanými z výpočtového softwaru.

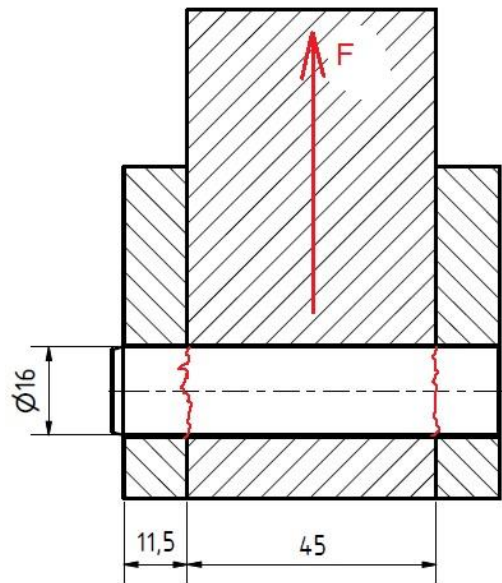
4.2.2 Návrh kolíkového spoje čepu kyvné části a jeho kontrola



Obrázek 35.: Skica namáhání upínače a daného uzlu



Obrázek 36.: Místo kolíkového spoje s předvrtanou dírou



Obrázek 37.: Namáhání kolíku

Pro kolíkový spoj z obr. 34 a 35 máme k dispozici tyto údaje : $d_{\text{kol}} = 16\text{mm}$, Materiál kolíku E295, materiál desek S355J2G3, materiál čepu E360. Pro E295 je $R_m = 470\text{ N/mm}^2$. Pro S355J2G3 je $R_m = 500\text{ N/mm}^2$. Síla vznikající z bočního nárazu je zvolena 10 kN. Dovolený tlak pro otláčení zvolen $p_d = 65\text{ N/mm}^2$ pro trubku, $p_d = 90\text{ N/mm}^2$ pro čep, pro stříh zvoleno $\tau_s = 50\text{ N/mm}^2$. Deformace kolíku jsou naznačeny na obr. 36.

Stříh

$$\tau = \frac{F}{2 * S} = \frac{F}{2 * \frac{\pi * d^2}{4}} = \frac{10000}{402,12} = 24\text{ N/mm}^2 \leq 50\text{ N/mm}^2.$$

Otláčení

Otláčení p_1 v trubce:

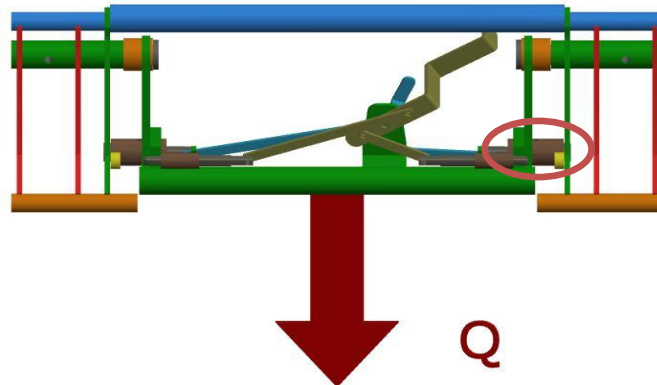
$$p_1 = \frac{F}{d * a} = \frac{10000}{16 * 11,5} = 54\text{ N/mm}^2 \leq 65\text{ N/mm}^2.$$

Otláčení p_2 v čepu:

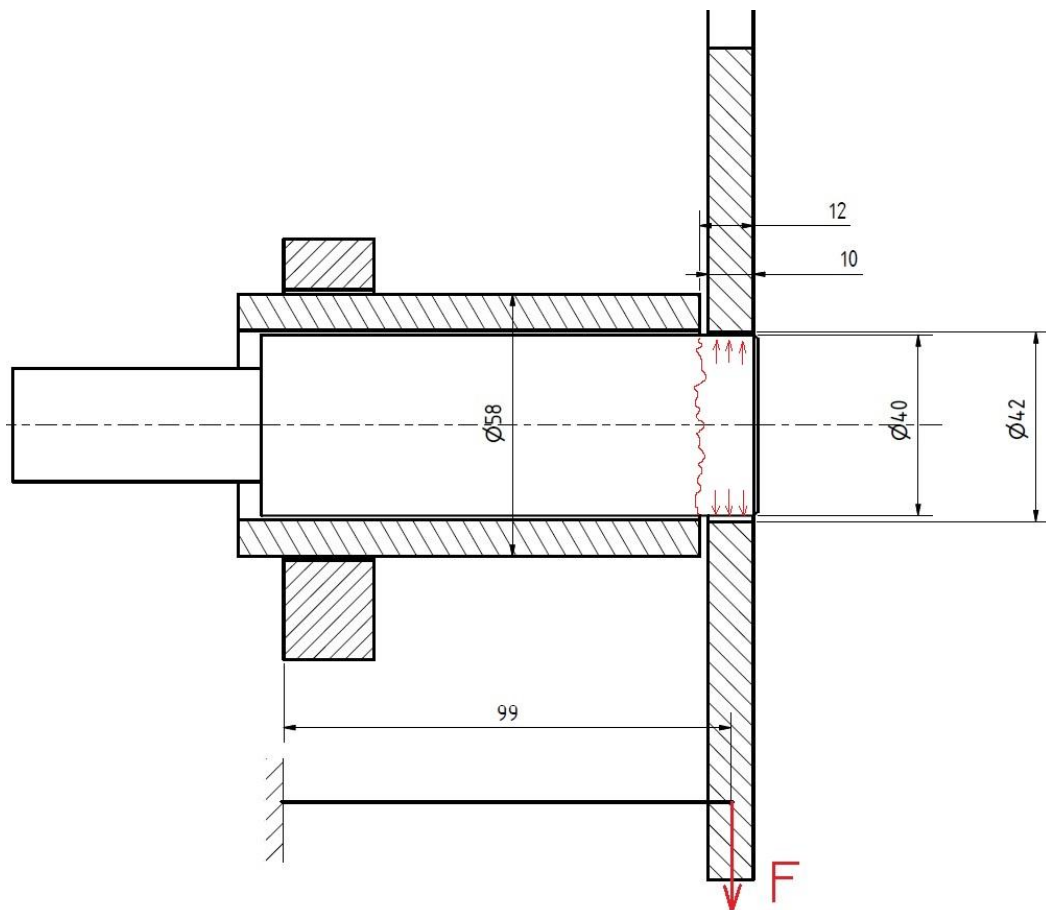
$$p_2 = \frac{F}{d * D} = \frac{10000}{16 * 45} = 14\text{ N/mm}^2 \leq 90\text{ N/mm}^2.$$

Z kontrolního výpočtu vyplývá, že navrhovaný kolíkový spoj vyhovuje.

4.2.3 Návrh čepů pro zajištění polohy SMS/Euro a jejich kontrola



Obrázek 38.: Skica namáhání upínače



Obrázek 39.: Skica namáhání čepu polohy s naznačeným namáháním.

Pro namáhány čep polohy z obr. 37 platí zatížení viz obr. 38, jsou navrženy tyto prvky o vlastnostech: Materiál trubky, držáku a desky zvolen S355J2G3 s $R_m=$

500 N/mm². Materiál čepu zvolen 16MnCr5, R_m= 1240 N/mm². Bezpečnost zvoleno k=2. Pro p_d platí $\frac{0,6 \cdot R_{m\text{desk}}}{k} \cdot c_{III} = \frac{0,6 \cdot 500}{2} \cdot 0,65 = 97,5 \text{ N/mm}^2$. Návrh průměru čepu provedeme z ohybu, stříhu a otláčení, ze kterého bude vzhledem k výsledkům zvolen průměr čepu. τ_{Ds} zvoleno 50 N/mm². Vzdálenost l= 99 mm.

Otláčení

$$p_d = \frac{F}{S} \rightarrow d' = \frac{F}{b \cdot p_d} = \frac{15000}{10 \cdot 97,5} = 15,38 \text{ mm z ST zvolen } d = 18 \text{ mm}$$

$$p = \frac{F}{S} = \frac{15000}{18 \cdot 10} = 83,33 \text{ N/mm}^2 \leq 97,5 \text{ N/mm}^2.$$

Pro otláčení vychází průměr d'= 15,38 mm zvolili jsme nejbližší vyšší d= 18, pro tento návrh vychází bezpečnost k = 1,17 což značí že návrh na otláčení vyhovuje.

Střih

$$\tau_s = \frac{F}{S} \rightarrow d' = \sqrt[2]{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot \tau_{Ds}}} = \sqrt[2]{\frac{4 \cdot 15000}{\pi \cdot 50}} = 19,58 \text{ mm Ze ST zvoleno } d = 20 \text{ mm.}$$

$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2} = \frac{60000}{\pi \cdot 20^2} = 47 \text{ N/mm}^2 \leq 50 \text{ N/mm}^2.$$

Pro střih vychází průměr d = 19,58, což odpovídá nejbližšímu vyššímu průměru d = 20mm. Z návrhu jsme zjistili, že na střih čep vyhovuje. Navrhnutá bezpečnost k = 1,1, která vyhovuje.

Ohyb

Zásadním prvkem namáhání je ohyb, jeho výpočet je však komplikovaný jako v případě kap. 3.2.1. Dochází zde k zásadním zjednodušením, vhodným k analytickému výpočtu. Pro návrh průměru čepu, soustavu uvažujeme jako vetknutý nosník. Pro celkovou kontrolu na ohyb bereme v potaz celý průměr včetně tlustostěnné trubky. Jako dovolené napětí volím vzhledem k zakalenému čepu σ_{Do}=260N/mm².

$$M_{o\text{max}} = F \cdot l = 15000 \cdot 99 = 1485000 \text{ N} \cdot \text{mm.}$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{M_o}{0,1 \cdot d^3} \rightarrow d' = \sqrt[3]{\frac{M_o}{0,1 \cdot \sigma_{Do}}} = \sqrt[3]{\frac{1485000}{0,1 \cdot 260}} = 38,5 \text{ mm.}$$

Ze ST zvolen nejbližší vyšší průměr d= 40 mm. Pro tento průměr provedeme spolu s trubicou kontrolu ohybu.

V návrhu je zohledněn charakter výrobku a úspora materiálu, proto se



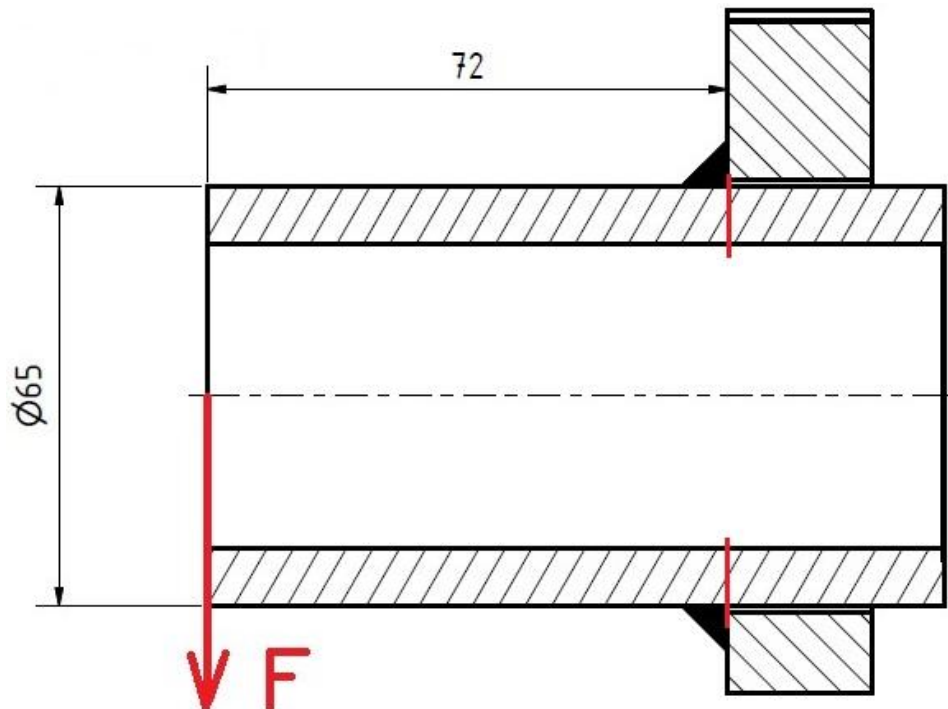
uvažuje s mezními stavy, do kterých se prototyp může dostat. Z těchto zjištěných skutečností bude provedena revize a případné posílení nevyhovujících částí.

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_{oc}} = \frac{1485000}{20171,191} = 74 \text{ N/mm}^2 \leq 260 \text{ N/mm}^2.$$

$$W_{oc} = \frac{\pi}{32} * \left[\left(\frac{D^4 - d^4}{D} \right) + d_{cep}^3 \right] = \frac{\pi}{32} \left[\left(\frac{58^4 - 42^4}{58} \right) + 40^3 \right] = 20171,191 \text{ mm}^4.$$

Navržená součást vyhovuje.

4.2.4 Návrh a kontrola svaru



Obrázek 40.: Skica namáhání svaru

Z namáhání obrázek: 40 získávám ohybový moment $M_o = 72\ 0000\ \text{N}\cdot\text{mm}$, sřížná síla $10\ 000\ \text{N}$, navržená výška svaru $t = 5\ \text{mm}$, vnější průměr $D = 65\ \text{mm}$. Materiál je S355J2G3 s $\tau_{ds} = 90\ \text{N}/\text{mm}^2$, zvolena bezpečnost $k = 2$.

Kontrola navrženého svaru:

$$M_o = F * e = 15\ 000 * 72 = 1080000\ \text{N}\cdot\text{mm}$$

$$W_{sv} = 0,1 * \frac{(D + 2 * 0,7 * t)^4 - D^4}{D + 2 * 0,7 * t} = 0,1 * \frac{(68 + 2 * 0,7 * 5)^4 - 68^4}{68 + 2 * 0,7 * 5} \\ = 13678,9987\ \text{mm}^4$$

$$\tau_{sv} = \frac{M_o}{W_{sv}} = \frac{1080000}{13678,9987} = \underline{79\ \text{N}/\text{mm}^2}$$

Smyk :

$$A = \pi * D * 0,7 * t = \pi * 68 * 0,7 * 5 = 748\ \text{mm}^2,$$

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{15000}{748} = \underline{20\ \text{N}/\text{mm}^2}.$$

$$\tau_c = \sqrt[2]{\tau_{sv}^2 + \tau^2} = \sqrt[2]{79^2 + 20^2} = \underline{81\ \text{N}/\text{mm}^2} \leq 90\ \text{N}/\text{mm}^2 \rightarrow \text{Navržený svár vyhovuje.}$$

5.3 Návrh zajišťovací funkce

Slouží k zajištění náradí na rám upínače a následnou bezpečnou manipulaci.

5.3.1 Mechanická verze

Úkolem zajištění náradí je zajistit bezpečné a jednoznačné upnutí nástroje. Zachovat ho v pracovní pozici po dobu jeho transportu, položení na zem či jeho vyklápění takovým způsobem, aby nedošlo ke spadnutí nástroje z upínače, následovně poškozením stroje či případným zraněním obsluhy. Mechanické zajišťování je prováděno několika způsoby. Hlavní dva jsou pomocí natažené zajišťovací páky obr. 36 a nebo pomocí nahýbané suvně uložené kulatiny. Tyto dva zastánce ukazují obr. 36 a obr. 37.

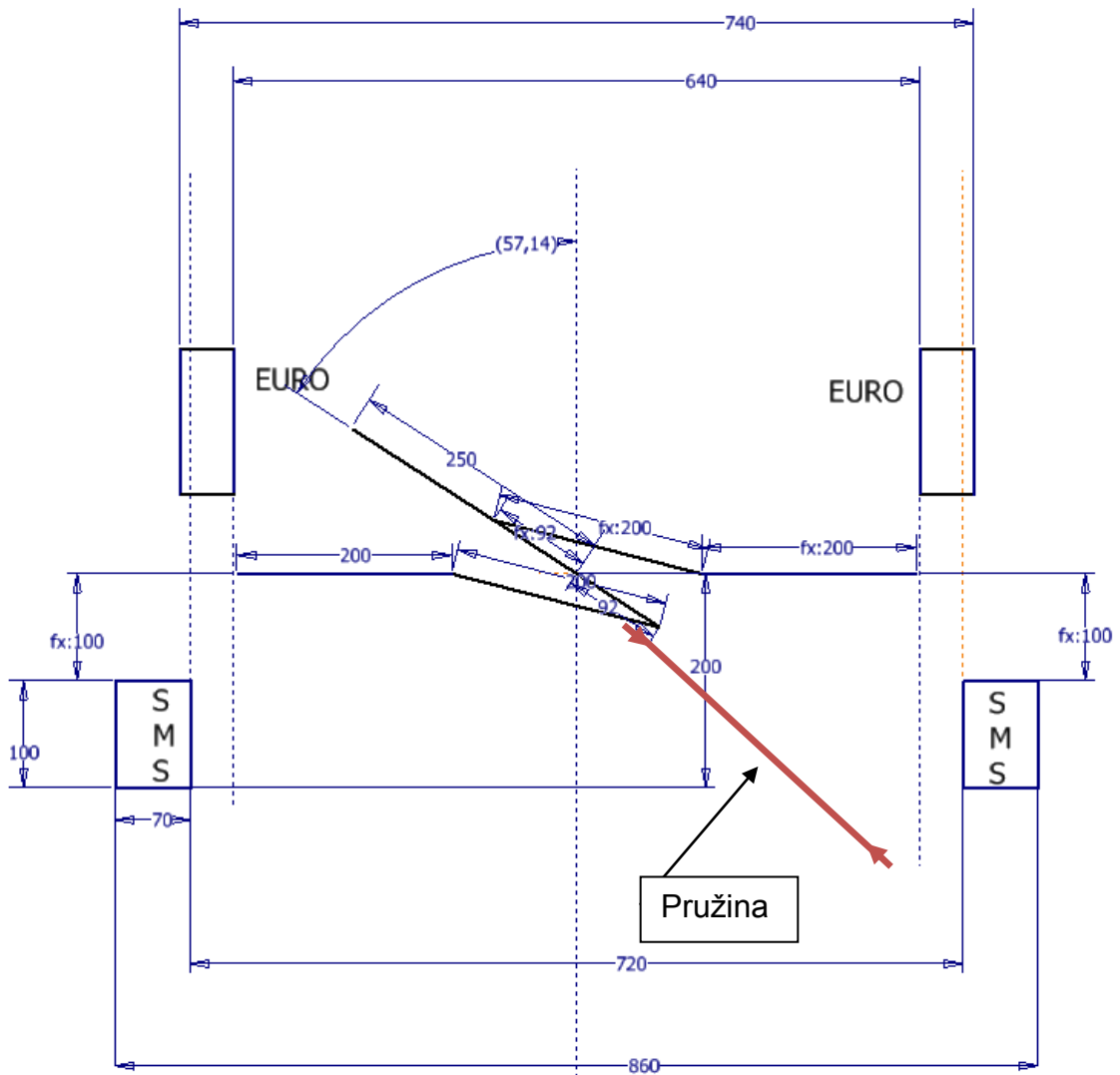


Obrázek 41.: Pákový mechanismus zajišťování. [13]



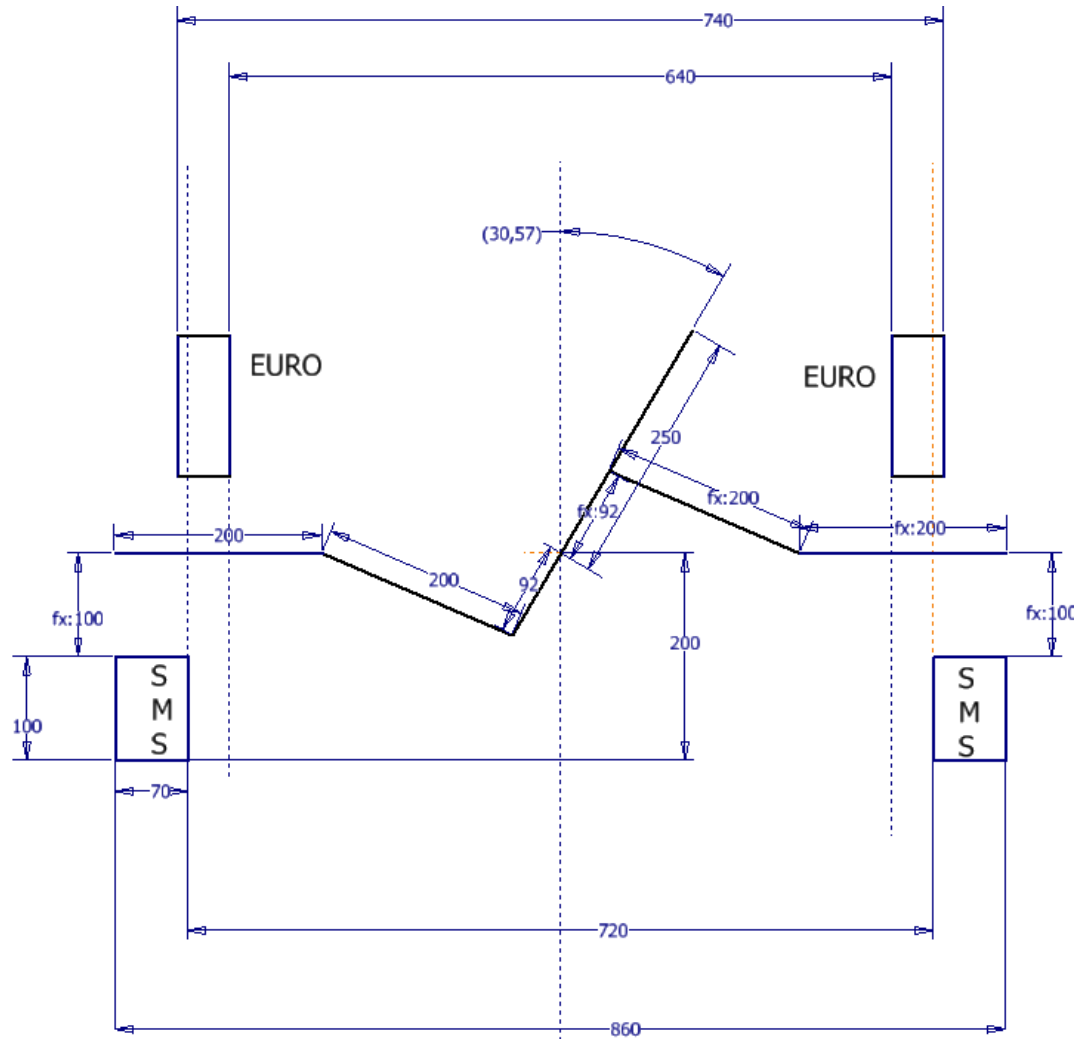
Obrázek 42.: Upínání nástroje pomocí suvné kulatiny (zleva): 1- odjištění, 2- nájezd do nářadí, 3- zajištění nářadí. [12]

Pro návrh funkčních rozměrů pákového mechanismu je použito softwaru Autodesk Inventor v jehož náčrtové části došlo k vytvoření kinematického schématu. Pomocí parametrů a rozměrů daných z normy pro SMS a Euro došlo k vytvoření funkčního mechanismu. V této simulaci došlo k ověření funkčních rozměrů vedoucích k finálnímu návrhu. Vzhledem k umístění a tvaru natahovací páky došlo při výrobě k posunutí držáku. Mechanismu se tedy nenachází v přesném středu vzpěry pro SMS.



Obrázek 43.: Schéma nabitého systému připravenému k zajištění.

Na následujícím obrázku 42. je mechanismus v zajištěné pozici. Tento pohyb je zajištěn pomocí vratné vzpruhy. Tato pružina je uchycena na spodním konci natahovací páky a zajišťuje vystřelení zajišťujících čepů při jejich odjištění.

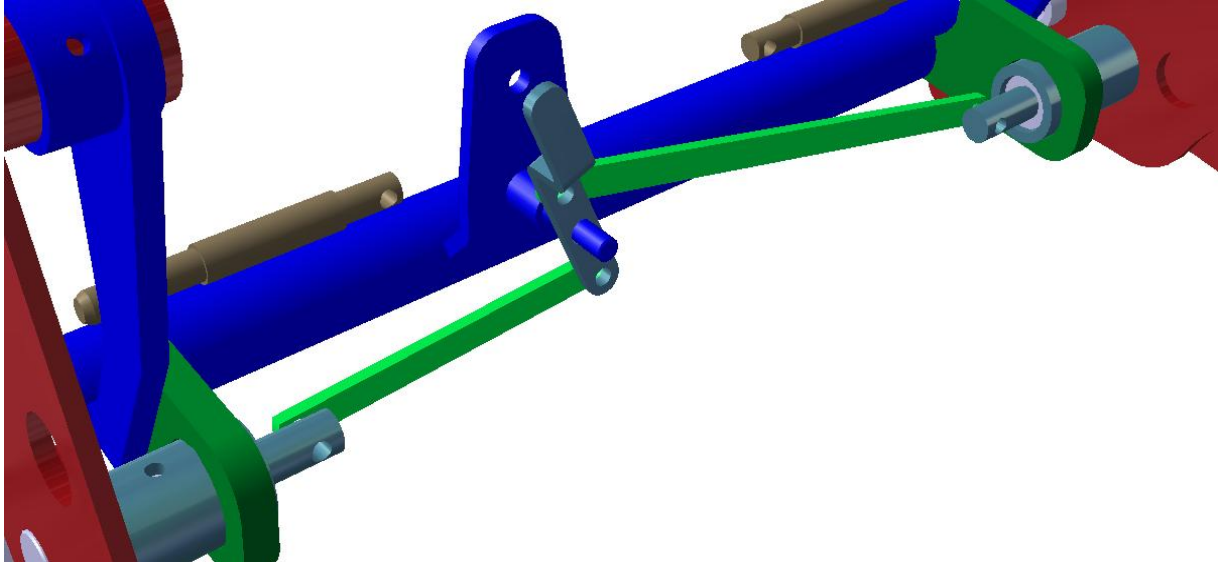


Obrázek 44.: Schéma nabitého systému zajištěného mechanismu

Schéma z obrázku 43. ukazuje mechanismus v zajištěné pozici, kdy jsou zajišťovací čepy umístěny v zajišťovacích okách.

Mechanické zajištění polohy

Je navrženo ve stejném smyslu jako mechanické zajištění náradí. Vratná funkce mechanismu je zajištěna pomocí vratné pružiny uchycené na delším táhle. Mechanismus je uchycen na držáku viz obr. 45 .

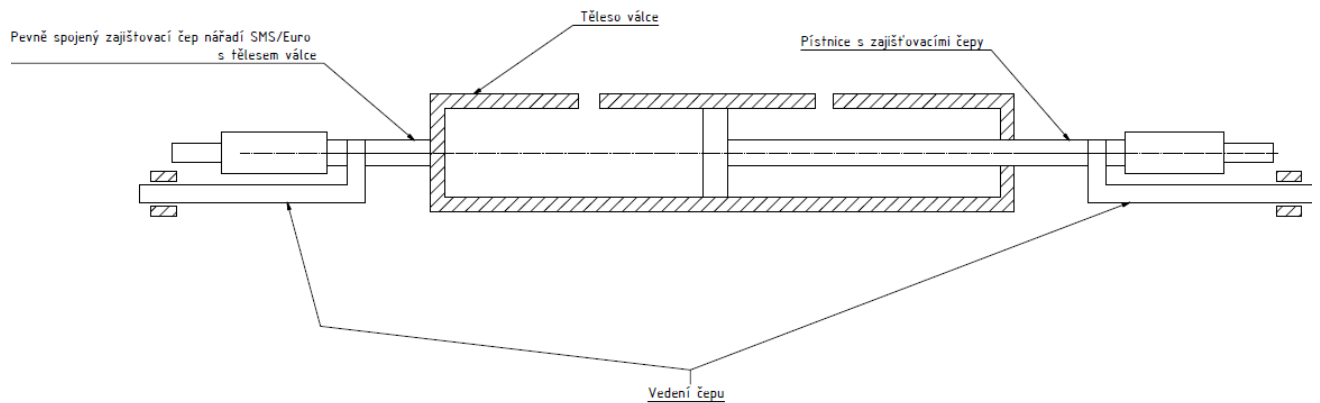


Obrázek 45.: Detail provedení zajištění polohy

5.3.2 Hydraulická verze

Hydraulicky ovládaný mechanismus, v tomto případě má tvořit lepší vybavenost čelního nakladače. Jeho výhodou je, že při výměně upínaného nářadí nemusí obsluha opouštět prostor kabiny. Toto řešení značně zrychluje pracovní postup.

Hydraulické řešení je prováděno pomocí jednoho hydraulického lineárního motoru letmo uloženého na vodících lištách. Viz obr. 46.



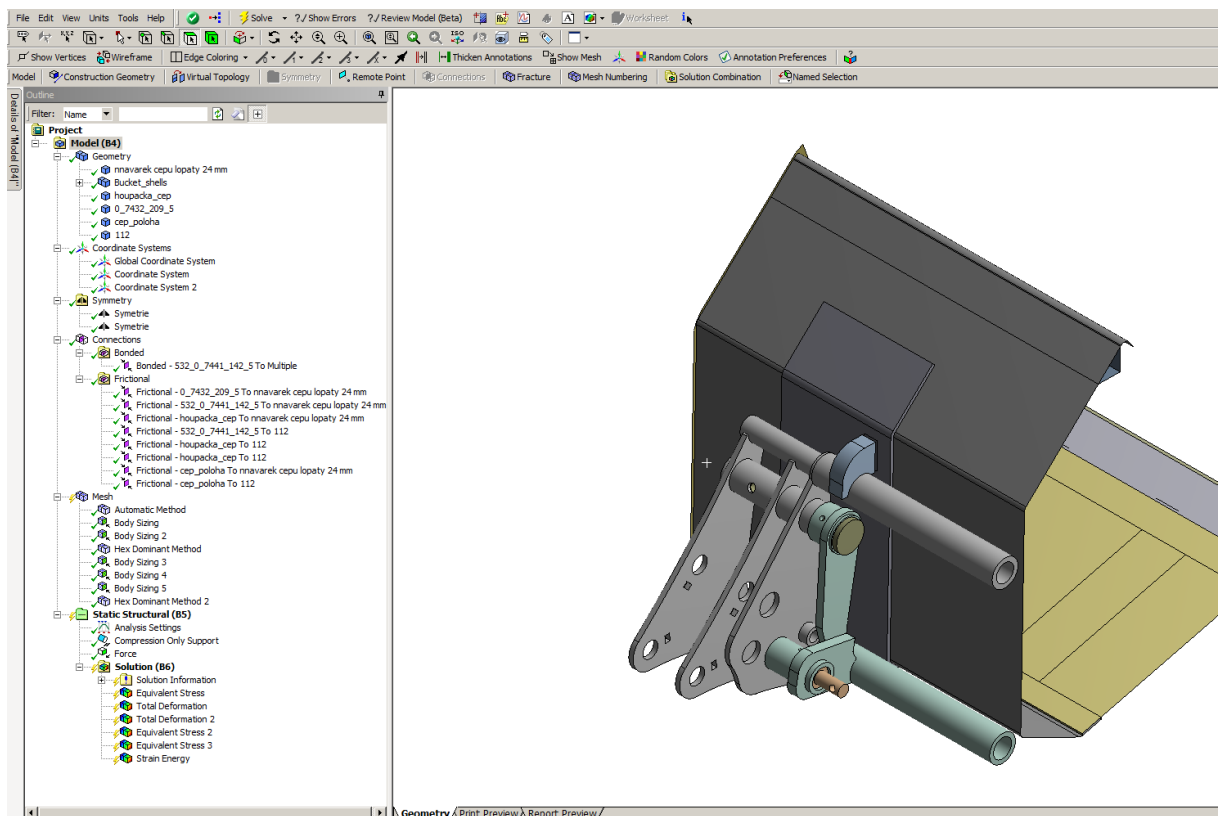
Obrázek 46.: Schéma vedení hydraulického válce

6 MKP analýza upínače

V této kapitole je probrán vybraný řešič. Dále je popsána změna modelu a jeho výpočet. V závěru je proveden komentář výsledů a návrhu řešení.

6.1 Výpočtový řešič

Jako výpočtový řešič pro analýzu metodou konečných prvků byl zvolen program společnosti ANSYS. Jedná se o program fungující v prostředí CFD (Computational fluid dynamics) je to technologie využívající numerické operace a algoritmy pro řešení proudění tekutin, případně pro zjištění posuvů a namáhání v dané součásti. Výpočet je proveden ve verzi ANSYS Workbench r14.5.7. Tento software slučuje několik aplikací dohromady. V aplikaci je vybrán řešič pro Structural mechanics. Na obrázku č.47 lze vidět interface software.

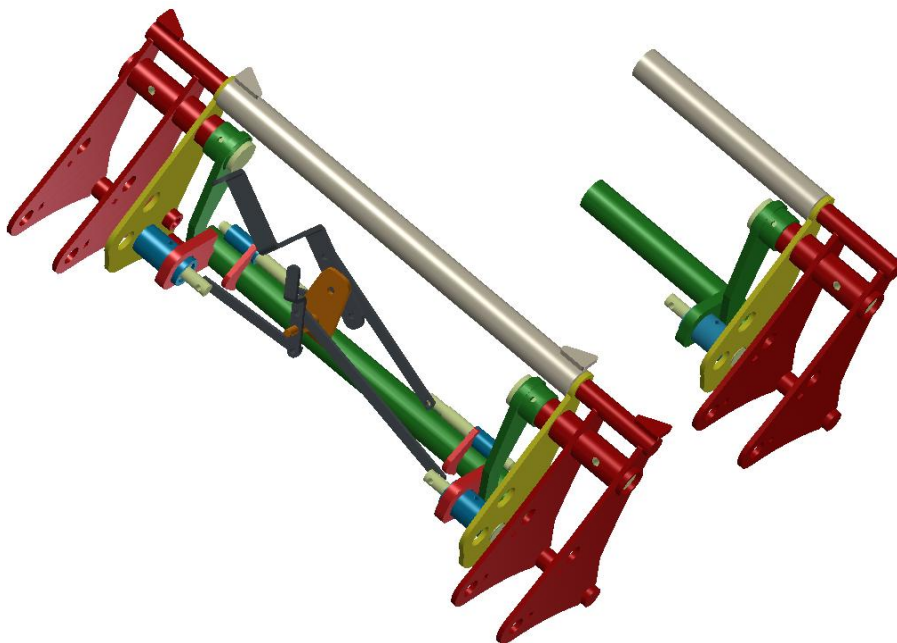


Obrázek 47.: Interface SW Ansys 14

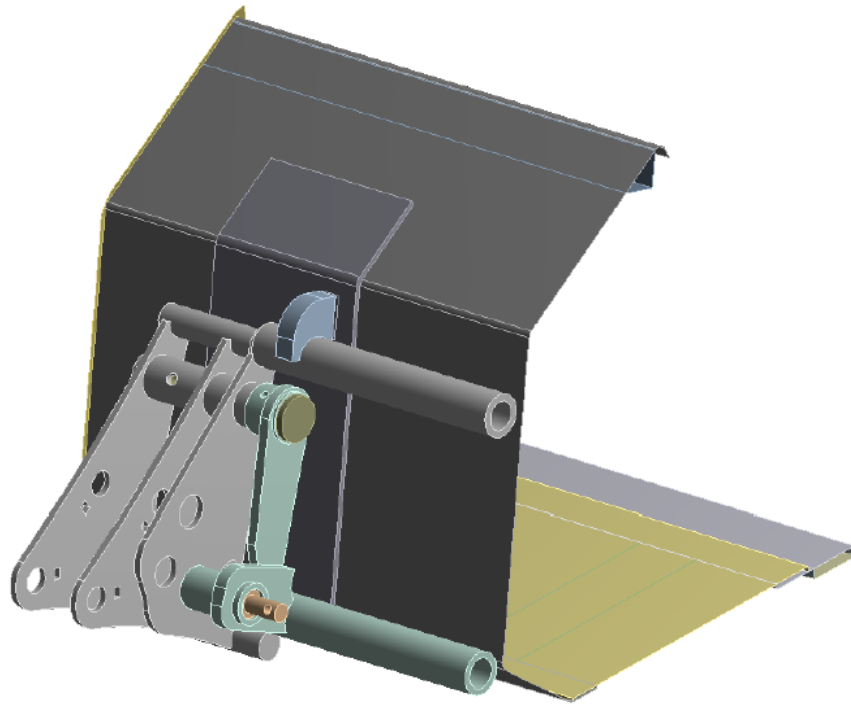
6.2 Úprava výpočtového modelu - 3D model

Pro získání co nejpřesnějších výsledků návrhu upínače je použita metoda konečných prvků. Výpočet je proveden pomocí programu Ansys. Pro výpočet bylo nutné 3D model upínače změnit, respektive zjednodušit na jednodušší prvky. Cílem zjednodušování je úspora výpočtového času, avšak při zachování dostatečně přesného popisu reality.

Zjednodušení geometrie spočívá v omezení a odstranění některých tvarových složitostí, jako jsou např. zkosení hran, montážní otvory, díry pro maznice atd. viz obr. 48. Dále pak vynechání dílů, které se nepodílí na přenosu napětí a převedení upnutého nástroje na střednicové plochy. S výhodou lze také využít symetrie, jelikož je symetrická geometrie i okrajové podmínky. Střednicové plochy jsou pro nástroj zvoleny z toho důvodu, že nás napětí v nástroji nezajímá. Rovněž také proto, aby nebyl z důvodu poměrně složitého geometrického tvaru omezený výpočtový čas. Takto upravený model je vidět na obr. 49.



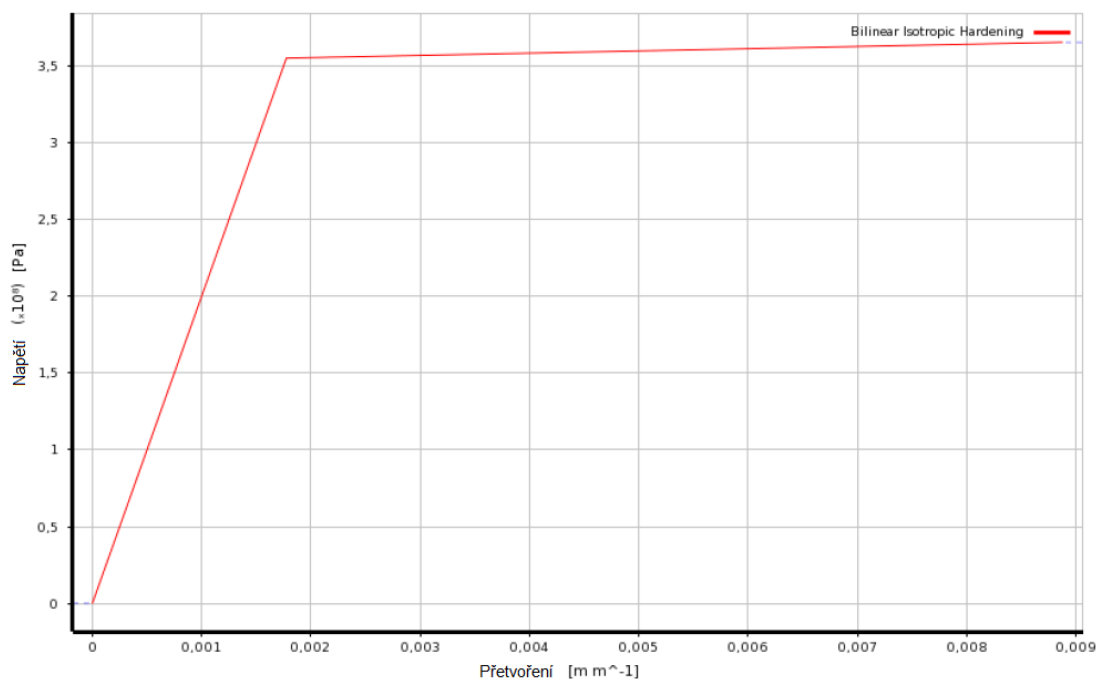
Obrázek 48.: Úprava 3D modelu



Obrázek 49.: Hotový 3D model pro MKP

6.3 Výpočtový materiál

Pro co nejpřesnější výsledek výpočtového programu je nutné provést vhodnou volbu materiálu. V exponovaných místech je upínač sestaven z ocele S355J2G3. Pro všechna tělesa byly pro výpočet použity stejné mechanické vlastnosti. V případě elastických těles se jedná o Youngův modul 200GPa a Poissonův poměr 0,3. Vzhledem k očekávané plastizaci byl použit model plasticity *Bilinear Isotropic Hardening*. Pro tento model byla použita mez kluzu 355MPa definovaná materiálem S355 a tečný modul 1,45GPa. Mez kluzu je pro bočnice vyznačena na obr. 50. Pro nosné hřídele je navržen materiál E360 s $R_m = 680 \text{ N/mm}^2$, pro čep polohy je navržen materiál 16MnCr5 je po kalení $R_m = 1420 \text{ N/mm}^2$.



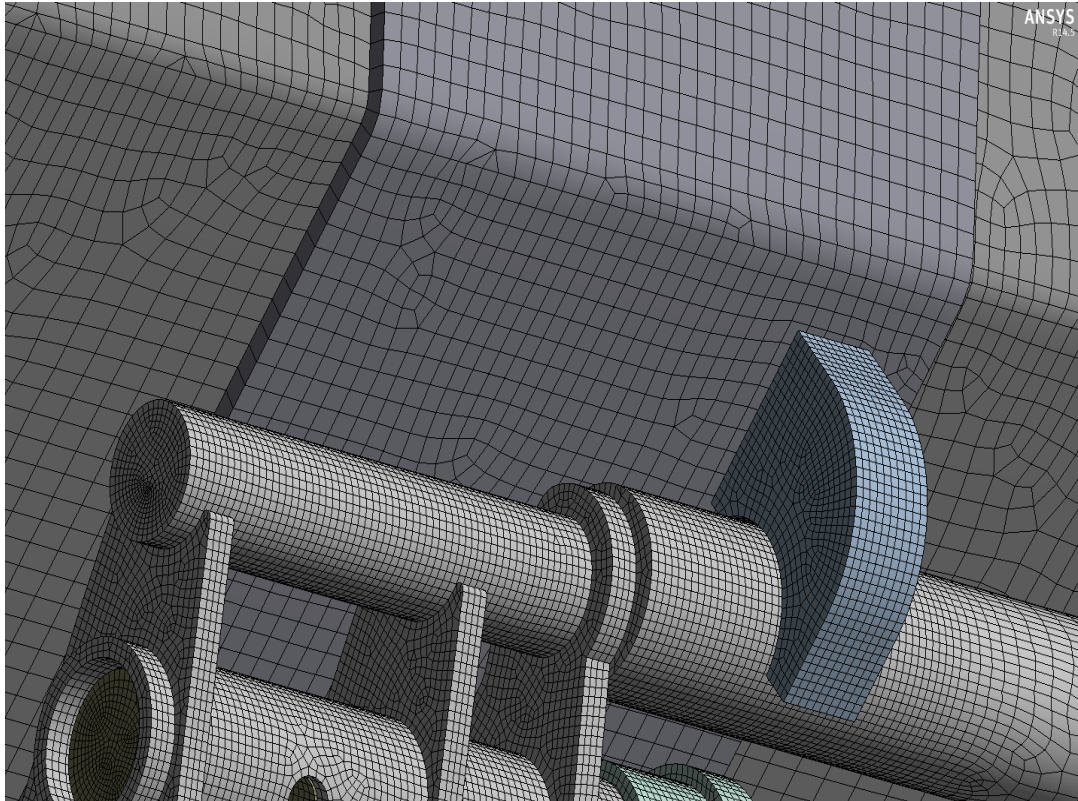
Obrázek 50.: Horní graf S355

6.4 Konečně prvková síť

Použitá nestrukturovaná síť viz obr.č. 52 byla tvořena 371841 elementy (včetně 34979 kontaktních). Skořepinové elementy (*Shell*) na lžici byly definovány bez střednicových uzlů tedy *Linear Triangle* a *Linear Quadrilateral*. Objemová tělesa (*Solid*) byla diskretizována převážně elementy typu *Quadratic Tetrahedron* a *Quadratic Hexahedron*, tedy elementy se střednicovými uzly. Vzhledem k složitosti geometrie generátor sítě použil lokálně pro podchycení geometrie nelineární elementy typu *Quadratic Wedge* a *Quadratic Pyramid*. Všechny použité elementy včetně alternativních názvu pro jiné řešiče jsou uvedeny v *Tabulce č.1. Detailní pohled na vysíťovanou část obr. č. 51.*

Tabulka 1.: Alternativní názvy sítí

Generic Element Type Name	Mechanical APDL Name	NASTRAN Name	ABAQUS Name
Quadratic Tetrahedron	Mesh200	CTETRA	C3D10
Quadratic Hexahedron	Mesh200	CHEXA	C3D20
Quadratic Wedge	Mesh200	CPENTA	C3D15
Quadratic Pyramid	Mesh200	N/A	N/A
Linear Triangle	Mesh200	CTRIA3	S3
Linear Quadrilateral	Mesh200	CQUAD4	CPS4
Quadratic Quadrilateral Contact	Conta174	N/A	N/A
Quadratic Quadrilateral Target	Targe170	N/A	N/A
Quadratic Triangular Contact	Conta174	N/A	N/A
Quadratic Triangular Target	Targe170	N/A	N/A
Linear Quadrilateral Contact	Conta173	N/A	N/A
Linear Triangular Contact	Conta173	N/A	N/A

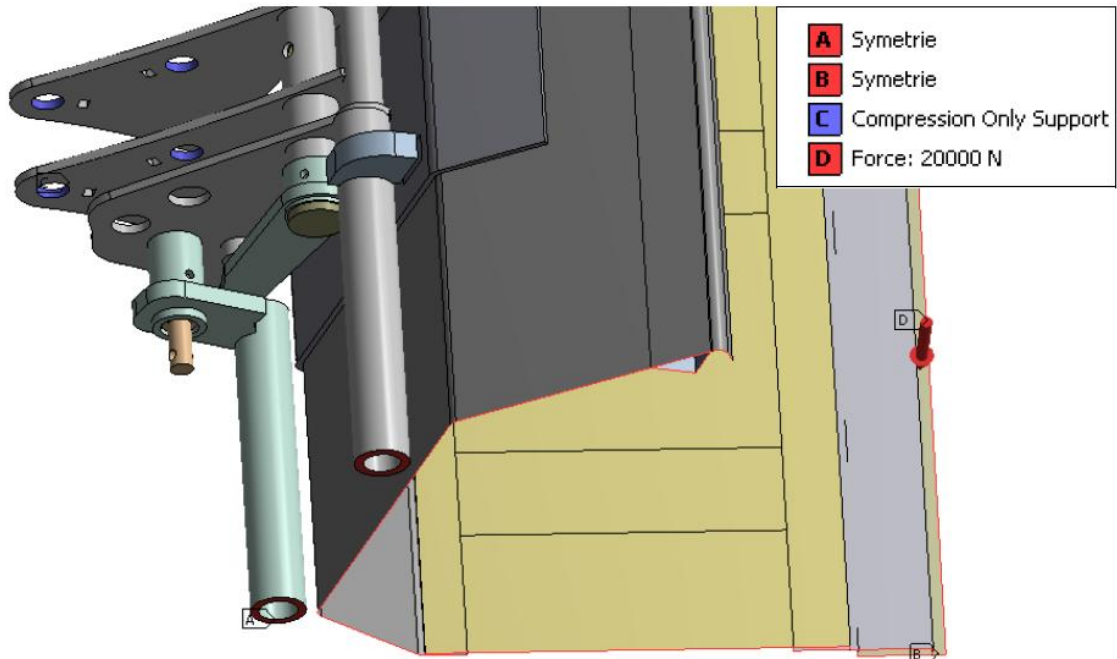


Obrázek 51.: Detail provedení sítě

6.5 Okrajové podmínky

Tyto podmínky definují vazby a zatížení. Okrajové podmínka v místě čepů byla definována jako *Compression Only Support*, která odpovídá použití dokonale tuhého čepu. Zatížení je definováno svislou silou 20kN rozloženou spojitě na hraně břítu lžice obr. 52.

Svarová spojení byla modelována spojitou sítí případně lineárním kontaktem typu *Bonded* s formulací *MPC (Multi Point Constrains)*. Dále byli použiti nelineární kontakty typu *Frictional* s formulací *Augmented Lagrange* (modifikovaná penaltová metoda). Součinitel tření byl pro všechny třecí kontakty nastaven na 0,2.



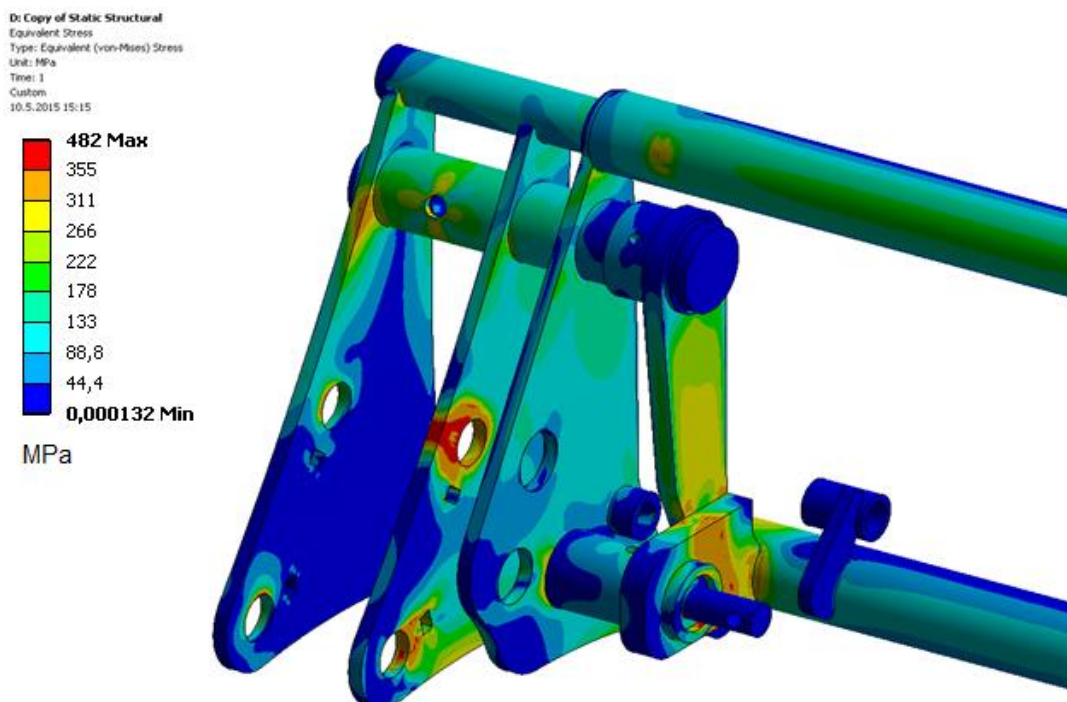
Obrázek 52.: Okrajové podmínky, směr zatížení objektu.

6.6 Výsledky

Po zadání hodnot z předcházejících kapitol je pomocí řešiče dosaženo výsledků namáhání. Z výsledků řešiče je nejdůležitější tzv. von Misesovo napětí. Vyjadřujeme jím mezní stavy napjatosti a podmínky pevnosti. Jedná se o energetickou hypotézu autorů Huber, von Mises, Hencky. Dle této hypotézy rozhoduje o stavu napjatosti měrná energie napjatosti (hustota deformační energie) λ na změnu tvaru. Hypotéza je užívaná na houževnaté materiály. Její zápis je

$$\sigma_{RED} = \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}.$$

Na obrázku 53. je znázorněno celkové namáhání upínače zadanou silou 20kN spojitě rozloženou na břitu lopaty. Co se týče části SMS zatížení se pohybuje v rozmezí 0 až 300 N/mm². Nejvíce exponovaným místem upínače je však horní otvor pro zajišťovací čep. V tomto místě dochází k otlacení 480 N/mm². Toto namáhání v provozu vyvoluje deformaci upínací díry a díky otlacení v těchto místech vznikají otlaky, které snižují funkčnost otvoru a jeho případnou montáž a demontáž. Výsledný průběh napětí lze vidět na obr. č. 53. Více pohledu viz příloha č. 2.



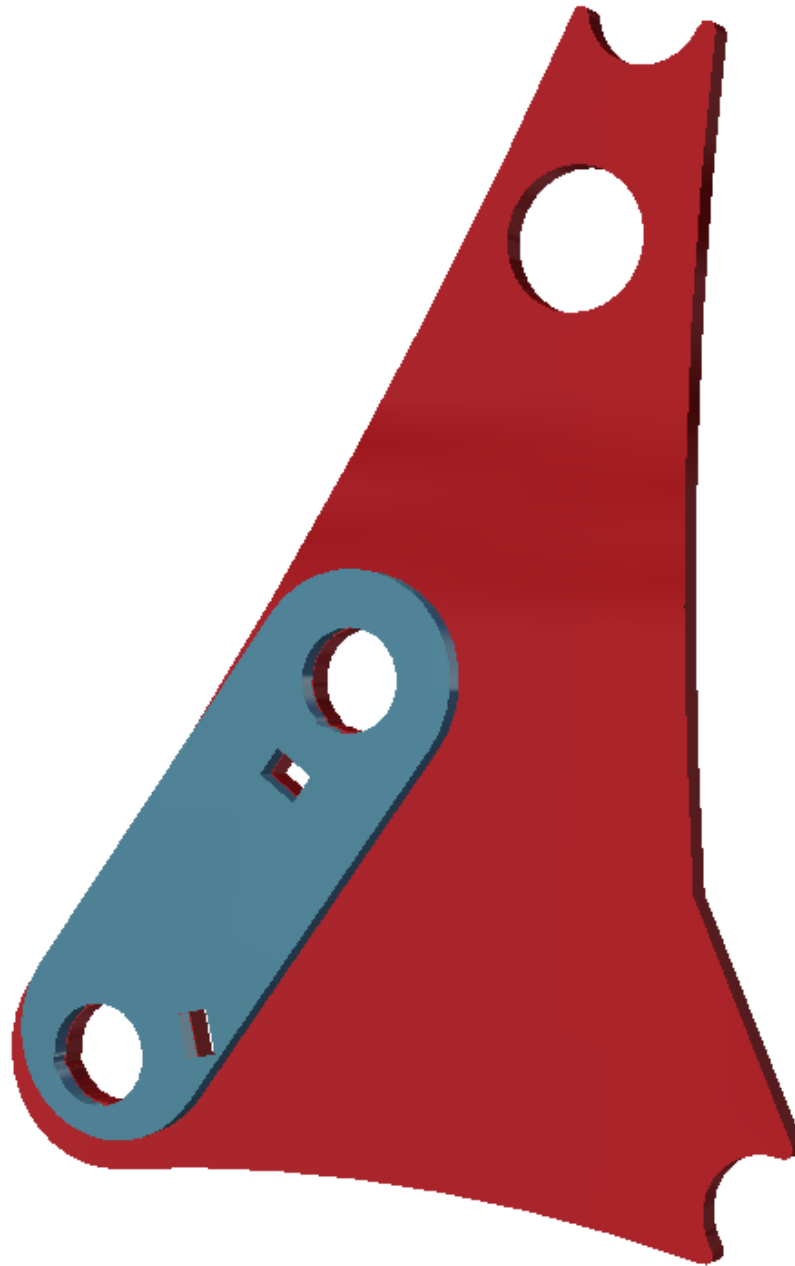
Obrázek 53.: Průběh von Misesova napětí

6.7 Konstrukční návrhy

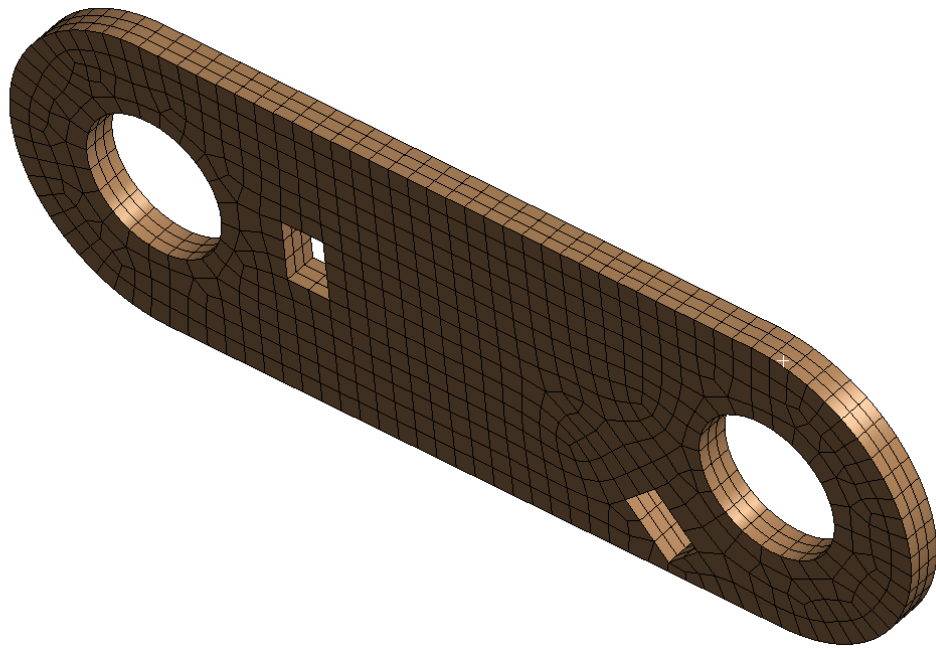
Pro snížení napětí v místě otlacení pro zajišťovací čep, viz obr. 54 je navrženo řešení pomocí vyztužujícího výpalku. Tento výpalek bude navařen na polotovar vypálené bočnice a následně do něj budou vypáleny díry pro zajišťovací čepy a otvory pro nosy zajišťovacích podložek. Toto řešení lze vidět na obr. 55. Od tohoto řešení je očekáváno razantní snížení napětí a prodloužení doby pro vznik otlaku. Vysíťovaná výztuha je na obr. 56. Výsledky MKP analýzy tohoto řešení dále nalezneme na obr. 58 a v příloze č. 2.



Obrázek 54.: Ilustrační ukázka místa otlacení v díře čepu

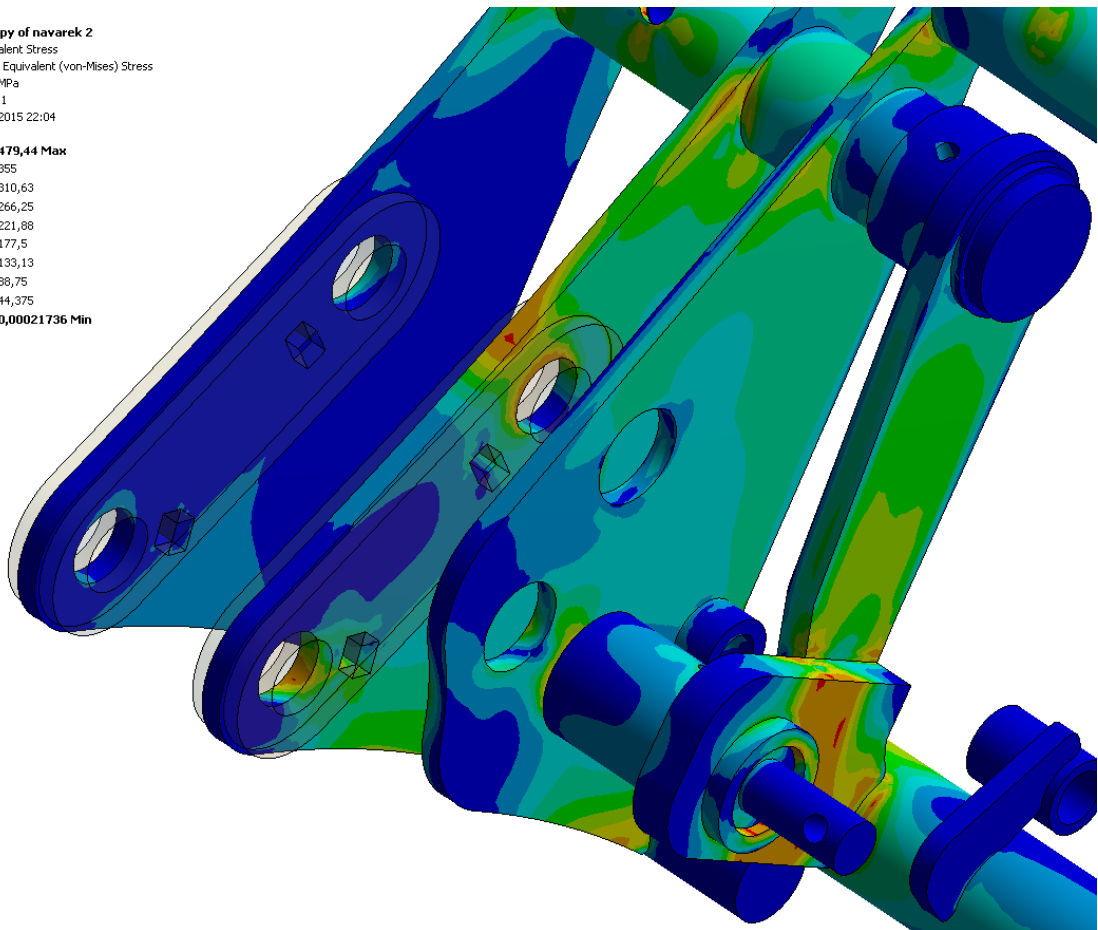
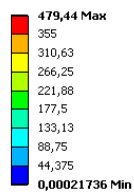


Obrázek 55.: Konstrukční návrh výztuhy



Obrázek 56.: Vysítovaná výztuha

G: Copy of navarek 2
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1
18.5.2015 22:04



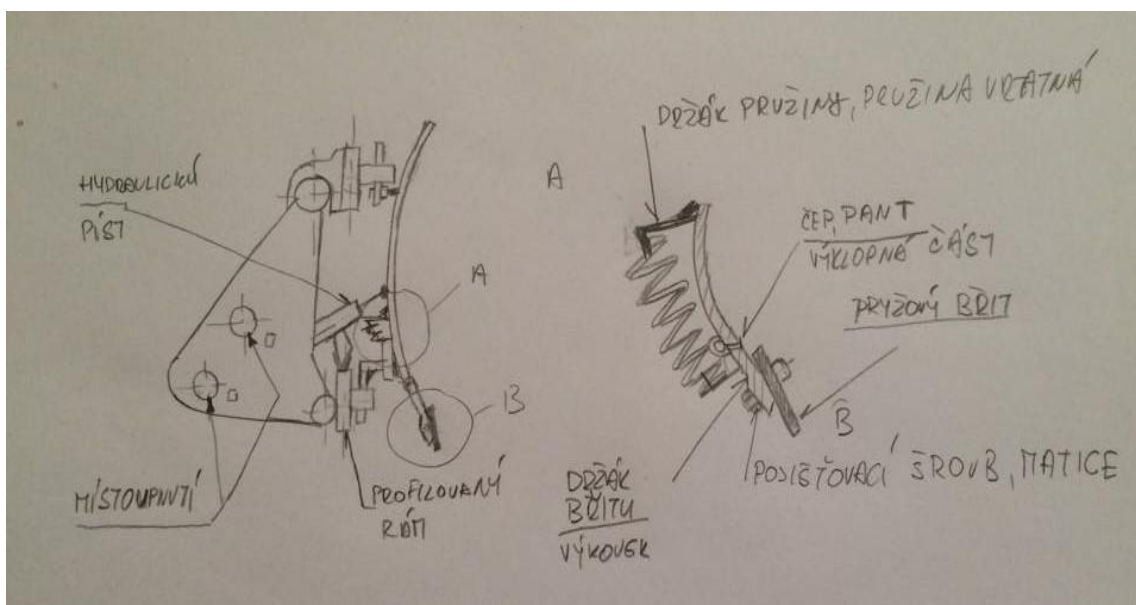
Obrázek 57.: Výsledek MKP analýzy konstrukčního návrhu s výztuhou

7 Návrh sněžného pluhu

V této kapitole je proveden koncepční návrh sněžného pluhu určeného pro čelní nakladače jako samostatné nářadí.

7.1 Požadavky pro návrh pluhu

Návrh se řídí požadavky zadavatele. Typ upínání nástroje je pomocí Euro normy. Požaduje se ovladatelné natáčení pluhu do pravé/levé strany pomocí hydraulické 3. funkce upínače. Hmotnost pluhu je do 270 kg. Jeho rozměry jsou stanoveny na 700 mm výšky a 2500 mm šířky. Dalším požadavkem je seřizování výšky pluhu nad povrchem pomocí koleček. Následuje požadavek pro dlouhodobou výdrž pluhu, která je zajištěna výměnou opotřebovaných dílů. Jedná se zejména o spodní pryžový břit a návrh pojistného zařízení pomocí pružiny pro odklopení spodní sekce, v případě kontaktu s pevnou překážkou. Návrh zajištění viz obr. 58.



Obrázek 58.: Návrhová skica pluhu

Důležitou informací je při návrhu pluhu pro čelní nakladač provozní rychlost, kterou se bude nosič čelního nakladače pohybovat. Vzhledem ke konstrukci čelního nakladače a k charakteru použití sněžného pluhu, je nezbytné určit podmínky použití. Tyto podmínky by měly zaručit správnou funkci pluhu a ochránit obsluhu proti zranění. Hlavní podmínkou použití je shrnování rozbředlého sněhu, jenž netvoří souvislou pevnou překážku. Dále by bylo vhodné být obeznámen s uklízeným terénem a tomu přizpůsobit i styl jízdy, neboť při kontaktu pluhu s pevnou překážkou bez pojistného zařízení může dojít k poškození upínání čelního nakladače, traktoru a k vážnému zranění obsluhy. V okamžiku nárazu by byla obsluha vymrštěna ze sedačky přímo proti čelnímu sklu traktoru.

7.2 Aplikace na čelní nakladač

Upínání sněhového pluhu na čelní nakladač je možné mnoha způsoby, přičemž ty nejjednodušší a nejpoužívanější jsou probrány v této kapitole.

Prvním upnutím se jeví možnost uchycení pluhu na břit lopaty upnuté na čelní nakladač. Toho je docíleno pomocí přitlačných podložek dotahovaných šrouby. Dozary jsou umístěny na břitu lžice a zapírají se o její dno. Jako pojistka proti sjetí pluhu, je pluh spojen přes nastavitelnou závitovou tyč. Na této tyči je navařený výpalek v němž je provlečen článkový řetěz, který je uchycen na upínači. Značnou nevýhodou tohoto provedení je absence hydraulického ovládání. Natáčení pluhu je zde řešeno přestavitelným čepem, který zapadá do tří připravených otvorů s úhlem 60°, 90°, 120°.

Druhým možným upnutím sněžného pluhu na traktor je pomocí předního tříbodového závěsu. Ani tato možnost nicméně stále není bezpečná, tak jako upnutí pluhu za zadní tříbodový závěs. Vzhledem ke zkrácení ramen oproti čelnímu nakladači toto řešení dovoluje možnost konstrukce větších čelních pluhů.

Třetím a posledním řešením je možnost upnutí pluhu na čelní nakladač pomocí systému Euro. Takováto konstrukce dovoluje upnutí jako normálního nástroje.



Obrázek 59.: Verze těžkého sněžného pluhu pro čelní tříbodový závěs [14]



Obrázek 60.: Euro čelní pluh [15]

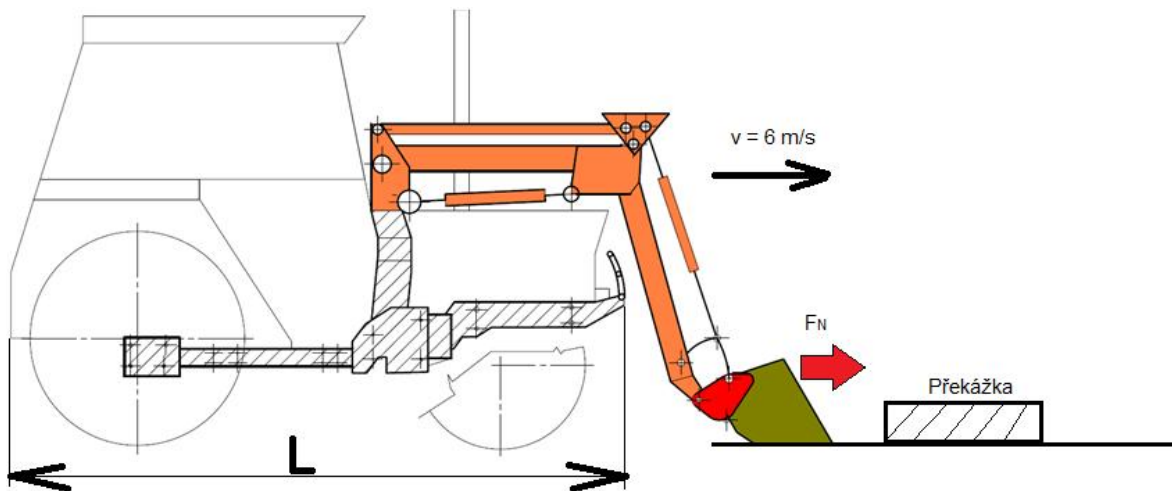


Obrázek 61.: SMS čelní sněžný pluh [16]

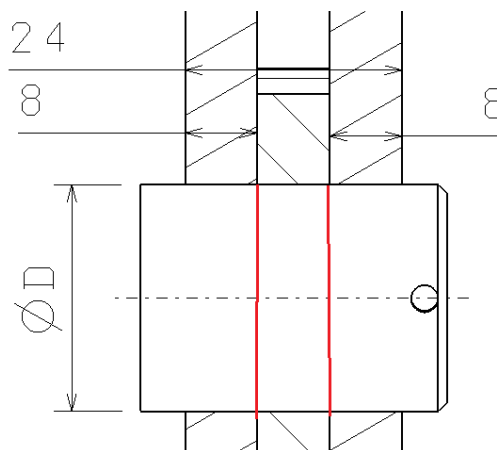
7.3 Návrh pojistného zařízení

Vzhledem k charakteru použití nástroje je z hlediska bezpečnosti nutné opatřit nástroj pojistným zařízením zabraujícím tvrdému nárazu pluhu do překážky a následnému zranění obsluhy.

Navrženou variantou je řešení, kdy se zvedá pluh celý a jeho zpětný pohyb je proveden pomocí tlačné pružiny .



Obrázek 62.: Vznik nárazové síly



Obrázek 63.: Namáhání čepu

Výpočet nárazové síly:

Uvažujeme-li traktor střední výkonové řady o pohotovostní hmotnosti 4800 kg, délce traktoru (bez čelního nakladače) $L = 5100$ mm a navržené provozní rychlosti $v = 20$ km/h (6 m/s) můžeme psát zjednodušený vzorec pro nárazovou sílu viz obr. 63.

$$F_N = \frac{m \cdot v^2}{L} = \frac{4800 \cdot 36}{5,1} \cong 34 \text{ kN} \quad [17]$$

Pro další výpočet uvažujeme se silou 34 000 N. Jednou z hlavních namáhaných částí je čep zajišťující otáčení pluhu obr. 62.

Otlačení:

Pro materiál S355 je vypočteno p_d z kap.3.2.3, $p_d = 97,5 \text{ N/mm}^2$.

$$p_1 = \frac{F_N}{S} = \frac{F}{b_1 \cdot d} \leq p_d$$

$$d = \frac{F}{p_d \cdot b_1} = \frac{17000}{97,5 \cdot 8} = 21,794 \text{ mm}$$

$$p_2 = \frac{F}{S} = \frac{F}{d \cdot b_2} \leq p_d$$

$$d = \frac{F}{p_d \cdot b_2} = \frac{17000}{97,5 \cdot 8} = 21,794 \text{ mm.}$$

Z výsledků je navržen průměr čepu otáčení $d = 25 \text{ mm}$. Pro takto navržený průměr výpočet na otlačení vyhovuje.

$$p = \frac{F}{S} = \frac{17000}{25 \cdot 8} = 85 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq 97,5 \text{ N/mm}^2$$

Střih:

Pro střih je zvoleno $\tau_{ds} = 50 \text{ N/mm}^2$ z kapitoly 3.2.3.

$$\tau = \frac{F}{S} \leq \tau_{ds}$$

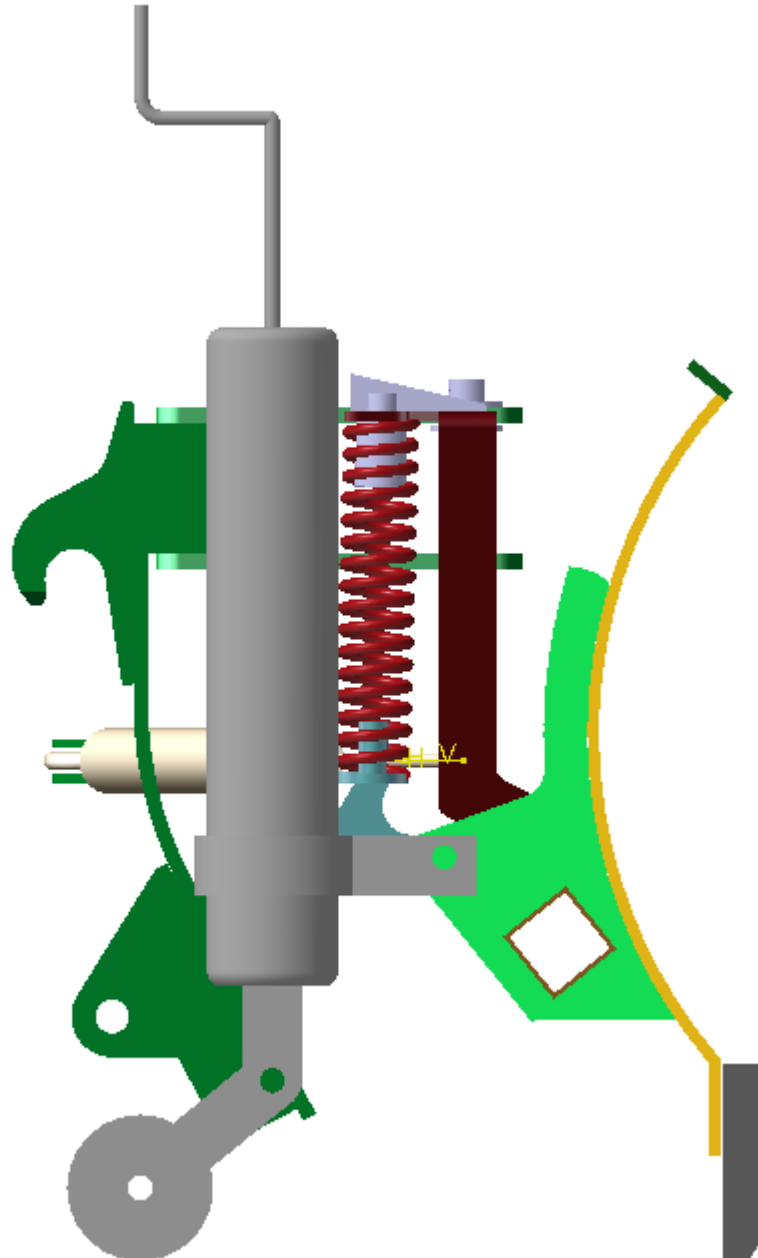
$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot \tau_{ds}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 17000}{\pi \cdot 50}} = 20,8 \text{ mm} \rightarrow \text{volím } 25 \text{ mm.}$$

$$\tau = \frac{F}{S} = \frac{4 \cdot 17000}{\pi \cdot 25^2} = 35 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq 50 \text{ N/mm}^2$$

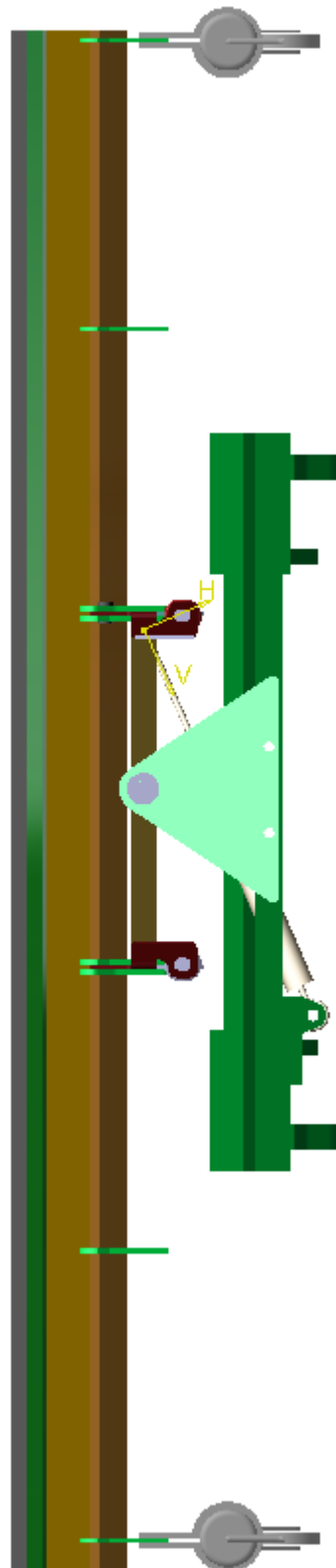
Navržená část s průměrem 25 mm vyhovuje.

7.4 Koncepční návrh v 3D

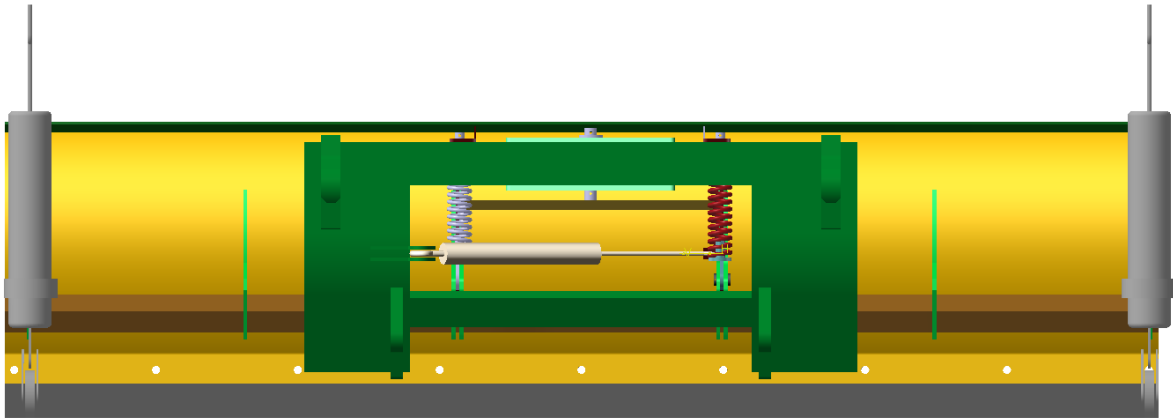
Výsledky koncepčního návrhu jsou vidět na obr. 64,65 a 66. Při návrhu je uvažováno že Euro závěs bude polotovarem připraveným pro sériově vyráběné lžíce. Na něj bude přes uzavřený profil zavěšeno táhlo, které slouží jako bod otáčení pro natáčení pluhu. Natáčení je uskutečněno pomocí hydraulického pístu. Zajišťovací mechanismus je uchycen v nosném rámu pluhu. Je realizován pomocí dvou tlačných pružin. Pluh je po celé své délce vybaven výztuhami.



Obrázek 64.: Boční pohled na pluh



Obrázek 65.: Horní pohled na pluh



Obrázek 66.: Zadní pohled na pluh

8 ZÁVĚR

Čelní upínač

Cíl práce, návrh kombinovaného upínače pro upnutí systému EURO a SMS byl splněn. Zadavatelem byl vznesen požadavek, že přestavení systémů bude provedeno pomocí pohyblivé části upínače. Jsou splněny požadavky zadavatele na technologii výroby a tedy i na dodržení požadovaných tolerancí, jako je dodržení požadavku na minimum obrábění a dodržení norem pro systémy Euro a SMS.

Z výsledků MKP je navrženo konstrukční řešení pro odstranění extrémně namáhaných míst. Jedná se o upínací otvor zajišťovacího čepu, kde je zjištěna hodnota okolo 480 N/mm^2 . V ostatních částech upínače nedochází k plastickým deformacím. Rámy upínače jsou tvořeny z ocele S355J2G3. Nyní záleží na rozhodnutí zadavatele, jakým způsobem přistoupí k řešení vzniklého problému. Dle zadání zadavatele byl vytvořen zajišťovací mechanismus pro obě funkce, které je nutné zajistit. Jsou to funkce polohy, která určuje, který systém lze upnout (Euro či SMS). Druhá funkce zajišťuje správné upnutí nástroje a jeho zajištění v době manipulace. Je vyhotovena rovněž kompletní výkresová dokumentace, která byla pro výrobu prototypu zadavatelem žádaná a byla mu v požadovaném termínu zaslána.

Sněžný pluh

Cílem je koncepční návrh pluhu pro systém EURO. V koncepčním návrhu jsou dodrženy požadavky zadavatele na vlastnosti a mechanické vybavení pluhu na rozředlý sníh. Zajišťovací funkce pluhu je tvořena pomocí páru tlačných pružin umístěných ve vodících pouzdrech. Pluh je schopen natáčení do stran pomocí hydraulického pístu ovládaného 3. funkcí čelního nakladače. Pluh je rovněž vybaven stíracím pryžovým břitem, který je možné po opotřebenosti či poškození vyměnit. Nastavovat výšku břitu nad povrchem lze pomocí nastavitelných koleček.



9 Použitá literatura

- [1] CASE-Dampftraktor, Baujahr 1911. BEIL, Timo. *Http://de.wikipedia.org* [online]. 2007 [cit. 2015-06-15]. Dostupné z: http://de.wikipedia.org/wiki/Traktor#/media/File:CASE_Black_Lady_vr.jpg
- [2] ZETOR TRACTORS A.S. [1] *http://www.zetor.cz/traktor-zetor-forterra-hd* [online]. 2014 [cit. 2015-06-15]. Dostupné z: <http://www.zetor.cz/traktor-zetor-forterra-hd>
- [3] *Lot 1684 - DAVID BROWN 950 IMPLEMATIC TRACTOR with DB Front Loader* [online]. 2011 [cit. 2015-06-15]. Dostupné z: <http://www.cheffins.co.uk/lot/511016-machinery-0>
- [4] HUMPOLECKÉ STROJÍRNY HUMPOLEC A.S., PRAŽSKÁ 490, 396 01 HUMPOLEC. *Trac-Lift Čelní nakladače* [online]. 2014 [cit. 2015-06-15]. Dostupné z: <http://www.trac-lift.cz/celni-nakladace>
- [5] AGROSTROJ PELHŘIMOV A.S. *Agrostroj Pelhřimov a.s.* [online]. 2014 [cit. 2015-06-15]. Dostupné z: <http://agrostroj.cz/index.php?view=382&stitle=ofirme>
- [6] ZETOR TRACTORS A.S. [1] *http://www.zetor.cz/zetor-system-rada-zx* [online]. 2014 [cit. 2015-06-15]. Dostupné z: <http://www.zetor.cz/zetor-system-rada-zx>
- [7] *Čepy pro čelní nakladač* [online]. 2014 [cit. 2015-06-15]. Dostupné z: <http://www.pbagro.cz/inpage/cepy-pro-nakladac-nd5-032/>
- [8] *Quick attach system for front end loader.* Dostupné z: <https://www.google.com/patents/US5685689>



- [9] QUICKIE. *Front loader hooks* [online]. 2005 [cit. 2015-06-15]. Dostupné z: <http://www.quicke.com.au/uploaded/Hooks/Implement%20Hooks%20Euro%20LR.jpg>
- [10] *Ålø Type 3 hook* [online]. 2014 [cit. 2015-06-15]. Dostupné z: <https://www.kellfri.dk/svejsebeslag-alo-50-mm-type-3>
- [11] MX - Cadre porte outils mixte Euro - SMS - Alo3 - implement carrier. , MXWebTV. *Www.m-x.eu* [online]. 2013 [cit. 2015-06-10]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=6zLLyx3-9TI>
- [12] *Wilhelm Stoll Maschinenfabrik GmbH* [online]. 2014 [cit. 2015-06-15]. Dostupné z: http://www.stoll-germany.com/fileadmin/media/Download/Prospekte/Prospekte_Deutsch/ProfiLine_P1514-DE-Des13.pdf
- [13] VLTAVA2000.CZ. *Rychlovýměnný rám EURO* [online]. 2014 [cit. 2015-06-15]. Dostupné z: <http://www.vltava2000.cz/zemedelske-potreby/goods-77875547-774-rychlovymenny-ram-euro.html>
- [14] SIMED A.S. ROAD MAINTANCE MACHINERY. *Snow plough PSS* [online]. 2014 [cit. 2015-06-15]. Dostupné z: <http://www.simed.cz/en/products/pss-front-snow-plough-12/>
- [15] EXTREME METAL PRODUCTS. *Quick Attach Plow for John Deere Front Loaders* [online]. 2014 [cit. 2015-06-15]. Dostupné z: <http://extrememetalproducts.com/i-13354205-quick-attach-plow-for-john-deere-front-loaders.html>
- [16] *45-60hp Tractor Front Loader Snow Plough SPE* [online]. 2014 [cit. 2015-06-15]. Dostupné z: http://farmer-helper.en.alibaba.com/product/1162087737-214406029/45_60hp_Tractor_Front_Loader_Snow_Plough_SPE.html



- [17] Jakou sílu vyvodí náraz o určité rychlosti? [Http://forum.matematika.cz](http://forum.matematika.cz) [online]. 2013 [cit. 2015-06-10]. Dostupné z: <http://forum.matematika.cz/viewtopic.php?pid=397384>
- [18] ŠVEC, V.: *Části a mechanismy strojů. Spoje a části spojovací*. Praha: ČVUT, 2008.
- [19] ŠVEC, V.: *Části a mechanismy strojů. Mechanické převody*. Praha: ČVUT, 2003.
- [20] VÁVRA, Pavel -kol. *Strojnické tabulky.1.vyd.* Praha: SNTL, 1983. 670s. ISBN 5492,04-218-83

10 Seznam příloh

1. CD
2. MKP analýza

11 Seznam výkresové dokumentace

1. 2D sestava kombinovaného upínače
2. Kusovník sestavy
3. 2D pohledy na koncepční návrh pluhu

12 Seznam tabulek

Tabulka 1.: *Alternativní názvy sítí*.....48

13 Seznam obrázků

Obrázek 1.: *Vlevo: Parní traktor rok 1911 [1]; Vpravo: Moderní traktor rok 2014 [2]*...4

Obrázek 2.: *Vývoj čelního nakladače : Vlevo : 1965, Vpravo: 2014*4

Obrázek 3.: *Loga zadavatelů [4,5]*.....6

Obrázek 4.: *První český čelní nakladač 1975 [4]*.....7

Obrázek 5.: *Koncepční návrh čelního nakladače: Šrafovaná část - rám čelního nakladače, oranžová část - čelní nakladač, červená část - čelní upínač, zelená část - upnuté nářadí*8

Obrázek 6.: *Konstrukce ramen nakladače [4]*.....9

Obrázek 7.: Ukázka jedné z variant používaného provedení čepového spoje [6].	10
Obrázek 8.: Připojené hydraulické rychlospojky a ukázka vedení hadic ramenem výložníku [6].	10
Obrázek 9.: Další možná varianta provedení čepu [7].	11
Obrázek 10.: US patent čelního upínače systému ĀLÖ [8]	12
Obrázek 12.: Detail části ĀLÖ upínání před aplikací na nástroj [10].	13
Obrázek 11.: Detail upínání systému ĀLÖ [9].	13
Obrázek 13.: Detailní pohled na zadní část nástroje SMS [9].	14
Obrázek 14.: Ukázka nepohyblivého přestavitelného kombinovaného upínače [11].	14
Obrázek 15.: Norma ISO 23206:2005(E) pro upínače Euro. Popis vyznačených dílu : 1- závěsné háky, 2- zajišťovací oka, 3- doraz pro nástroje, 4- hranice uchycení na nástroj, 5- zajišťovací čep.	15
Obrázek 16.: Zadní detail Euro upínání na nástroji. V porovnání s obr. 11 a 13 je zde vidět jasný rozdíl v závěsných a zajišťovacích prvcích [9].	16
Obrázek 17.: Rozdíl v upínání Euro/SMS	17
Obrázek 18.: Provedení zajišťovacích prvků: Červené Euro, Modré SMS	17
Obrázek 19.: Sestava nepohyblivého kombinovaného upínače SMS/Euro s manuálním poloautomatickým zajištěním [12].	18
Obrázek 20.: Ukázka systému MX a jeho přestavba na Euro [11].	19
Obrázek 21.: Ukázka rozdílů v rámu upínačů EURO - pohyblivý upínač	20
Obrázek 22.: Prototyp zajišťovací části	21
Obrázek 23.: Kombinovaný upínač	22
Obrázek 24.: Nosná tyč SMS+Euro	23
Obrázek 26: Hotová bočnice	23
Obrázek 25: Návrh přesnosti děr a ukázka technologie výroby	24
Obrázek 27: Pohled na osazený rám funkční části	25
Obrázek 28.: Uložení PTFE pouzdra	25
Obrázek 29.: Uložení čepu zajištění nářadí	26
Obrázek 30.: Vedení čepu polohy	26
Obrázek 31.: Skica namáhání upínače	28
Obrázek 321.: Označení kontrolované části	29
Obrázek 33.: Skica uzlu nosné hřídele.	29
Obrázek 34.: MKP analýza namáhání čepu ohybem.	31
Obrázek 35.: Skica namáhání upínače a daného uzlu	32
Obrázek 36.: Místo kolíkového spoje s předvrtanou dírou	32
Obrázek 37.: Namáhání kolíku	33
Obrázek 38.: Skica namáhání upínače	34
Obrázek 39.: Skica namáhání čepu polohy s naznačeným namáháním.	34
Obrázek 40.: Skica namáhání sváru	37
Obrázek 41.: Pákový mechanismus zajišťování. [13]	38
Obrázek 42.: Upínání nástroje pomocí suvné kulatiny (zleva): 1- odjištění, 2- nájezd do nářadí, 3- zajištění nářadí. [12]	39
Obrázek 43.: Schéma nabitého systému připravenému k zajištění.	40



Obrázek 44.: Schéma nabitého systému zajištěného mechanismu	41
Obrázek 45.: Detail provedení zajištění polohy	42
Obrázek 46.: Schéma vedení hydraulického válce.....	43
Obrázek 47.: Interface SW Ansys 14	44
Obrázek 48.: Úprava 3D modelu	45
Obrázek 49.: Hotový 3D model pro MKP	46
Obrázek 50.: Horní graf S355.....	47
Obrázek 51.: Detail provedení sítě	49
Obrázek 52.: Okrajové podmínky, směr zatížení objektu.....	50
Obrázek 53.: Průběh von Misesova napětí	51
Obrázek 54.: Ilustrační ukázka místa otlačení v díře čepu	52
Obrázek 55.: Konstrukční návrh výztuhy	53
Obrázek 56.: Vysítovaná výztuha.....	54
Obrázek 57.: Výsledek MKP analýzy konstrukčního návrhu s výztuhou	54
Obrázek 58.: Návrhová skica pluhu.....	55
Obrázek 59.: Verze těžkého sněžného pluhu pro čelní tříbodový závěs [14]	56
Obrázek 60.: Euro čelní pluh [15].....	57
Obrázek 61.: SMS čelní sněžný pluh [16]	57
Obrázek 63.: Namáhání čepu.....	58
Obrázek 62.: Vznik nárazové síly	58
Obrázek 64.: Boční pohled na pluh	60
Obrázek 65.: Horní pohled na pluh.....	61
Obrázek 66.: Zadní pohled na pluh	62