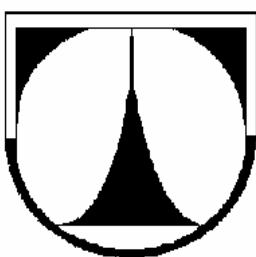


Technická Univerzita v Liberci

Fakulta strojní



Diplomová práce

Unifikace podkopových a svahovacích lžic pro zemní stroje

2006

Petr Tomáš

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Studijní program M2301 – strojní inženýrství

Studijní obor: Konstrukce strojů a zařízení

Zaměření: Kolové dopravní a manipulační stroje

Katedra strojů průmyslové dopravy

KSD – DP – 514

Unifikace podkopových a svahovacích lžic pro zemní stroje

(Triga MF spol. s r.o.)

Unification of digging and slope bucket for scoop loader

Vedoucí diplomové práce: Prof. Ing. Jan Honců CSc.

Konzultant diplomové práce: Miroslav Doubek, Triga - MF spol. s r.o.

Počet stran: 57

Počet příloh: 3

Počet obrázků: 65

Počet tabulek: 5

Datum odevzdání: 26.5.2006

ANOTACE

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra strojů průmyslové dopravy

Studijní program: magisterský
Autor práce: Petr Tomáš
Téma práce: **Unifikace podkopových a svahovacích lžic pro zemní stroje**
 Unification of digging and slope bucket for scoop loader

Číslo DP: 514
Vedoucí DP: Prof. Ing. Jan Honců CSc.
Konzultant: Miroslav Doubek

ANOTACE:

Práce je zaměřena na konstrukční sjednocení jedenácti tříd podkopových a svahovacích lžic pro zemní stroje. Jedná se o nahrazení stávající výrobní řady řadou novou, přičemž pro některé velikosti a šířky lžic z nové řady budou provedeny výpočty pomocí metody konečných prvků. K řešení úlohy je zapotřebí určit zatěžovací stavy nejvíce odpovídající reálnému zatížení a pro model zvolit optimální okrajové podmínky.

ANOTATION:

This work is focused on constructive integration of eleven classes digging and slope buckets for scoop leader. The current type will be replaced by a new type, whereas for some bucket sizes and widths from new tape the calculation will be made by means of the Finite elements method. To solve the problem it is necessary to create the model for the calculation, to select load CASE mostly corresponding to the real load and to select optimum boundry condition.

MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci, 26.května 2006

.....

Petr Tomáš
Valteřice 22
514 01 Jilemnice

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat firmě Triga MF spol. s r.o. za zadání této práce, panu prof. Ing. Janu Honcům, Csc. za vedení práce a cenné připomínky. Panu Miroslavu Doubkovi za odborné konzultace, podněty, a poskytnutí potřebné dokumentace pro tvorbu diplomové práce.

Za trvalou podporu během celého studia bych rád poděkoval rodičům, bez jejichž pomoci by tato práce nevznikla.

OBSAH DIPLOMOVÉ PRÁCE

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A POJMŮ	6
1 ÚVOD	7
2 POUŽÍVANÉ TŘÍDĚNÍ A TERMINOLOGIE.....	8
2.1 TŘÍDĚNÍ.....	8
2.2 POUŽITÁ TERMINOLOGIE	9
3 PŮVODNÍ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ.....	12
3.1 ROZBOR PŮVODNÍHO ŘEŠENÍ.....	12
3.2 POUŽITÉ MATERIÁLY	13
3.3 NAKUPOVANÉ DÍLY	15
3.4 POUŽÍVANÉ TECHNOLOGIE	15
4 NAVRŽENÉ ÚPRAVY.....	16
4.1 VANA LŽÍCE.....	16
4.2 BOK A BOČNÍ BŘIT.....	17
4.3 VÝZTUHA	17
4.4 VÝZTUHY HRAN PROTI OTĚRU	17
4.5 HORNÍ PLECH	18
5 VÝPOČET METODOU KONEČNÝCH PRVKŮ	19
5.1 VOLBA VÝPOČTOVÉHO SYSTÉMU	19
5.2 TVORBA MODELU PRO VÝPOČET.....	19
5.3 VOLBA ZATÍŽENÍ PRO VÝPOČET	21
5.3.1 URČENÍ SIL.....	21
5.3.2 VOLBA ZATÍŽENÍ.....	23
5.4 OKRAJOVÉ PODMÍNKY	25
5.5 VOLBA MATERIÁLOVÝCH VLASTNOSTÍ	30
5.6 POUŽITÉ VARIANTY PRO VÝPOČET.....	31
6 VÝSLEDKY VÝPOČTŮ	32
6.1 PODKOPOVÉ LŽÍCE	32
6.2 SVAHOVACÍ LŽÍCE.....	44
7 TŘÍDIMENZIONÁLNÍ MODELÁŘ SOLIDWORKS.....	56
8 ZÁVĚR	57
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	58
PŘÍLOHY	59

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A POJMŮ

MKP	- metoda konečných prvků
RS	- rypná síla
VS	- vylamovací síla
OP	- okrajové podmínky
G.L.	- ground level (úroveň země)
3D	- třídimenzionální, třírozměrný, prostorový
HMH	- Huber-Mises-Hencky, napěťová hypotéza
CNC	- počítačem řízené stroje
PowerMax	- přechodné zvýšení výkonu motoru o 7%
Power boost on	- krátkodobé navýšení výkonu
Slewing torque	- maximální moment otoče

1 ÚVOD

Nákup stavebních strojů se netýká jen stroje samotného. Kupující musí přirozeně brát v úvahu práci, kterou bude stroj zastávat. Pro tuto práci musí být stroj vybaven odpovídajícím nástrojem, a tím je pro pásové či kolové rypadla podkopová či svahovací lžíce. Pro každé rypadlo musí být zvolena vhodná třída lžíce a pro danou práci i její šířka s ohledem na to, jestli se jedná o nakládku zeminy či jiného sypkého materiálu, kde je zapotřebí velký objem lžíce, nebo o provádění výkopů pro základy budov nebo výkopy pro potrubí a kanalizaci, kde je nutná lžíce s danou šířkou, či o dokončovací práce kolem staveb, kde se používá širokých lžic, tzv. svahovacích, se kterými lze za pomoci natačecího upínače vytvořit vhodné terénní úpravy.

Tyto pracovní nástroje jsou velice namáhané jak silově, např. při vylamování větších kamenů, tak i otěrem o kameny při rozrušování skalnatých podloží na stavbách. Proto musí být navržená lžíce vhodně tvarovaná a její materiál musí splňovat náročné požadavky. Materiály, jež jsou použity se musí kombinovat pro dosažení optimálních parametrů lžíce.

Diplomová práce se zabývá konstrukčním řešením lžic, přičemž je brán ohled jak na požadavky výroby, tak i na požadavky provozovatelů. Výrobce předpokládá užití výhradně dostupných strojů bez speciálních úprav. Provozovatel požaduje maximální kvalitu provedení, dlouhou životnost, minimální hmotnost a maximální objem lopaty.

Práci lze rozdělit na několik kroků. Prvním je rozbor stávajícího řešení a zpracování modelů pro následné porovnání dosažených výsledků. Dále se jedná o konstrukční úpravu lžíce pro dosažení optimálních hodnot a splnění zadání. Následuje úprava počítačového modelů pro řešení pomocí MKP. Tato úprava spočívá v zjednodušení modelu zanedbáním několika nedůležitých detailů, které zásadně neovlivňují konečný výsledek. Nakonec bude provedeno porovnání řešených variant a vytvořena dokumentace dle požadavků firmy.

2 POUŽÍVANÉ TŘÍDĚNÍ A TERMINOLOGIE

2.1 TŘÍDĚNÍ

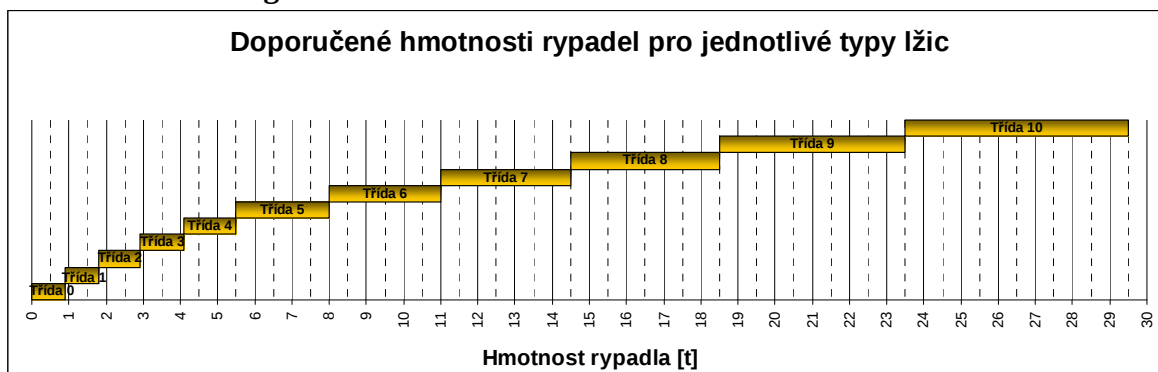
Každý typ lžice, ať se jedná o podkopové, svahovací či speciální, je rozdělen do tříd dle hmotnosti rypadla. Typ rypadla (pásové, kolové) není dále rozlišován. Pro každou třídu je použito jiné velikosti upínače. Pro systémy upínání pomocí rychloupínačů jsou standardizované velikosti určené pro dané třídy lžice (vždy jedna velikost rychloupínače pro dvě až tři třídy lžic).

Rozdělení dle hmotnosti rypadla:

Tab. 2.1.1 Doporučené hmotnosti rypadel pro vyráběné třídy

Třídění Triga MF			
Třída 0	0	0,9	t
Třída 1	0,9	1,8	t
Třída 2	1,8	2,9	t
Třída 3	2,9	4,1	t
Třída 4	4,1	5,5	t
Třída 5	5,5	8	t
Třída 6	8	11	t
Třída 7	11	14,5	t
Třída 8	14,5	18,5	t
Třída 9	18,5	23,5	t
Třída 10	23,5	29,5	t

Rozdělení v grafu:



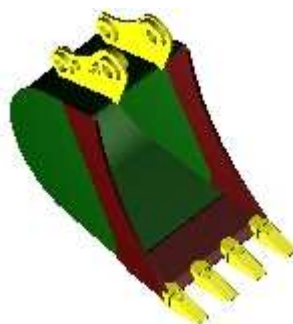
Obr. 2.1.1 Graf pro volbu třídy lžice dle hmotnosti rypadla

2.2 POUŽITÁ TERMINOLOGIE

Jako v jiných oborech, i zde se užívá ustálených názvů pro jednotlivé typy lžic i pro jednotlivé díly lžíce. V následující části jsou popsány a vyobrazeny ty nejdůležitější.

Typy lžic:

Podkopová - pro výkopové práce, nakládku



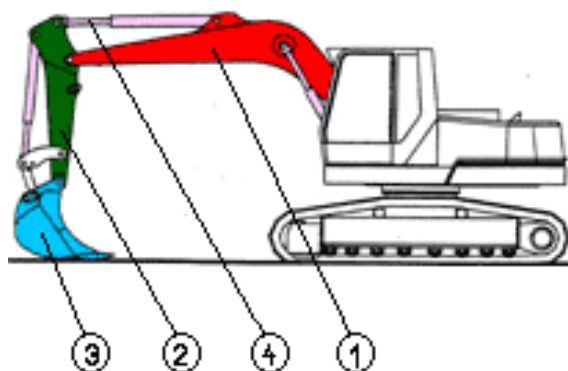
Obr. 2.2.1 Podkopová lžíce

Svahovací - pro dokončovací práce, terénní práce
- doplňována otočnou hlavicí pro nakládění



Obr. 2.2.2 Svahovací lžíce

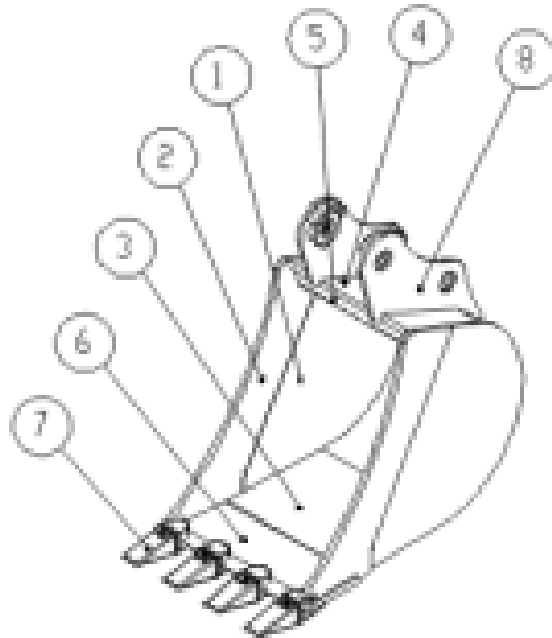
Terminologie rypadla:



Obr. 2.2.3 Schéma rypadla

1 - výložník
2 - násada
3 - lžíce (lopata)
4 - hydraulické válce

Terminologie lžíce:

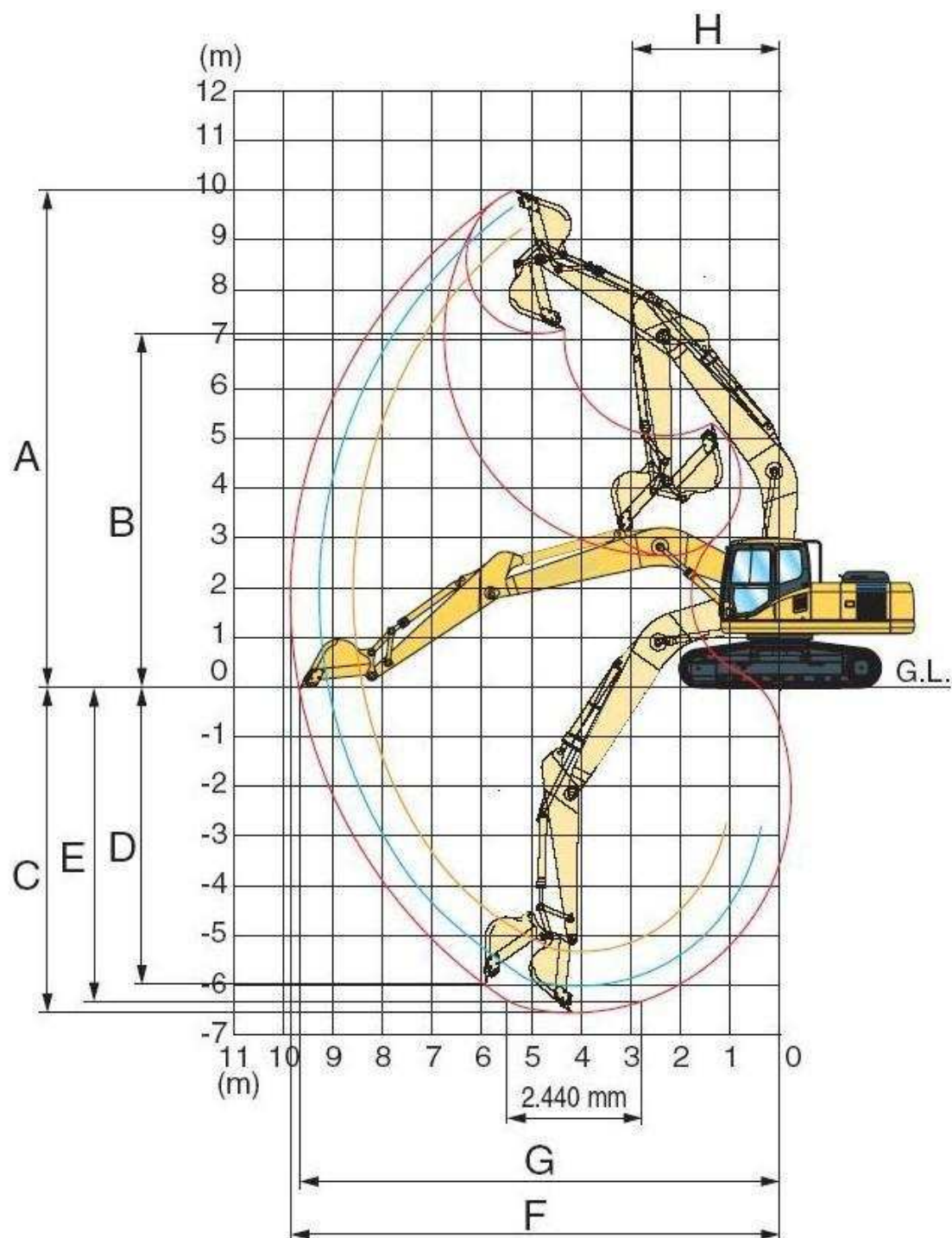


Obr. 2.2.4 Sestava podkopové lžíce

- | | | |
|---|---|--|
| 1 | - | BOK LŽÍCE |
| 2 | - | navářovaný BOČNÍ BŘIT pro lepší bagrovací vlastnosti |
| 3 | - | VANA lžíce navržena za účelem maximálního objemu |
| 4 | - | rovný HORNÍ PLECH pro umístění upínače |
| 5 | - | VÝZTUHA přispívající k vyšší tuhosti lžíce |
| 6 | - | BŘIT z vysokopevnostní a otěruvzdorné oceli |
| 7 | - | NAVAŘOVANÉ ZUBY s pružnými kolíky pro snadnou výměnu |
| 8 | - | ČEPOVÉ UPÍNÁNÍ / RYCHLOUPÍNAČ |

Lžíce bez zubů a rychloupínače je označována jako KORPUS. Právě na tuto část lžíce je zaměřena tato práce.

Pro každé rypadlo je vytvořena charakteristika pracovní oblasti, jenž vystihuje geometrii výložníku a násady. Příklad takovéto charakteristiky je na Obr. 2.2.5. Na obrázku je vidět maximální hloubkový (C) i výškový (A) dosah rypadla. Barevně jsou vyznačeny křivky maximálního dosahu pro jednotlivé délky násady (násadu lze zpravidla volit ze tří délkových variant).



Obr. 2.2.5 Pracovní oblast rypadla

3 PŮVODNÍ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

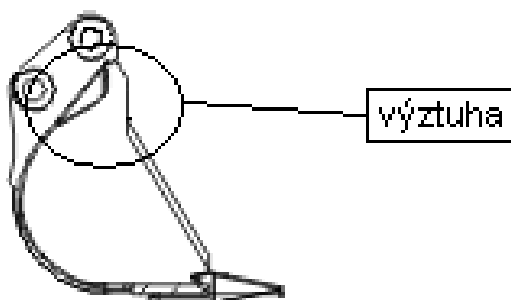
3.1 ROZBOR PŮVODNÍHO ŘEŠENÍ

Stávající lžíce jsou jednoduché konstrukce, jejíž příznivým následkem jsou nízké výrobní náklady, ale její životnost je příliš krátká. Obecně se životnost lžic značně různí. Ta je závislá na druhu materiálu, v kterém je lžíce provozována uživatelem. Nemalý vliv na životnost má i samotná obsluha stroje, jsou známy případy, kdy obsluha používá toto nářadí i k jiným činnostem než ke kterým je určeno.



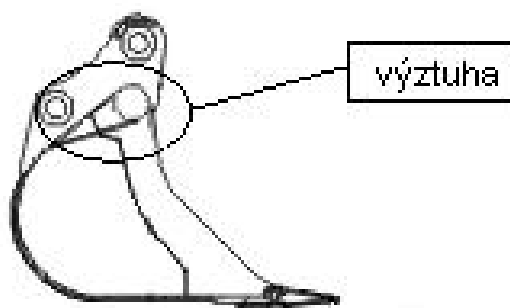
Obr. 3.1.1 Původní konstrukční řešení

Původní řada podkopových i svahovacích lžic byla rozčleněna na dvě skupiny zásadně se lišících konstrukcí. Hlavním rozdílem bylo provedení výztuhy horního plechu, přičemž malé a střední třídy lžic měly jako výztuhu jednou ohýbaný plech přivařený zevnitř lžíce na horní rovný plech (viz Obr. 3.1.2).



Obr. 3.1.2 Výztuha ohýbaným plechem

U vyšších tříd bylo použito jednoduché trubky (viz Obr. 3.1.3).



Obr. 3.1.3 Výztuha trubkou

Pro vyšší řady byla tato varianta pevnostně výhodnější, protože trubka má při stejném průřezu vyšší tuhost v ohybu než ohýbaný plech. Varianta ale přináší nevýhody vyšší pracnosti při výrobě rychloupínače (delší řez a jeho odlišnost, delší svar). Zadavatel vyrábí v licenci některé třídy rychloupínačů pro rakouskou firmu Lehnhoff, jež jsou konstruovány pro první variantu výztuhy, z čehož je zřejmá snaha pro zachování unifikovaného typu výztuhy.

Ve stávající konstrukci také dochází k velkému otěru hran lžíce, kterému by se mělo zamezit výztuhou z otěruvzdorného materiálu. Otěrem trpí i vana lžíce při rýpání, jejíž plochu zamýšlí zadavatel opatřit otěruvzdorným materiálem pro snižování provozního opotřebení a z toho vyplívající prodloužení životnosti lžíce.

Pro svahovací lžíce jsou v původním řešení použity též dva druhy výztuh stejné jako u lžic podkopových. Stejně tak i upínače pro podkopové a svahovací lžíce jsou totožné.

3.2 POUŽITÉ MATERIÁLY

Pro výrobu korpusu je použito dvou materiálů. Jedná se o ocel s označením 11523, a materiál s obchodním názvem HARDOX švédské výroby. Základní vlastnosti těchto materiálů jsou popsány v Tab. 3.2.1. Tyto materiály jsou v dnešní době používány pro svoji tvrdost jako otěruvzdorné a abrazivní materiály a pro svoji houževnatost a dobrou svařitelnost též jako materiály konstrukční.

Tvrdost je základním předpokladem pro otěruvzdornost oceli. U ocelí HARDOX je průměrná tvrdost udávána v označení, např. HARDOX 400, což znamená tvrdost 400HB (dle Brinella).

Oceli HARDOX vynikají též u menších tloušťek dobrou rovinatostí a kvalitou povrchu. Pro tyto vlastnosti je používána při výrobě korby nákladních automobilů.

Více informací je v příloze HARDOX či na stránkách www.hardox.cz.

Tab. 3.2.1 Vlastnosti otěruvzdorných materiálů (zdroj www.hardox.cz)

	TVRDOST	PEVNOST		TAŽNOST	HOUŽEVNATOST	UHLÍKOVÝ EKVIVALENT		POLOMĚR OHYBU
	<i>HB Brinell</i>	<i>Rp0,2 MPa</i>	<i>Rm Mpa</i>	<i>A5 %</i>	<i>KV, -40 °C J</i>	<i>CEV</i>	<i>CET</i>	<i>r min. mm</i>
HARDOX 400	370 - 430	1000	1250	12	45	0,37	0,26	3 x t
HARDOX 450	425 - 475	1200	1400	10	35	0,47	0,34	4 x t
HARDOX 500	470 - 530	1300	1550	8	30	0,6	0,42	5 x t
HARDOX 600	560 - 640	1650	1860	?	20	0,82	0,58	ne
11 523 (St 52)	180	380	540	25	min. 40	0,37	0,25	1,5 x t
14 320 (Abrazit)	268 - 400	850	1100	8	?	0,75	0,48	ne
15 260 (kalený)	cca 480	1280	1500	8	?	0,88	0,64	ne

ET 400

TYP OCELI: Ocel s Mangan - Chrom - Molybden - Bor a malým obsahem uhlíku (C=0.17 - 0.20)

TVRDOST: **HB 380-440**

MECHANICKÉ VLASTNOSTI:

Mez pevnosti (Rm):	1430 N/mm ²
Mez pružnosti (Re):	1130 N/mm ²
Tažnost (A5):	11%
Deformační práce: (-20°C)	27 J

Použité materiály pro konstrukci lžíce:

BOK LŽÍCE	- 11 523
BOČNÍ BŘIT	- HARDOX 400
VANA LŽÍCE	- 11 523
HORNÍ PLECH	- 11 523
VÝZTUHA	- 11 523
BŘIT	- ET 400
VÝZTUHA BOKU	- HARDOX 400
PLAZ BOKU A VANY	- HARDOX 400

3.2.1.1 NAKUPOVANÉ DÍLY

Při výrobě jsou též používány nakupované díly. Jedná se o břity, korunky a výměnné zuby (korunky) od firmy ESTI (www.esti.it).

Břit jako nejdůležitější součást celé lžíce, je z pevnostního materiálu ET 400 a je pouze upravován na požadovanou délku. Dle přání zákazníka jsou nakupované břity buď bez děr (svahové lžíce, lžíce s navařovanými korunkami), nebo s již připravenými otvory pro přišroubování zubů či korunky.



Obr. 3.2.1 Adaptér s korunkou, zajištěné pružným kolíkem

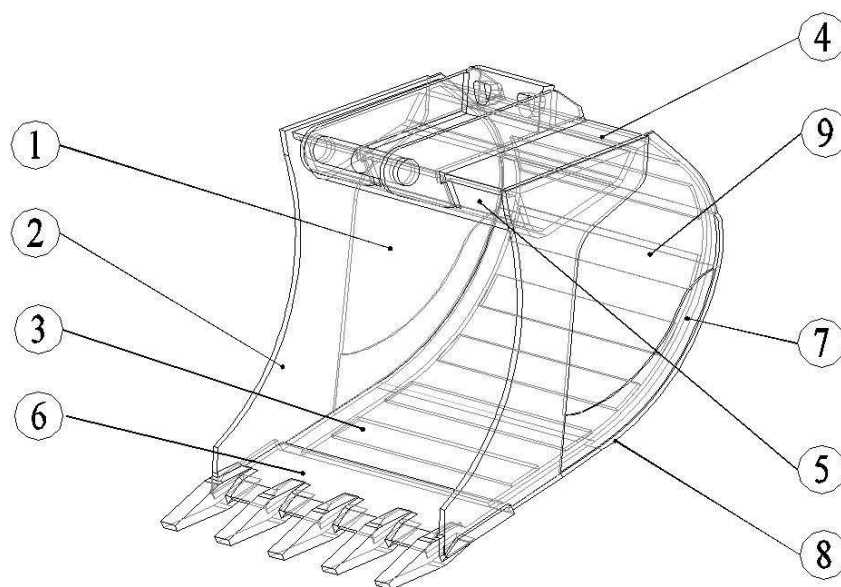
3.3 POUŽÍVANÉ TECHNOLOGIE

Při výrobě je použito několik technologií. Pro výrobu tvarových plechů jsou použity plazmové a autogenní CNC řezací stroje. Tato technologie dovoluje použití libovolných tvarů. Plechy vany jsou zakružovány na čtyřválcové zakružovače.

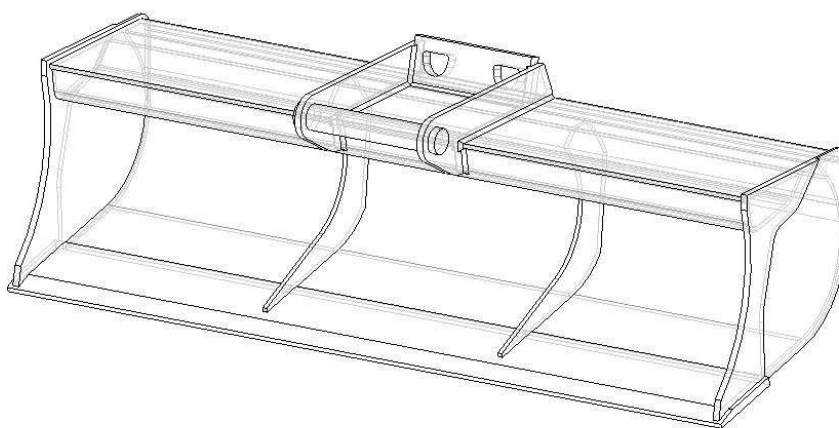
Veškeré svařování je prováděno ručně na několika stanovištích či na svařovacích automatech. Hotový výrobek je kontrolován, případně rovnán pro dosažení vysoké kvality a nakonec lakován ve stříkacím boxu pro dosažení jakostní povrchové úpravy.

4 NAVRŽENÉ ÚPRAVY

Úpravy lžíce by měly splňovat zadání zadavatelem. Úpravou má dojít k sjednocení typu upínače, snížení otěru vany a hran lžíce.



4.1 Upravená podkopové lžíce



4.2 Upravená svahovací lžíce

4.1 VANA LŽÍCE

Při úpravě se vycházelo ze současně vyráběné řady podkopových a svahovacích lžic. Geometrie vany byla převzata ze stávající řady (4.1 (3)). Její tvar je komplikované přiřadit univerzální lžici, jenž by vyhovovala pro více různých rypadel. Pro podmínky s minimálním otěrem vany lžíce by musela být vyráběna rozdílná lžíce pro každý typ

rypadla. Geometrie by se tak měla lišit i pro různé délky násady. Tato možnost je nereálná pro velkou komplikovanost přípravy výroby i pro výrobu samotnou.

4.2 BOK A BOČNÍ BŘIT

Boční břit byl upraven v horní části (4.1 (2)) z důvodů zvýšení tuhosti celé lžice a pro menší zatížení samotného boku lžice. Navržená geometrie více propojuje boční břit s horním plechem (4.1 (4)) a výztuhou (4.1 (5)), což přispívá k lepšímu namáhání jednotlivých součástí lžice. Boční břit je z materiálu zhruba dvojnásobné tloušťky oproti boku lžice. Z toho je usuzováno na snížení napětí v boku lžice (4.1 (1)), které přenáší více boční břit.

Provedené úpravy se týkaly jak podkopových tak svahovacích lžic zobrazených na Obr 4.1, 4.2.

4.3 VÝZTUHA

Výztuha je řešena jako ohýbaný plech. Pro nižší třídy je dvakrát ohnutý a pro vyšší třídy je tato výztuha svařována z tří plechů. Svařovaná výztuha je z důvodu použití větší tloušťky plechů, tyto tloušťky již nelze z technických možností firmy ohýbat. Tím je zajištěna vyšší pevnost zejména pro větší šířky lžice, kdy hrozí větší prohýbání tohoto profilu, a tím i k většímu zatížení boku lžice v místě svaření s výztuhou. Stejný typ výztuhy je použit pro oba typy lžice.

4.4 VÝZTUHY HRAN PROTI OTĚRU

Proti opotřebování hran mezi bokem lžice a vanou, u podkopových lžic, byly přidány výztuhy z ořetuvzdorného materiálu HARDOX. 400. Jedná se o výztuhy na bok lžice (4.1 (7)) a bočního plazu (4.1 (8)). Tyto prvky zvyšují tuhost lžice a utváří současně jednotný vzhled celé výrobní řady. Proti opotřebování vnější části lžice byly přidány plazy (4.1 (9)) též z materiálu HARDOX 400.

Pro svahovací lžice se o tomto opatření neuvažovalo, protože díky charakteru práce by nemělo docházet k velkému opotřebení během provozu (svahovací lžice jsou používány v málo abrazivním materiálu, především zemině a podobným).

4.5 HORNÍ PLECH

U svahovacích lžic je pro lepší umístění rychloupínače prodloužen horní plech a vytvořen ohyb. Tato úprava přinesla odstranění vnitřní výztuhy a zkrátila délku svarů při zvýšené tuhosti.

5 VÝPOČET METODOU KONEČNÝCH PRVKŮ

5.1 VOLBA VÝPOČTOVÉHO SYSTÉMU

Pro výpočet byl vybrán výpočtový software Pro MECHANICA Wildfire 2.0, jenž je určen k výpočtům pomocí metody konečných prvků. Systém byl zvolen pro své značné rozšíření v průmyslu, používání v univerzitní výuce a též promptnost provádět výpočty ve školních podmínkách.

Tento systém má nespornou výhodu v přímé návaznosti na 3D modelář Pro ENGINEER Wildfire 2.0, pomocí něhož si může uživatel snadno vytvořit model pro svou úlohu. Takto vytvořený model je možné jednoduše převádět mezi modelářem a výpočtovým programem a zpět bez nutnosti opětovného opakovaného zadávání okrajových podmínek či zatížení. Při převodech nedochází ani ke ztrátám údajů o tvarových změnách počítané struktury.

Systém je podle některých odborníků méně přesný. Dosahované výsledky se údajně liší pouze v několika málo procentech, přičemž odchylka je pro jednoduché výpočtové modely minimální a u složitějších modelů vzrůstá. Odchylky, jako i v případě dokonalejších programů, jsou přirozeně dány způsobem vytváření sítě konečných prvků. Modely lžic zjevně nebudou patřit ke složitým a výpočty lžic budou mít porovnávací charakter. Proto zvolený software Pro MECHANICA plně postačí.

5.2 TVORBA MODELU PRO VÝPOČET

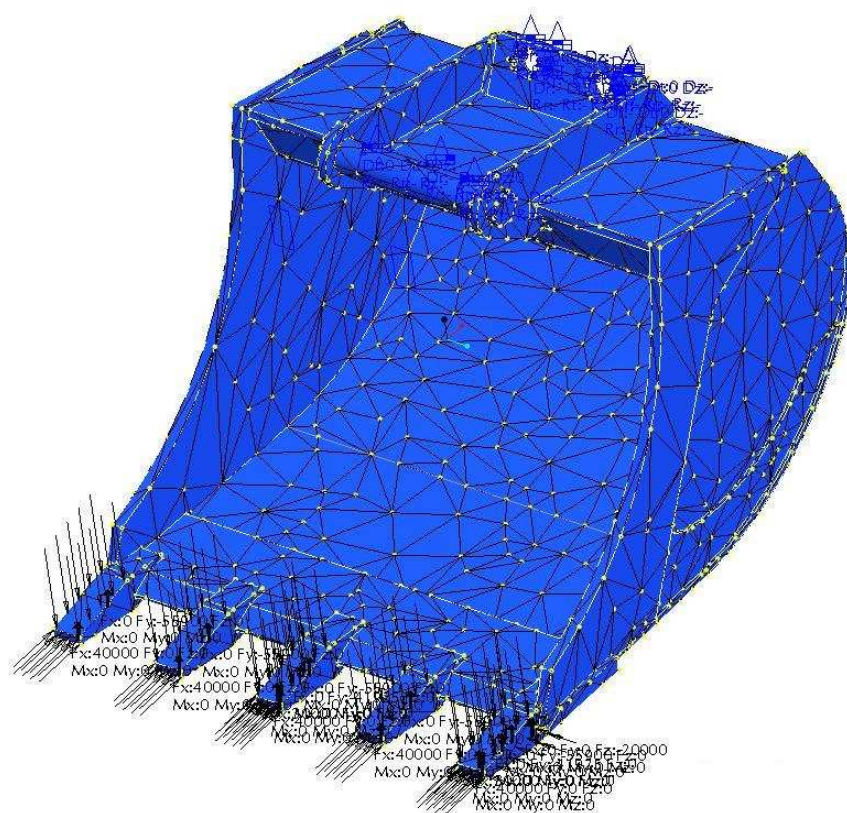
Model lžice byl v 3D modeláři Pro ENGINEER Wildfire 2.0 vytvořen jako samostatná součást, ačkoli se ve skutečnosti jedná o svařenou sestavu. Samostatný model zamezí problémům při výpočtech, kdy musí být všechny díly sestavy plně propojeny a musí k sobě ideálně přiléhat.

První model byl vytvořen jako sestava plechů, ale už při tvorbě konečno-prvkové sítě se vyskytly první problémy. Síť byla daleko složitější a v některých místech nespojitá a vyskytovala se místa, kde síť nebyla vytvořena vůbec. Po těchto problémech bylo přistoupeno na jednodušší samostatný model.

První model byl vytvořen z původní dokumentace zadavatele a slouží pro další srovnání s novou konstrukcí. Tento model byl postupně upravován pro splnění zadání.

Pro výpočet užitím MKP došlo u modelu lžíce k několika zjednodušením. Jsou zanedbány některé konstrukční detaily, jako jsou sražení, zaoblení a některé svary. Svary lze jen těžko modelovat, ať už pro komplikovaný tvar nebo pro tepelné ovlivnění okolí svarů. Svary byly modelovány na spoji zubu s břitem, kde dochází k největšímu napětí. Také musely být provedeny úpravy, kde se jednotlivé plechy dotýkaly pouze v přímce, takové místo je v přechodu mezi vanou a horním plechem, či v místě přivaření výztuhy. Tato zjednodušení mohou pouze nevýrazně ovlivnit stěžejní vypočtené výsledky. Složitější nezjednodušená struktura vede ke zvýšenému počtu prvků sítě a tím k značnému prodloužení výpočtového času. Pokud by stěžejní porovnávací výsledky byly odečítány z míst, kde došlo k zjednodušení výpočtové struktury, je třeba od zjednodušení v těchto místech upustit a výpočet opakovat.

Na modelu byla automaticky vygenerována síť konečných prvků, jež je na Obr. 5.2.1.

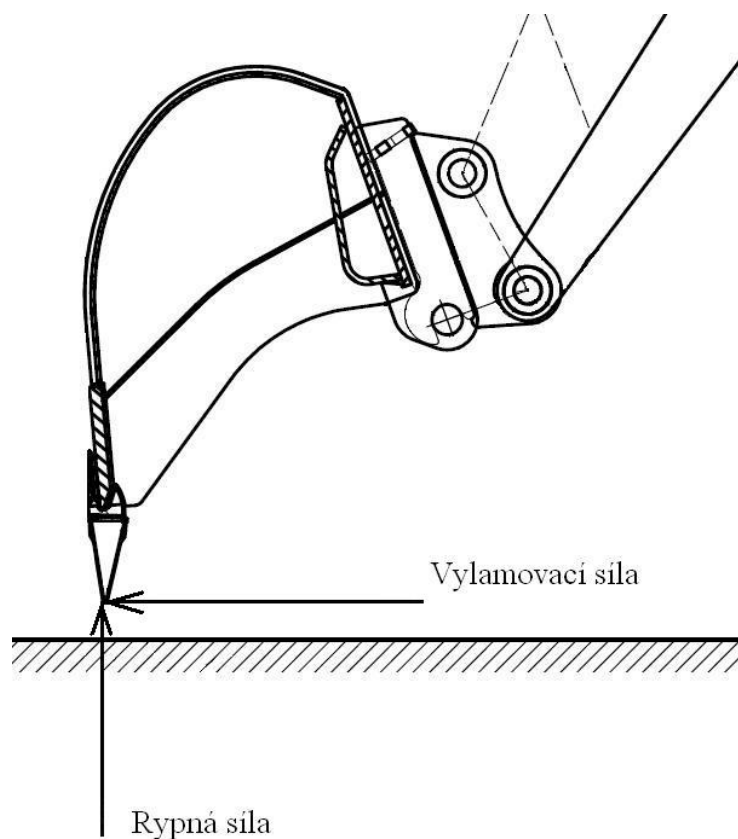


Obr. 5.2.1 Automaticky vytvořená síť konečných prvků s okrajovými podmínkami a všemi zatěžovacími stavy

5.3 VOLBA ZATÍŽENÍ PRO VÝPOČET

5.3.1 URČENÍ SIL

S ohledem na kinematiku celého ramena rypadla je velice obtížné určit optimální zatěžovací síly pro pevnostní výpočet celé lžice. Hodnoty maximálních sil (Obr. 5.3.1.1) udávaných v katalogích jednotlivých rypadel nejznámějších firem na našem trhu jsou uvedeny v příloze. Z nich byly vybrány maximální síly pro jednotlivé hmotnostní třídy uvedené v Tab. 2.1.1 a použity pro zatížení.



Obr. 5.3.1.1 Směry sil udávaných výrobcí

Tab. 5.3.1 Maximální síly rypadel dle jednotlivých tříd
Maximální hodnoty zatěžovacích sil

<u>Třída 0</u>	<u>0 - 0,9 t</u>	<table><tr><th colspan="2">RS</th><th colspan="2">VS</th></tr><tr><td>5 900</td><td>N</td><td>10 600</td><td>N</td></tr></table>	RS		VS		5 900	N	10 600	N
RS		VS								
5 900	N	10 600	N							
<u>Třída 1</u>	<u>1 - 1,8 t</u>	<table><tr><th colspan="2">RS</th><th colspan="2">VS</th></tr><tr><td>9 600</td><td>N</td><td>15 100</td><td>N</td></tr></table>	RS		VS		9 600	N	15 100	N
RS		VS								
9 600	N	15 100	N							
<u>Třída 2</u>	<u>1,8 - 2,9 t</u>	<table><tr><th colspan="2">RS</th><th colspan="2">VS</th></tr><tr><td>14 900</td><td>N</td><td>21 800</td><td>N</td></tr></table>	RS		VS		14 900	N	21 800	N
RS		VS								
14 900	N	21 800	N							
<u>Třída 3</u>	<u>2,9 - 4,1 t</u>	<table><tr><th colspan="2">RS</th><th colspan="2">VS</th></tr><tr><td>19 200</td><td>N</td><td>28 800</td><td>N</td></tr></table>	RS		VS		19 200	N	28 800	N
RS		VS								
19 200	N	28 800	N							
<u>Třída 4</u>	<u>4,1 - 5,5 t</u>	<table><tr><th colspan="2">RS</th><th colspan="2">VS</th></tr><tr><td>27 300</td><td>N</td><td>40 700</td><td>N</td></tr></table>	RS		VS		27 300	N	40 700	N
RS		VS								
27 300	N	40 700	N							
<u>Třída 5</u>	<u>5,5 - 8 t</u>	<table><tr><th colspan="2">RS</th><th colspan="2">VS</th></tr><tr><td>42 600</td><td>N</td><td>53 200</td><td>N</td></tr></table>	RS		VS		42 600	N	53 200	N
RS		VS								
42 600	N	53 200	N							
<u>Třída 6</u>	<u>8 - 11 t</u>	<table><tr><th colspan="2">RS</th><th colspan="2">VS</th></tr><tr><td>44 000</td><td>N</td><td>55 900</td><td>N</td></tr></table>	RS		VS		44 000	N	55 900	N
RS		VS								
44 000	N	55 900	N							
<u>Třída 7</u>	<u>11 - 14,5t</u>	<table><tr><th colspan="2">RS</th><th colspan="2">VS</th></tr><tr><td>93 200</td><td>N</td><td>97 400</td><td>N</td></tr></table>	RS		VS		93 200	N	97 400	N
RS		VS								
93 200	N	97 400	N							
<u>Třída 8</u>	<u>14,5 - 18,5 t</u>	<table><tr><th colspan="2">RS</th><th colspan="2">VS</th></tr><tr><td>115 600</td><td>N</td><td>125 500</td><td>N</td></tr></table>	RS		VS		115 600	N	125 500	N
RS		VS								
115 600	N	125 500	N							
<u>Třída 9</u>	<u>18,5 - 23,5 t</u>	<table><tr><th colspan="2">RS</th><th colspan="2">VS</th></tr><tr><td>145 200</td><td>N</td><td>173 000</td><td>N</td></tr></table>	RS		VS		145 200	N	173 000	N
RS		VS								
145 200	N	173 000	N							
<u>Třída 10</u>	<u>23,5 - 29,5 t</u>	<table><tr><th colspan="2">RS</th><th colspan="2">VS</th></tr><tr><td>179 300</td><td>N</td><td>205 000</td><td>N</td></tr></table>	RS		VS		179 300	N	205 000	N
RS		VS								
179 300	N	205 000	N							

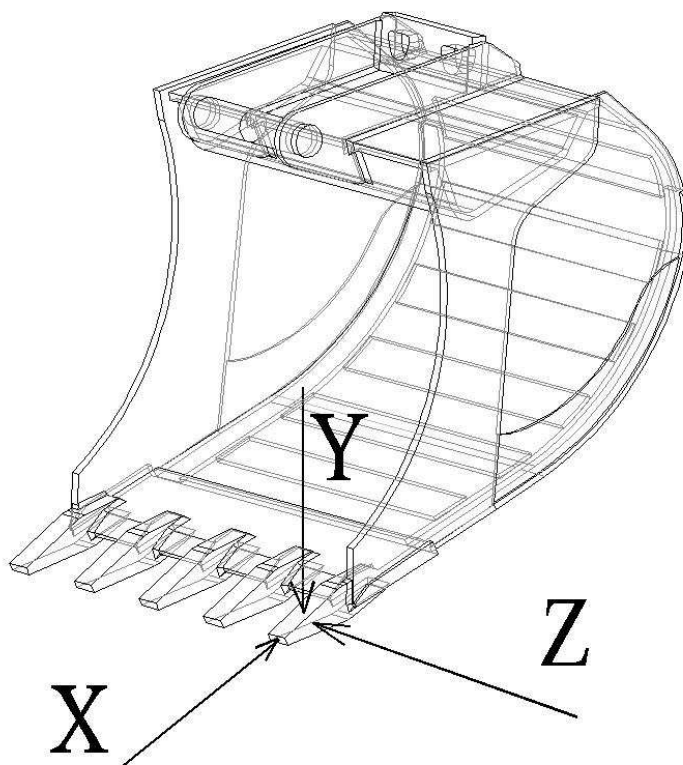
5.3.2 VOLBA ZATÍŽENÍ

Celek lžíce je složen z několika součástí s odlišnými vlastnostmi materiálu. Stěží se může za dobu její životnosti vyskytnout případ, že nastanou dva záběry s prakticky stejným průběhem namáhání jejích součástí. Toto namáhání je dáno odporem nabíraného materiálu, ale také kinematikou úplného ramene rypadla, které obsahuje tři až čtyři hydraulické válce obstarávající hlavní pracovní pohyby výložníku a násady rypadla.

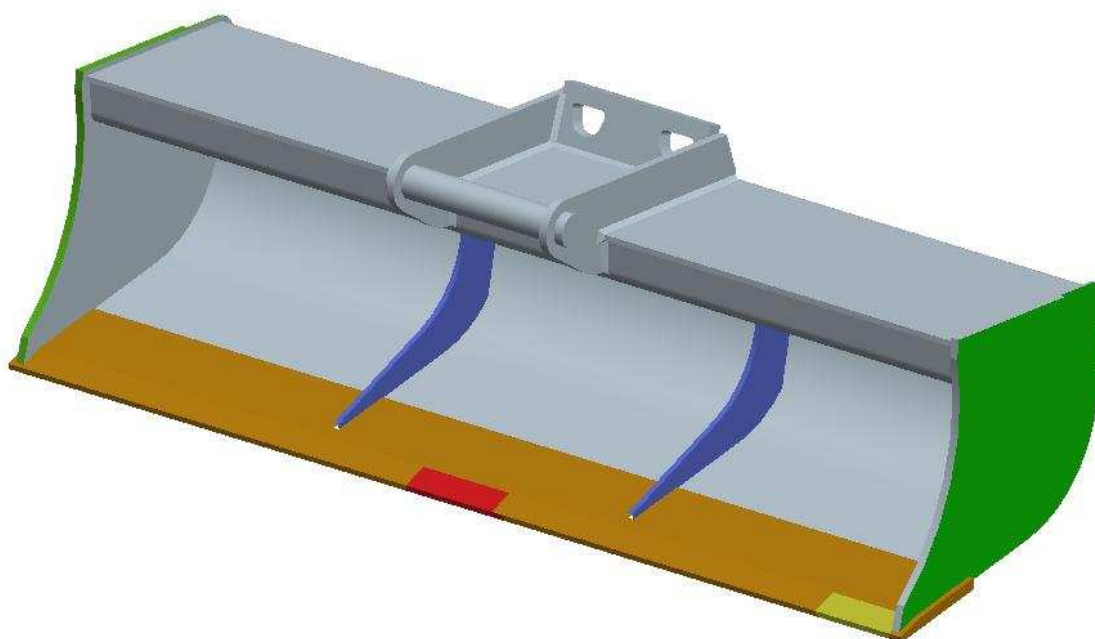
Pro výpočet užitím MKP proto musely být odhadnuty zatěžovací stavy tak, aby byly co nejbližší skutečnosti a současně aby jejich zadání do výpočtového softwaru nebylo příliš komplikované. Namáhání lžíce tedy ovlivňují i jejich hmotové momenty setrvačnosti a průběhy tlaků v hydraulických válcích.

Z výše popsaných skutečností vyplývá, že nelze vystačit se zatěžovacím stavem jediným. Proto bylo vybráno několik základních stavů, jež jsou pro extrémní namáhání lžíce charakteristické. Vodítkem pro volbu těchto stavů posloužily praktické ukázky deformací, které vznikly dlouhodobým provozním použitím lžic.

Zvolené směry zatížení jsou patrné z *Obr. 5.3.2.2*, *Obr. 5.3.2.3*.



Obr. 5.3.2.2 Směry zatížení(podkopová lžíce)



Obr. 5.3.2.3 Zatížení svahovací lžíce

Na Obr. 5.3.2.3 jsou zobrazeny regiony, na které byly umístěny síly při zatížení lžíce.

Celý břit	- hnědá
Střed břitu	- červená
Okraj břitu	- žlutá
Bok lžíce	- zelená

Bylo definováno sedm zatěžovacích stavů:

	<u>Podkopové</u>	<u>Svahovací</u>
1) Směr:	X	X
Zatěžovaná oblast:	všechny zuby, rovnoměrně	celý břit rovnoměrně
Zatěžovací síla:	100% rypná síly	80% rypná síly
2) Směr:	Y	Y
Zatěžovaná oblast:	všechny zuby, rovnoměrně	celý břit rovnoměrně
Zatěžovací síla:	100% vylamovací síly	100% vylamovací síly
3) Směr:	X	X
Zatěžovaná oblast:	střední zub	střed břitu
Zatěžovací síla:	70% rypná síly	60% rypná síly
4) Směr:	Y	Y
Zatěžovaná oblast:	střední zub	střed břitu
Zatěžovací síla:	70% vylamovací síly	60% vylamovací síly
5) Směr:	X	X
Zatěžovaná oblast:	krajní zub	okraj břitu
Zatěžovací síla:	70% rypná síly	60% rypná síly
6) Směr:	Y	Y
Zatěžovaná oblast:	krajní zub	okraj břitu
Zatěžovací síla:	70% rypné síly	60% vylamovací síly
7) Směr:	Z	Z
Zatěžovaná oblast:	krajní zub	bok lžice
Zatěžovací síla:	50% rypné síly	50% rypné síly

Pro zadání sil u podkopových lžic byly vytvořeny zjednodušeně zuby na břitu, na jejichž plochy je zadána síla jako spojitě zatížení. Tato volba zjednodušuje komplikované zatížení celku.

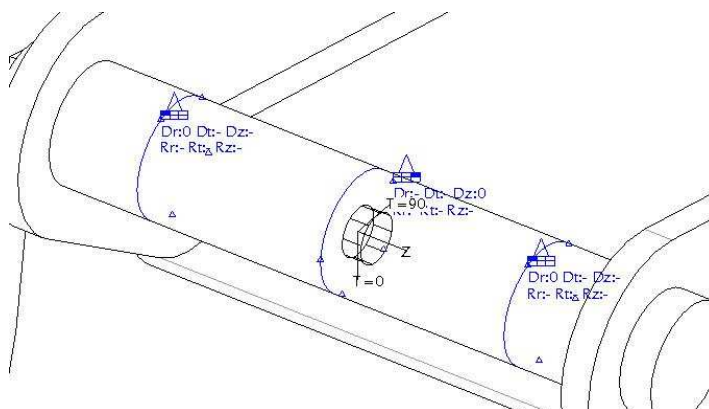
5.4 OKRAJOVÉ PODMÍNKY

Pro dosažení výsledků odpovídajících skutečnosti je nezbytná správná volba okrajových podmínek (OP). Tyto podmínky zamezují pohybu modelu ve zvoleném

souřadném systému a měly by reprezentovat skutečné opory lžice na upínači. Jedná se o místa, kde dochází k navázání součásti na rám, či jinou definovatelnou oporu, v tomto případě se jedná o připojení lžice k rypadlu. Čím dále jsou místa zadání okrajových podmínek od oblasti, v níž sledujeme extrémní napětí, tím menší je vliv volby OP.

Pro optimální vazbu a snížení vlivu OP byl k modelu připojen díl rychloupínače, který je přivařen ke korpusu lžice na horním plechu.

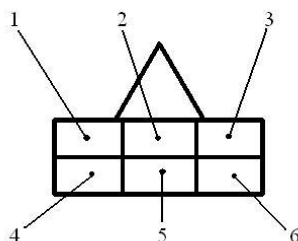
Veškeré OP byly vytvořeny v cylindrickém souřadném systému, vytvořeném ve středu čepu rychloupínače (Obr. 5.4.1).



Obr. 5.4.1 Umístění cylindrického souřadného systému

Tento souřadný systém má šest stupňů volnosti v prostoru, přičemž pro objemové modely jsou důležité pouze posuvy ve třech směrech. Další tři stupně volnosti (rotace kolem tří směrů posuvů) ztrácejí v objemovém modelu smysl. Jejich pohyby jsou předem zamezeny či povoleny v závislosti na předchozím stavu posuvů.

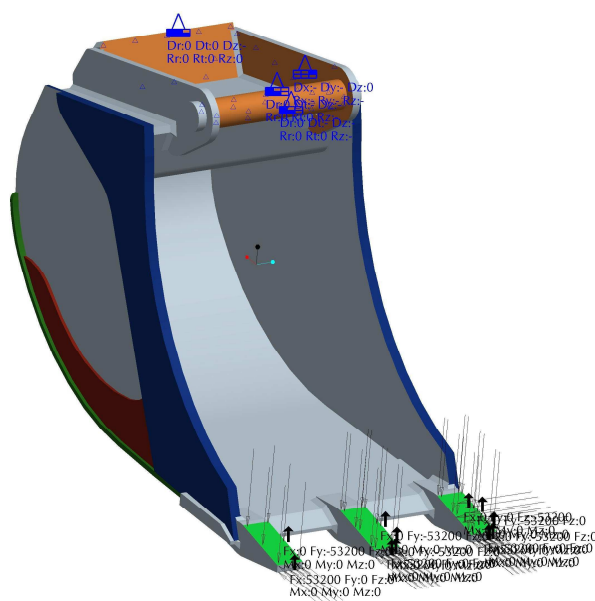
K znázornění zadaných OP používá program Pro MECHANICA složený symbolu podle Obr. 5.4.2. Prázdný obdélník znamená volnost pohybu v daném směru, plný značí zamezení pohybu v daném směru.



Obr. 5.4.2 Znak OP pro cylindrický souřadný systém

- 1 – posuv v radiálním směru
- 2 – posuv tečně k ose
- 3 – posuv v ose

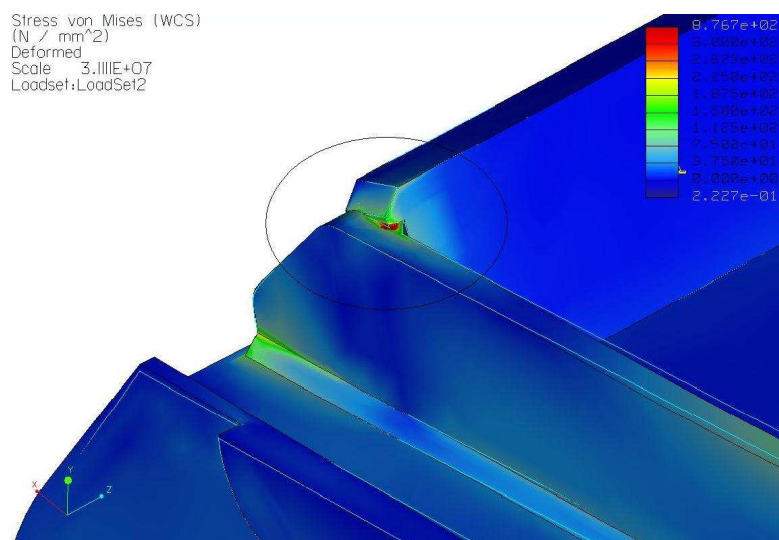
První volba OP, ačkoli měla vycházet ze skutečného upevnění lžice na upínači, se ukázala jako nepříliš vhodná. Schéma je zřejmé z *Obr. 5.4.3*. Na čepu rychloupínače je zamezen posuv v radiálním směru k ose čepu. Na boku rychloupínače jsou zamezeny posuvy v ose čepu a na desce zajišťovacích čepů jsou zamezeny rotace kolem osy čepu. OP byly zadány na příliš velké plochy, což neodpovídá skutečnosti připojení k upínači, a bylo zdrojem problémů. Tyto podmínky neumožňují průhyb čepu, boku rychloupínače ani desky zajišťovacích čepů.



Obr. 5.4.3 První volba OP

Hnědé plochy znázorňují zadání OP a zelené plochy zadání zatížení.

Vlivem těchto okrajových podmínek se patrně zvýšila tuhost části lžice poblíž upínače a tím byly v těchto místech zkresleny i výsledky výpočtů. Zejména docházelo k značné koncentraci napětí v místech přivaření rychloupínače na korpus.



Obr. 5.4.4 Koncentrace napětí vlivem nevhodných OP

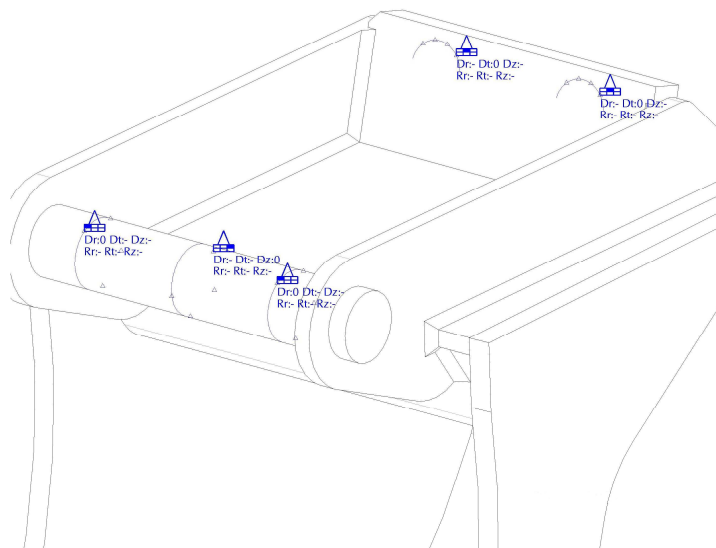
V tomto případě nastala v místě upínače špička redukovaného napětí o hodnotě 876,7 MPa. V případě volby OP bližších skutečnosti by patrně k takovému zhuštění napětí nemuselo dojít.

Další variantou okrajových podmínek bylo jejich zavedení na předem připravené křivky. Ta mohla přiblížit řešení více ke skutečnosti, neboť čep rychloupínače je v rychloupínači uložen na části obvodu čepu. Modelovány tedy byly v místě dotyku čepu s hranami rychloupínače, tedy na kružnicích nebo kruhových obloucích. Toto řešení bylo odvozeno z rozboru opotřebení čepu na používané lžíci (*Obr. 5.4.5*).



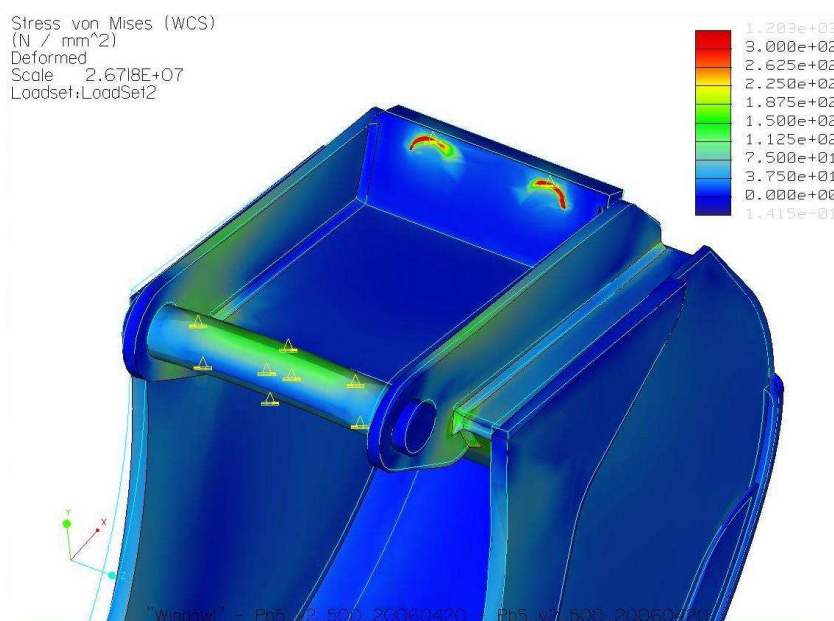
Obr. 5.4.5 Ukázka opotřebení čepu rychloupínače

Dále v této variantě bylo použito pro rotaci kolem osy čepu zamezení pomocí půlkruhových křivek oproti ploše zajišťovacích čepů. Schéma okrajových podmínek je na Obr. 5.4.6.



Obr. 5.4.6 Upravené okrajové podmínky

Toto řešení přineslo snížení maximálního redukovaného napětí, ale stále docházelo k velké koncentraci napětí v místě okrajových podmínek, což nebylo vhodné pro další ovlivnění oblasti okolo těchto podmínek. (koncentrace napětí při tomto řešení je zobrazena na Obr. 5.4.7).



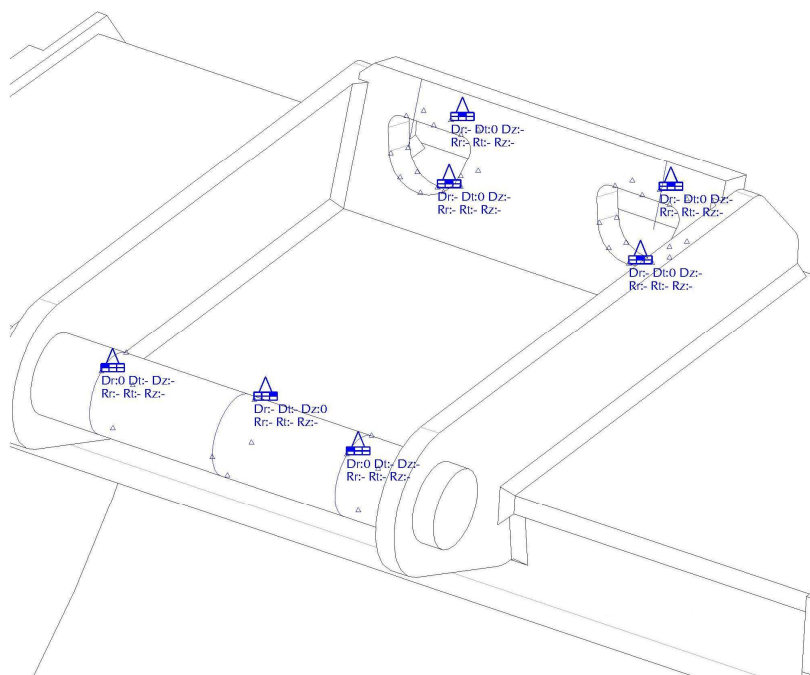
Obr. 5.4.7 Koncentrace napětí v místě OP

V další variantě bylo předpokládáno, že dojde ke snížení předchozí koncentrace změnou okrajových podmínek z půlkruhové křivky na kruhovou. Toto řešení přineslo pouze minimální přínos, proto nebylo dále použito.

Proto bylo navrženo řešení, kde OP na čepu rychloupínače byly ponechány a změnil se okrajové podmínky na desce zajišťovacích čepů. V tomto místě byly vytvořeny otvory pro zajišťovací čepy. Na plochy těchto otvorů byly umístěny stejné okrajové podmínky jako na křivky v předchozím řešení (*Obr. 5.4.8*). Z této varianty OP vycházely nejmenší koncentrace napětí v místech okolo svarů mezi korpusem a upínačem a v upínači samotném.

Vlivem zjednodušení i u tohoto řešení dochází k mírné koncentraci napětí zejména v místech absence svarů. Tyto koncentrace musí být kvalifikovaně vyhodnoceny a uváženy.

Pro výsledné výpočty je použita poslední varianta (*Obr. 5.4.8*).



Obr. 5.4.8 Konečné řešení okrajových podmínek

5.5 VOLBA MATERIÁLOVÝCH VLASTNOSTÍ

Pro výpočet je nutné zadat vlastnosti použitého materiálu. Zvolena byla ocel s vlastnostmi, které používá program Pro MECHANICA:

Modul pružnosti	$E = 2 \cdot 10^5 \text{ Mpa}$
Poissonovo číslo	$\mu = 0,29$
Měrná hmotnost	$r = 7850 \text{ kg.m}^{-3}$

Při výpočtu užitím MKP pomocí běžných výpočtových programů nelze zohlednit proměnlivé vlastnosti materiálu, které vznikají tepelným ovlivněním v okolí svarů. Proto je model uvažován jako homogenní těleso se stejnými vlastnostmi v celém svém objemu.

Při hodnocení dosažených výsledků k tomuto faktu musíme přihlédnout a kvalifikovaně posoudit okolí svarů.

5.6 POUŽITÉ VARIANTY PRO VÝPOČET

Pro výpočet každé třídy byla vybrána vždy jedna šířka. S ohledem na předpokládané namáhání byla zvolena lžice širší. Použité šířky a odpovídající objemy jsou v *Tabulce 5.6.1*. Jmenovitý objem lžice je počítán dle normy ČSN 27 8036 (nakládací lopaty-svahovací), ČSN 27 7536 (rýpací lopaty-podkopové).

Tabulka 5.6.1 Použité varianty pro výpočet

Varianty lžic použité pro výpočet:

Třída:	Podkopové		Svahovací	
	šířka [mm]	objem [l]	šířka [mm]	objem [l]
0	600	46	600	20
1	600	62	800	33
2	600	85	1000	60
3	700	129	1300	103
4	700	185	1800	205
5	900	317	1800	313
6	900	392	1800	405
7	1200	755	1800	548
8	1200	917	2200	806
9	1200	1021	2200	977
10	1200	1150	2200	1120

6 VÝSLEDKY VÝPOČTŮ

Udávané hodnoty redukovaného napětí jsou vyhodnoceny dle hypotézy HMM. Tato hypotéza nám však dává pouze redukované napětí, určené z napětí ve třech osách. Tím může dojít ke zkreslení výsledků a neřekne nám, zda se jedná o napětí tahové či tlakové, a které je z nich významnější. Výsledky této hypotézy jsou běžně udávány v praxi, a pro firmu jsou v takovéto podobě dostačující.

Pro obsáhlost výsledků výpočtů, které byly prováděny pro všechny třídy, je uvedena pouze střední třída. Pro tuto třídu byl také proveden srovnávací výpočet. Pro návrh ostatních tříd se vycházelo z porovnání těchto tříd. Výsledky ostatních tříd jsou uvedeny na příloženém CD.

6.1 PODKOPOVÉ LŽÍCE

Tab. 6.1.1 Hodnoty z výpočtu užitím MKP

Podkopová lžice třídy 6

Rypná síla:

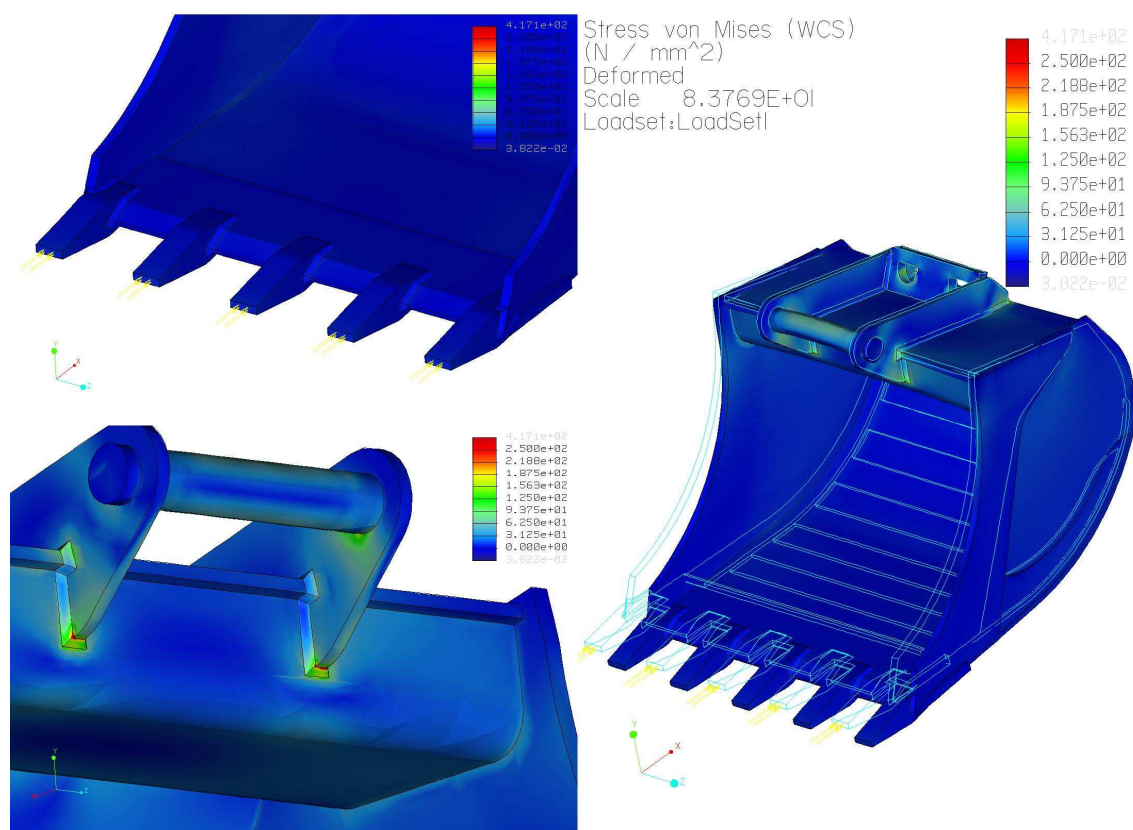
44 000 N

Vylamovací síla:

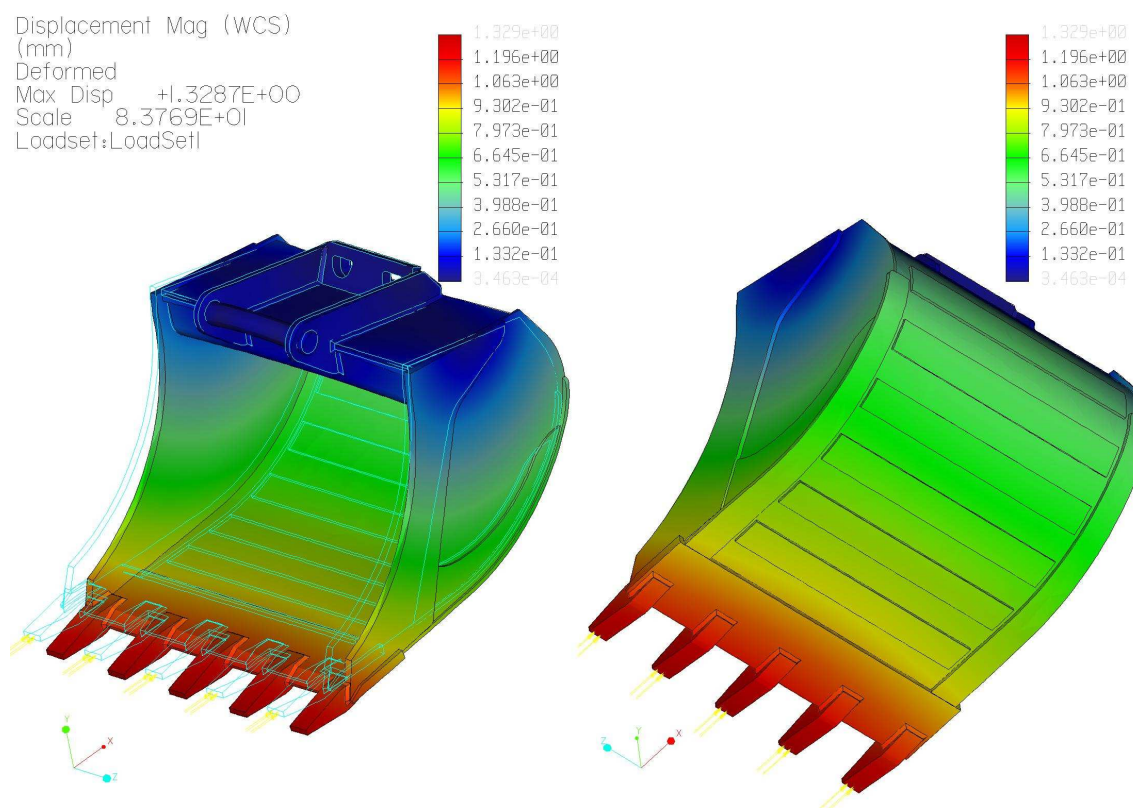
55 900 N

Zatěžovací stav:	Navržené řešení:				Původní řešení:			
	Redukované napětí HMM [Mpa]		Maximální posuvy [mm]		Redukované napětí HMM [Mpa]		Maximální posuvy [mm]	
1.	123,60	<u>Obr. 6.1.1</u>	1,33	<u>Obr. 6.1.2</u>	209,9	<u>Obr. 6.1.15</u>	1,61	<u>Obr. 6.1.15</u>
2.	314,30	<u>Obr. 6.1.3</u>	10,10	<u>Obr. 6.1.4</u>	378,2	<u>Obr. 6.1.16</u>	12,0	<u>Obr. 6.1.16</u>
3.	121,80	<u>Obr. 6.1.5</u>	1,04	<u>Obr. 6.1.6</u>	140,0	<u>Obr. 6.1.17</u>	1,18	<u>Obr. 6.1.17</u>
4.	437,90	<u>Obr. 6.1.7</u>	13,90	<u>Obr. 6.1.8</u>	498,1	<u>Obr. 6.1.18</u>	15,22	<u>Obr. 6.1.18</u>
5.	184,50	<u>Obr. 6.1.9</u>	2,25	<u>Obr. 6.1.10</u>	218,8	<u>Obr. 6.1.19</u>	2,88	<u>Obr. 6.1.19</u>
6.	394,57	<u>Obr. 6.1.11</u>	4,70	<u>Obr. 6.1.12</u>	452,3	<u>Obr. 6.1.20</u>	6,08	<u>Obr. 6.1.20</u>
7.	194,50	<u>Obr. 6.1.13</u>	2,77	<u>Obr. 6.1.14</u>	262,5	<u>Obr. 6.1.21</u>	3,89	<u>Obr. 6.1.21</u>

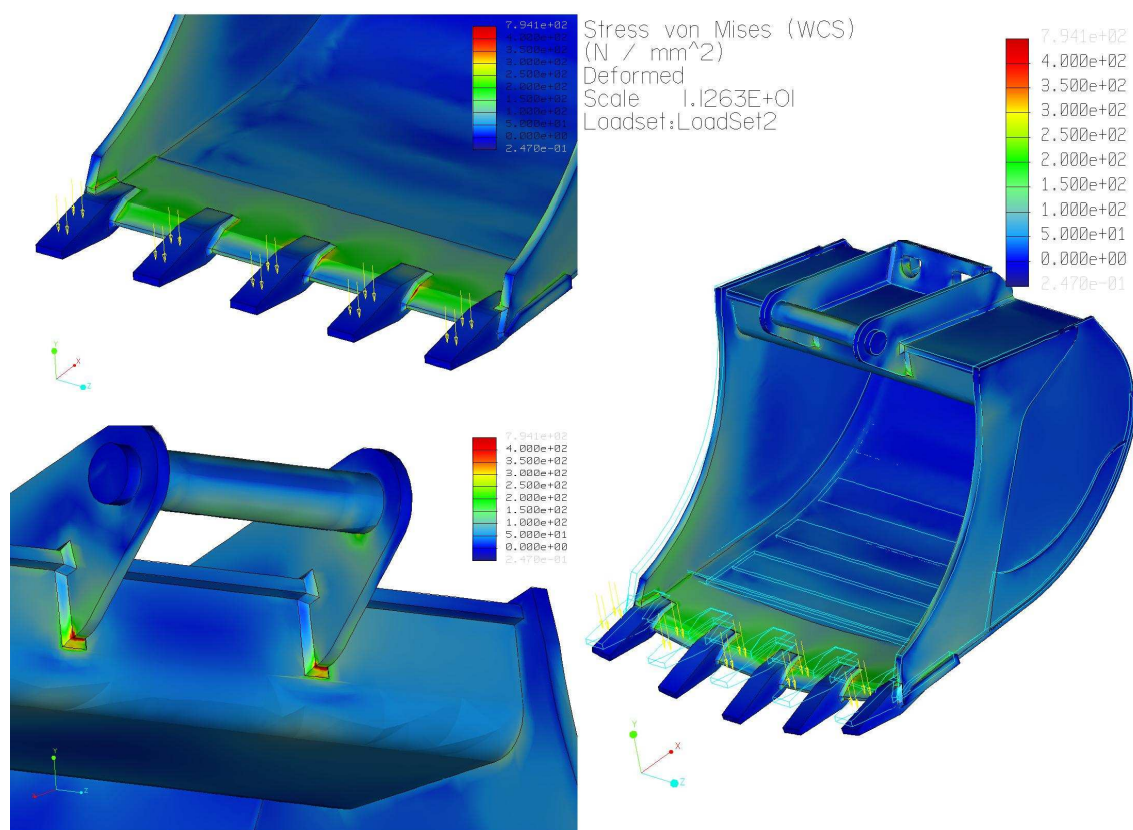
Úpravou tvaru lžice bylo dosaženo v uvažovaných stavech snížení redukovaného napětí i snížení maximálních posuvů oproti původnímu řešení. Maximální napětí vzniká v místě přivaření rychloupínače k horní desce a v místě přivaření adaptéru zubu k břitu. Tyto místa byla částečně zjednodušena z ohledem na výpočet a pro přesnější výsledky by bylo třeba výpočet upřesnit, nebo vhodně upravit upínač.



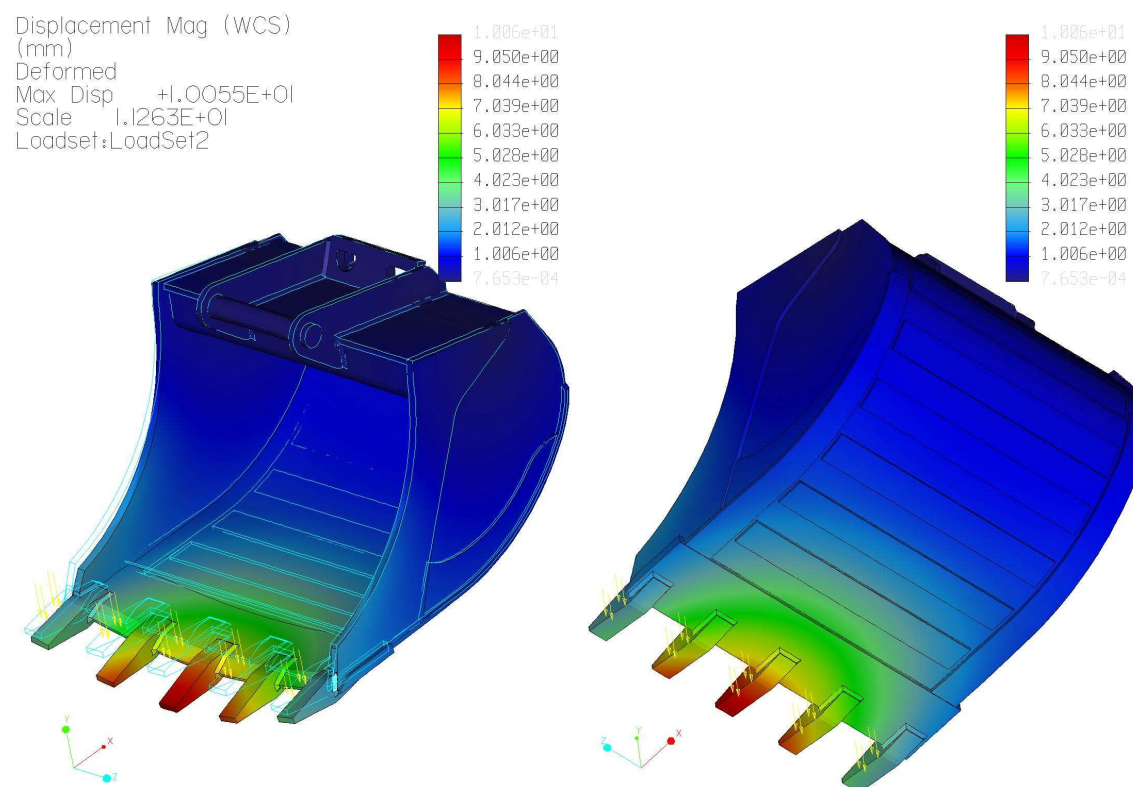
Obr. 6.1.1 Zatěžovací stav č.1 – redukované napětí [Mpa]



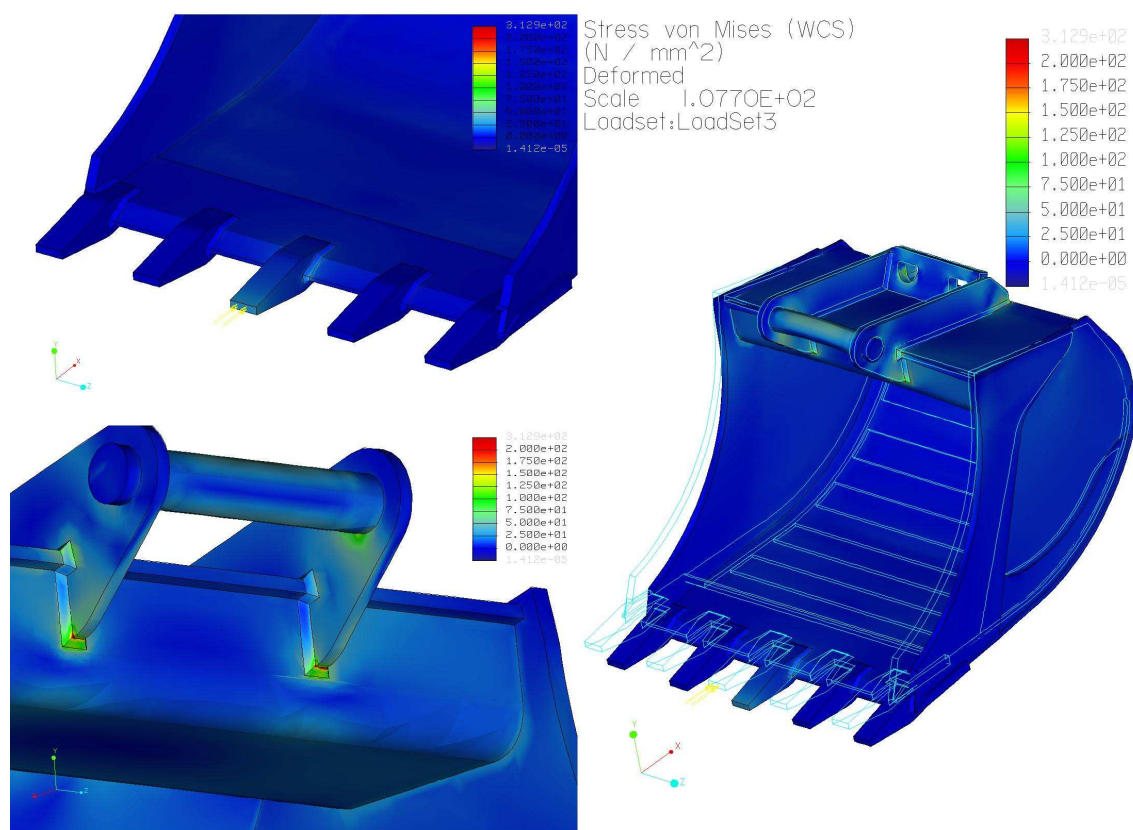
Obr. 6.1.2 Zatěžovací stav č.1 – celkové posuvy[mm]



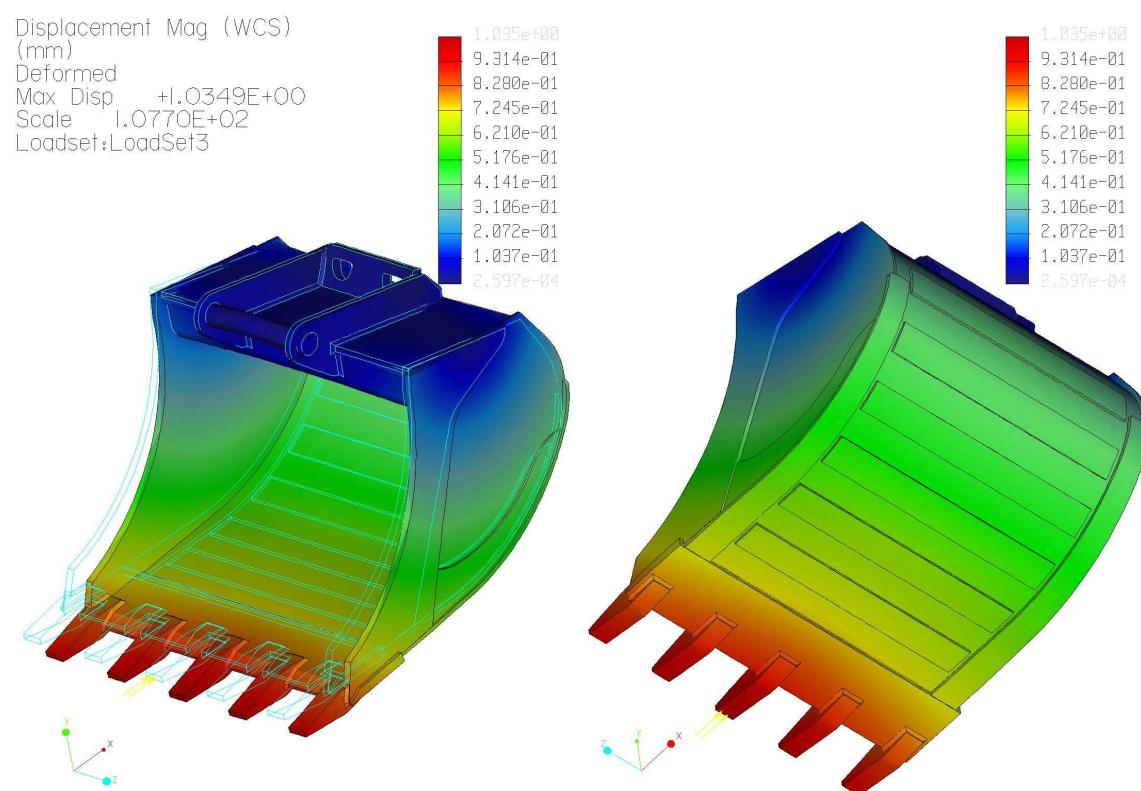
Obr. 6.1.3 Zatěžovací stav č.2 – redukované napětí [Mpa]



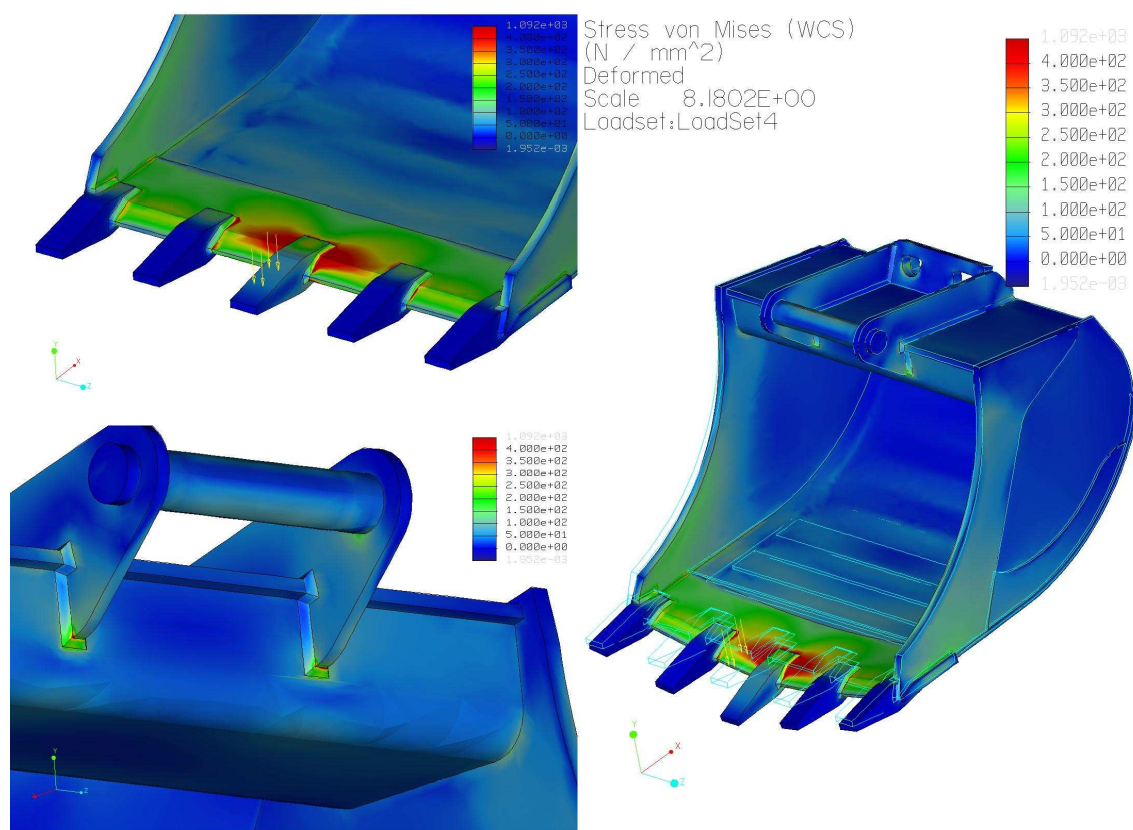
Obr. 6.1.4 Zatěžovací stav č.2 – celkové posuvy[mm]



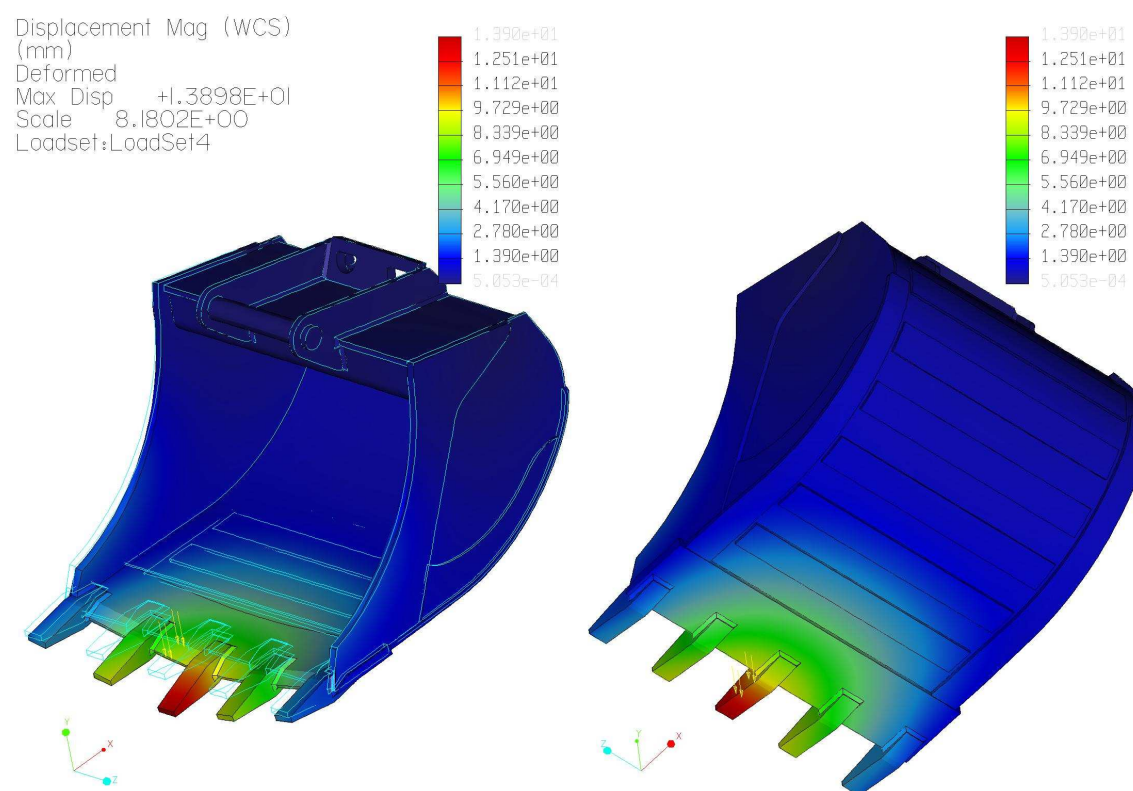
Obr. 6.1.5 Zatěžovací stav č.3 – redukované napětí [Mpa]



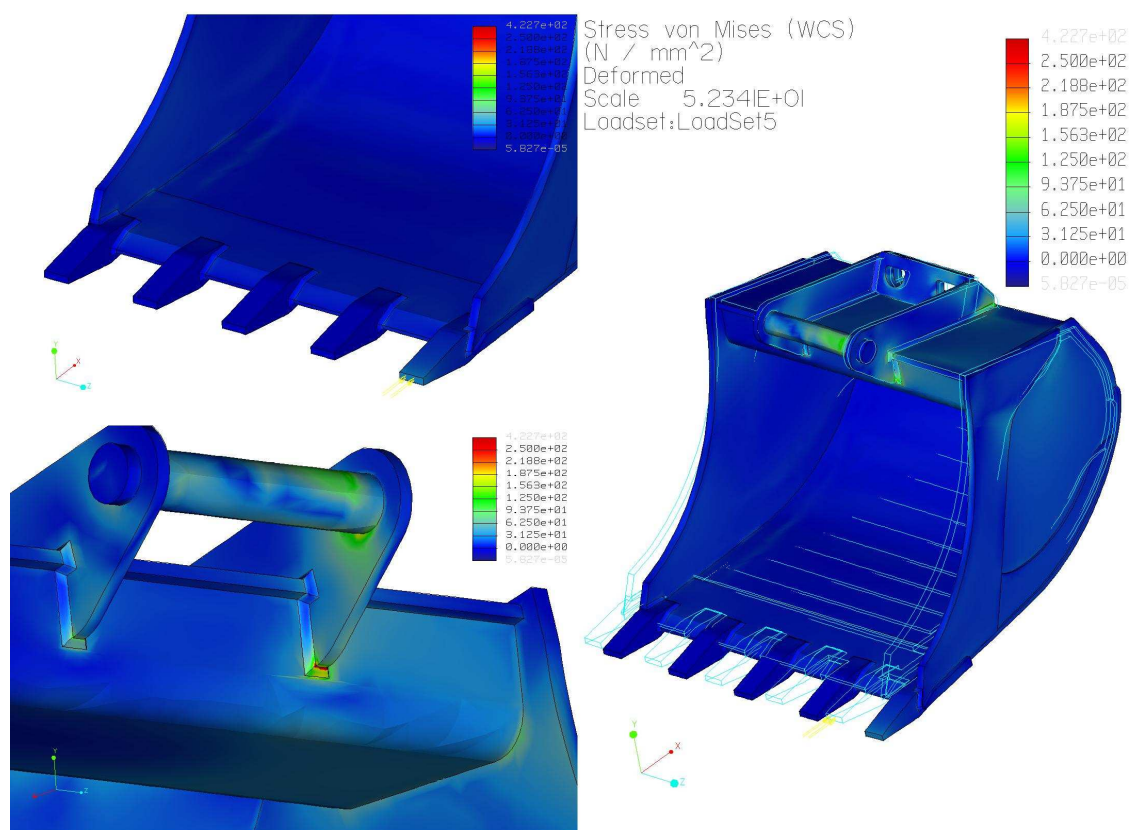
Obr. 6.1.6 Zatěžovací stav č.3 – celkové posuvy[mm]



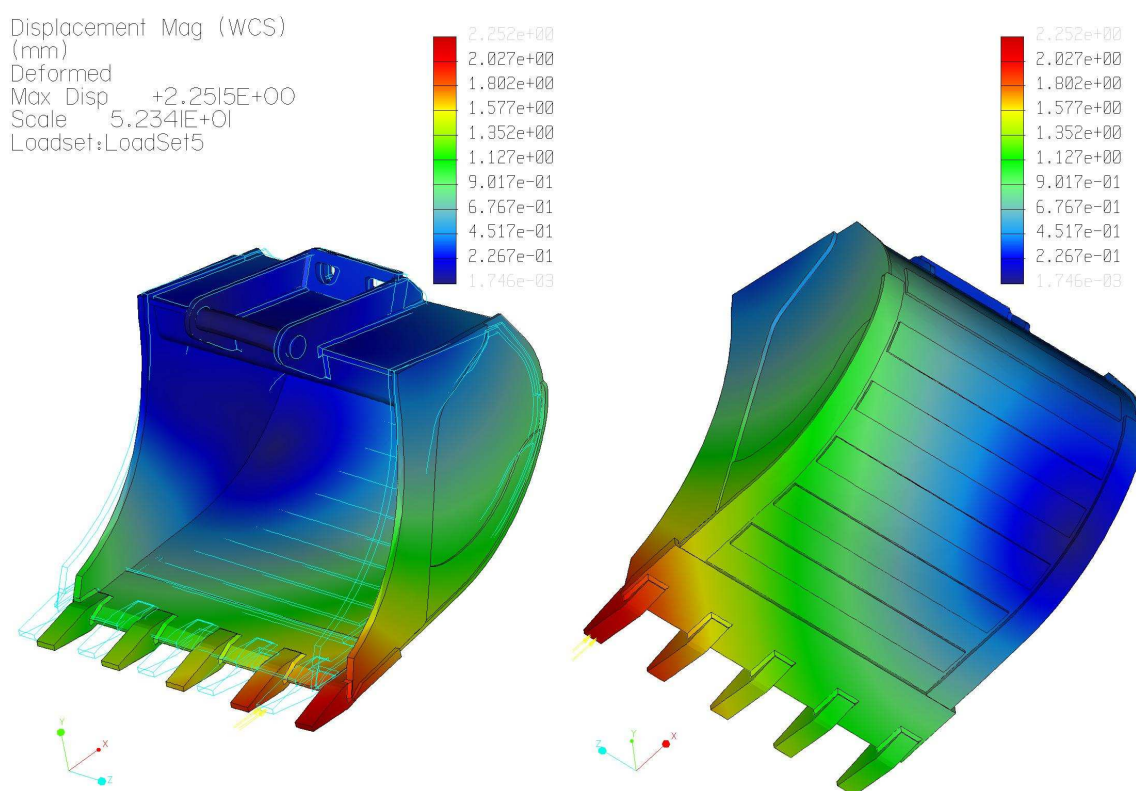
Obr. 6.1.7 Zatěžovací stav č.4 – redukované napětí [Mpa]



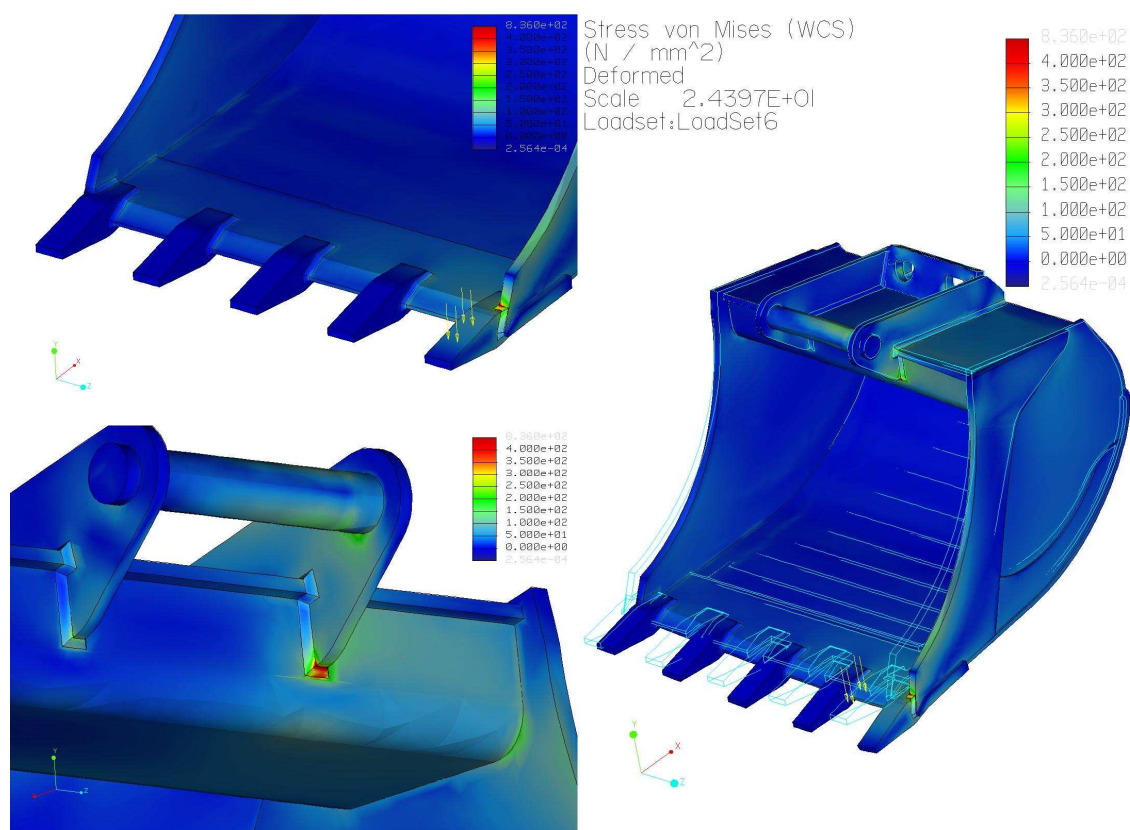
Obr. 6.1.8 Zatěžovací stav č.4 – celkové posuvy[mm]



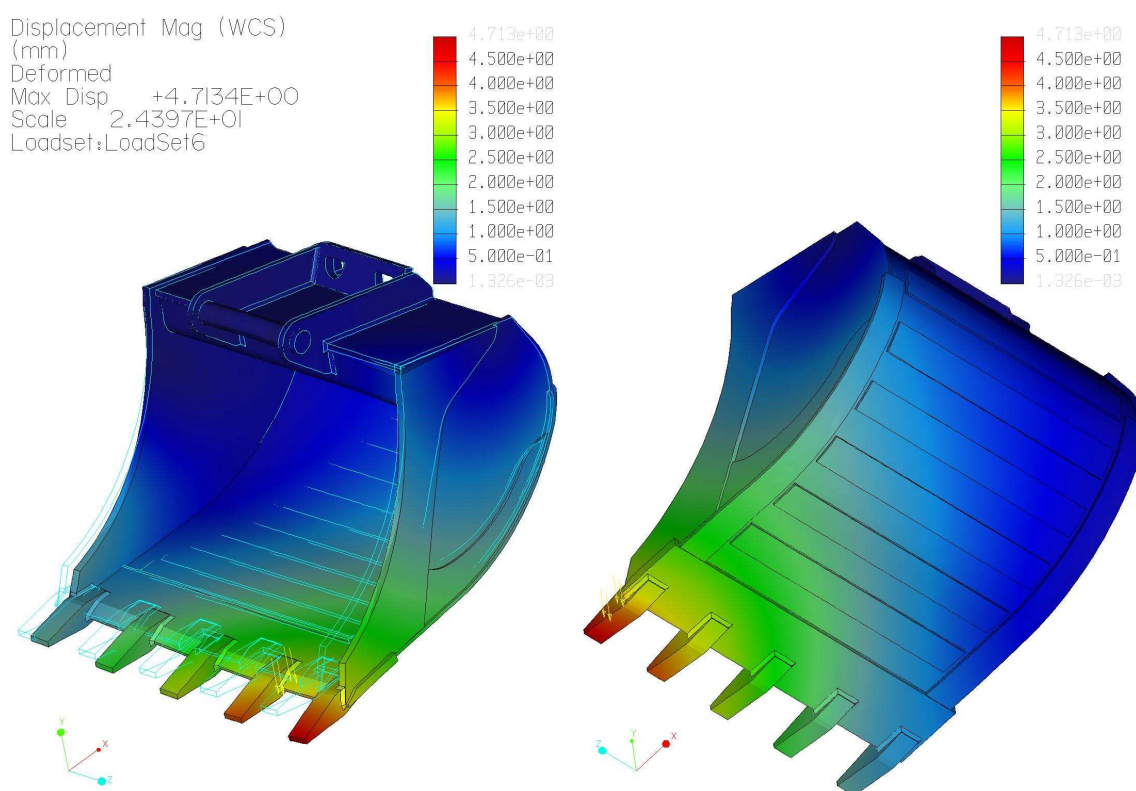
Obr. 6.1.9 Zatěžovací stav č.5 – redukované napětí [Mpa]



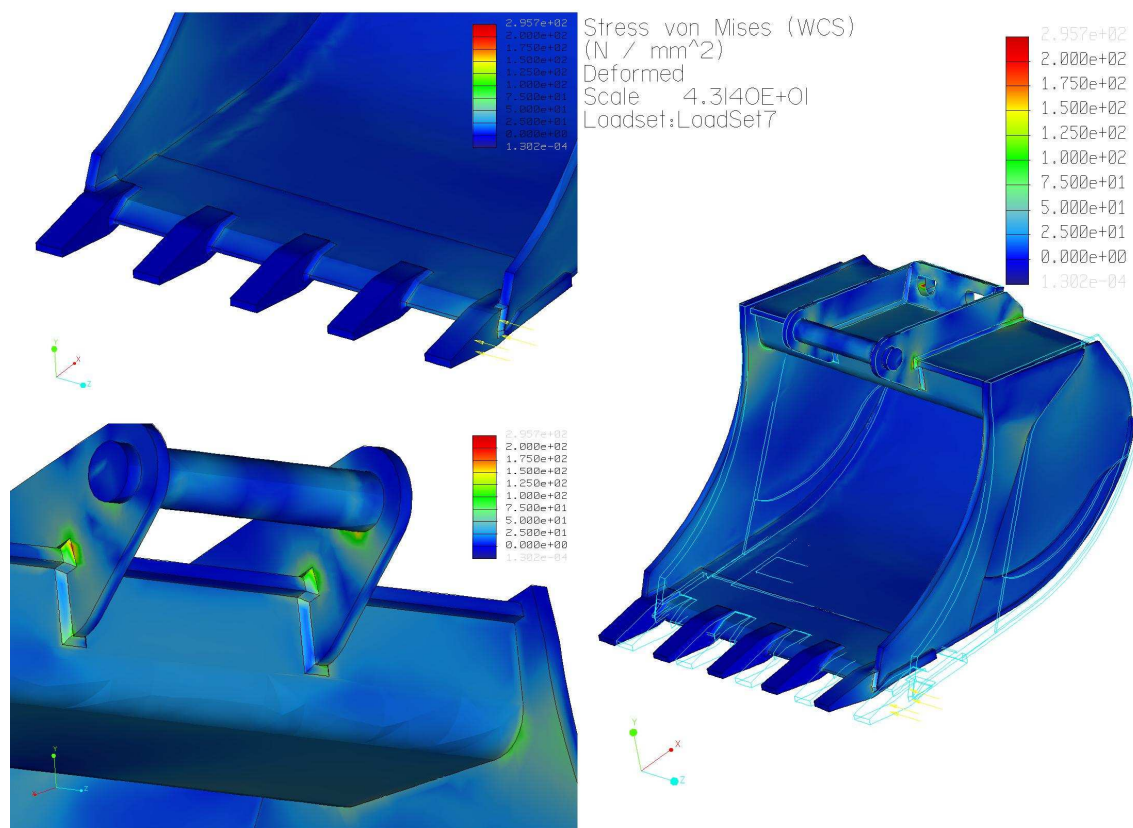
Obr. 6.1.10 Zatěžovací stav č.5 – celkové posuvy[mm]



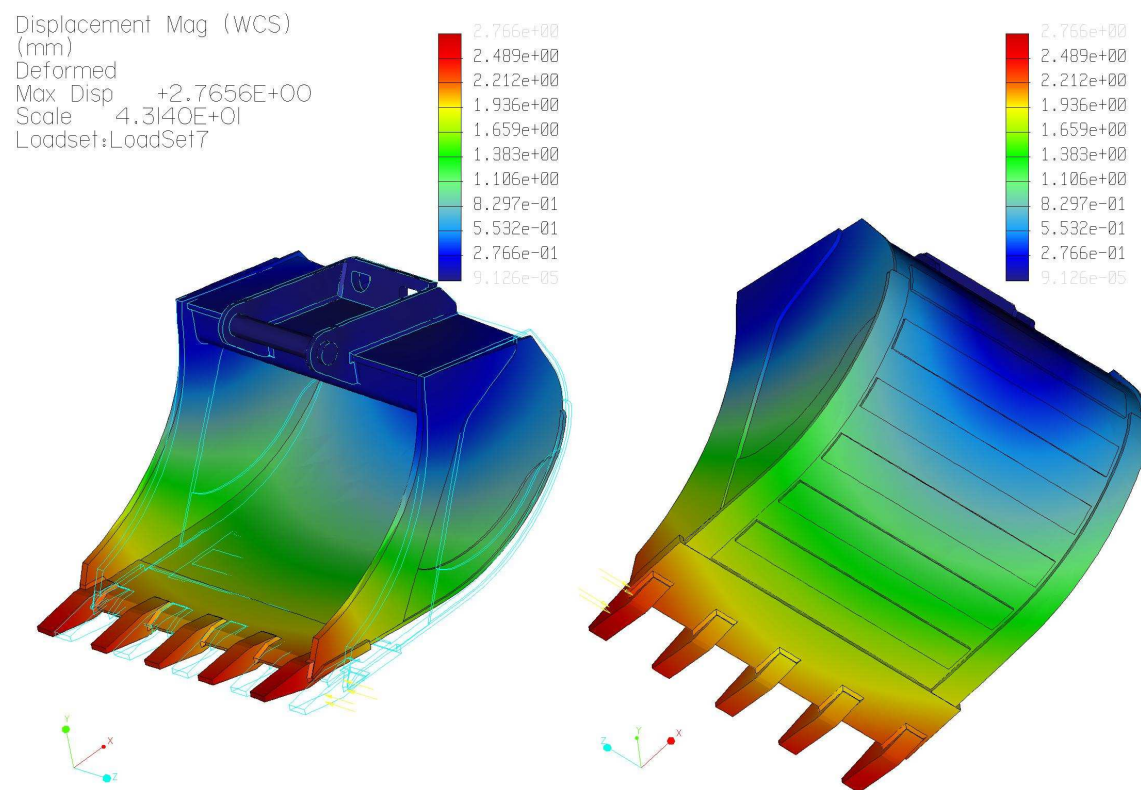
Obr. 6.1.11 Zatěžovací stav č.6 – redukované napětí [Mpa]



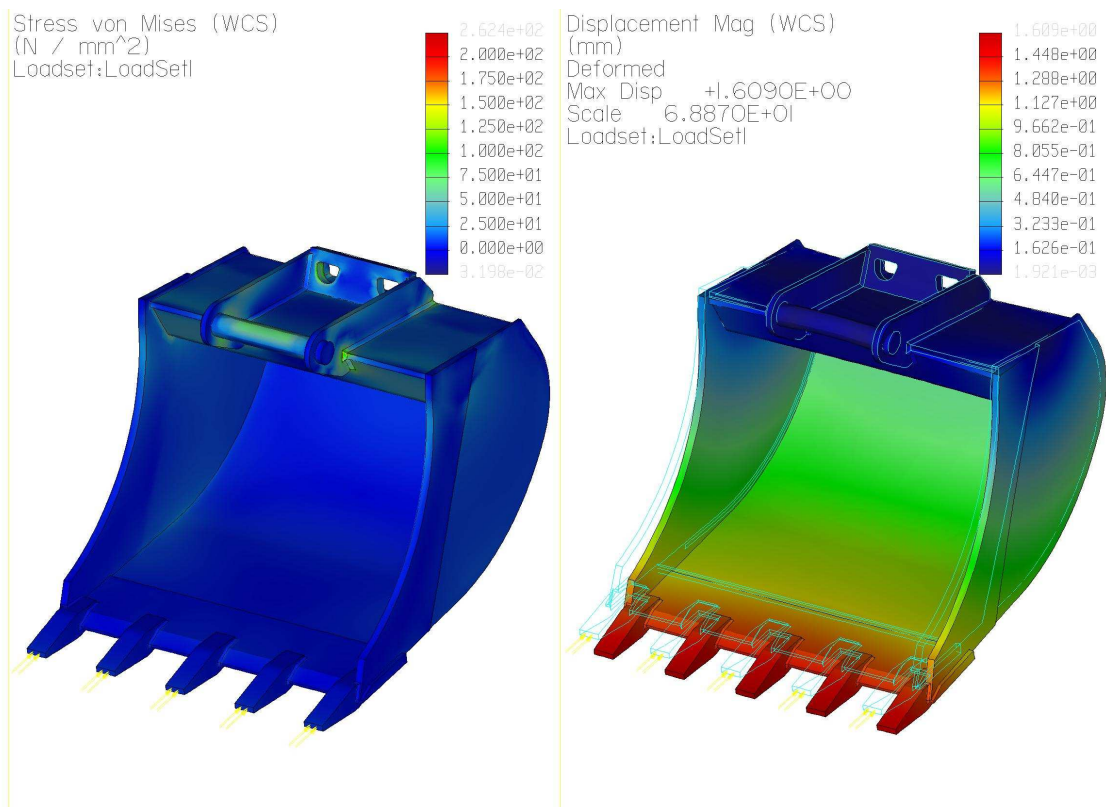
Obr. 6.1.12 Zatěžovací stav č.6 – celkové posuvy[mm]



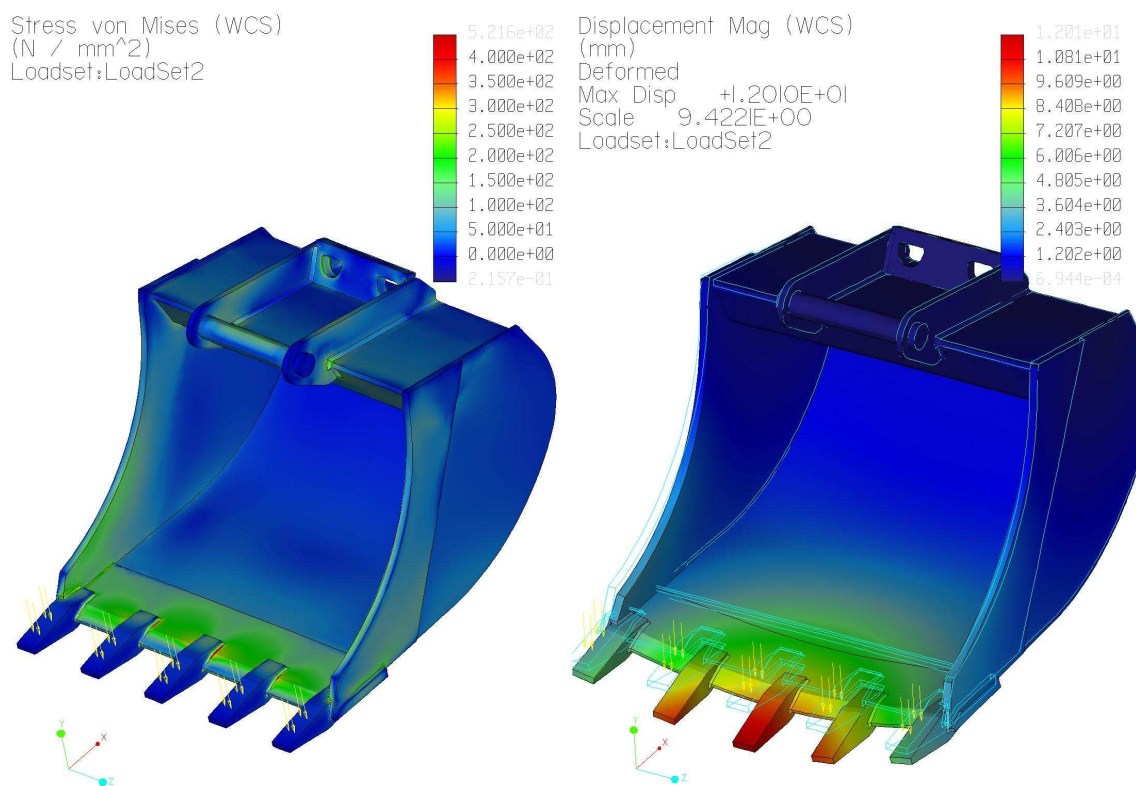
Obr. 6.1.13 Zatěžovací stav č.7 – redukované napětí [Mpa]



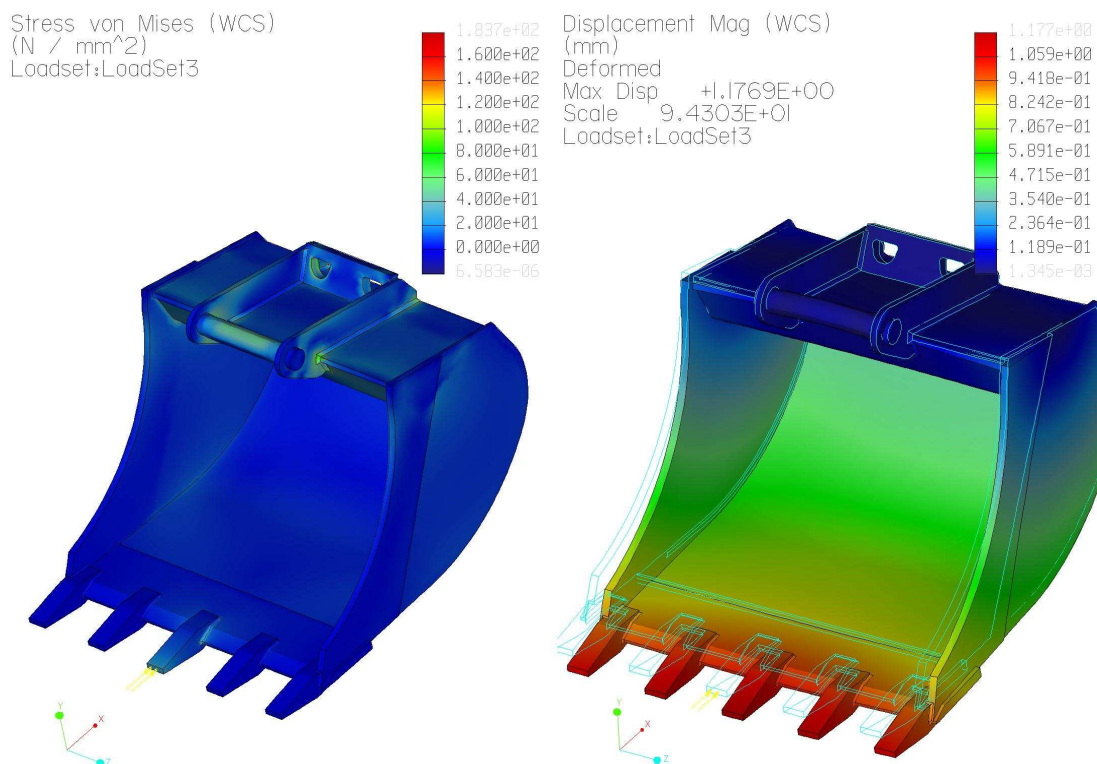
Obr. 6.1.14 Zatěžovací stav č.7 – celkové posuvy[mm]



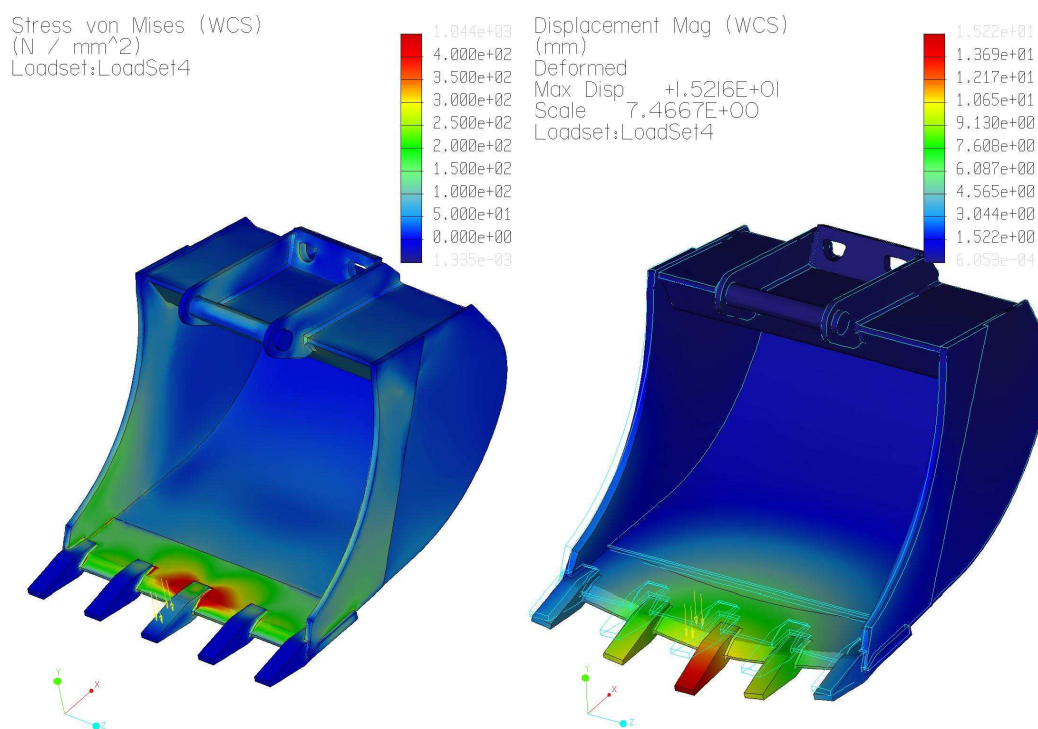
Obr. 6.1.15 Původní konstrukce – Zatěžovací stav č.1
redukované napětí [MPa], celkové posuvy [mm]



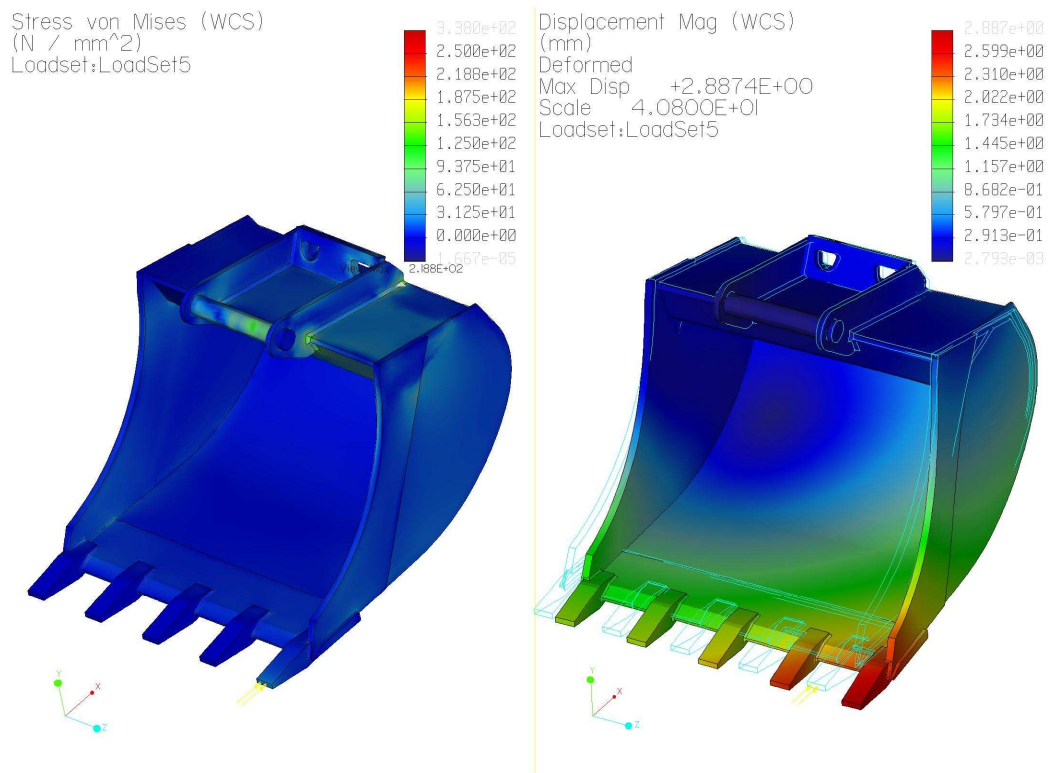
Obr. 6.1.16 Původní konstrukce – Zatěžovací stav č.2
redukované napětí [MPa], celkové posuvy [mm]



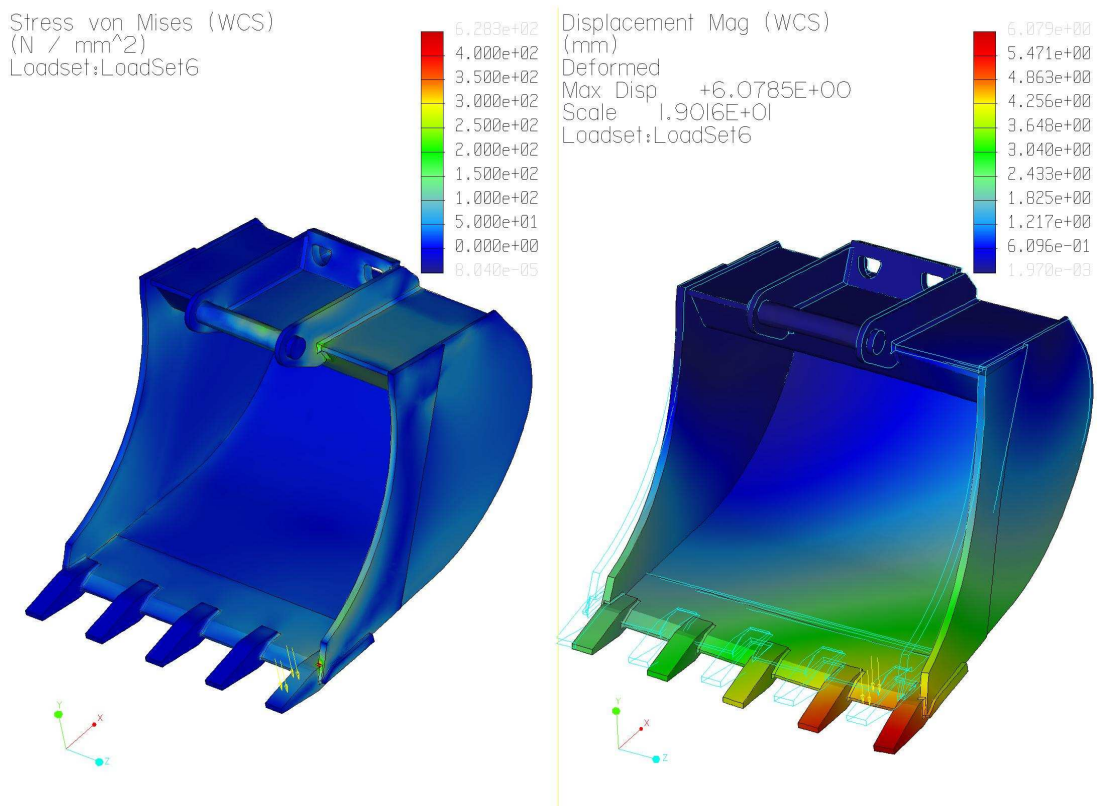
Obr. 6.1.17 Původní konstrukce – Zatěžovací stav č.3
redukované napětí [MPa], celkové posuvy [mm]



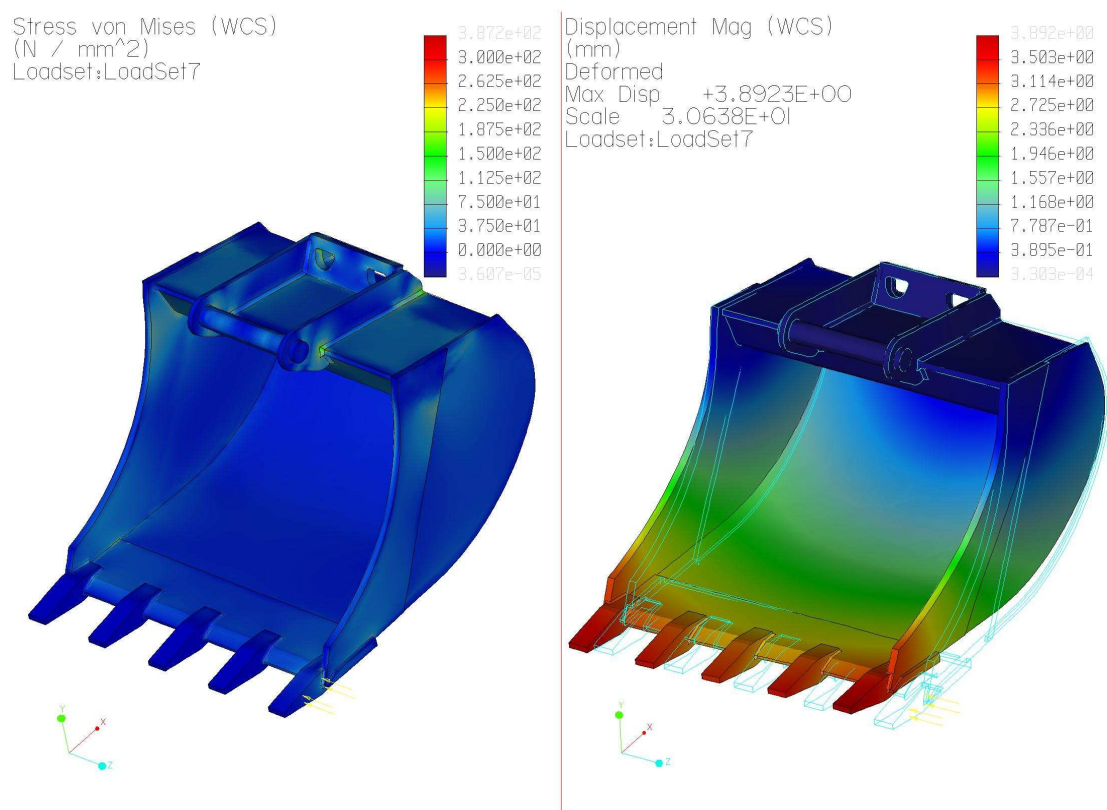
Obr. 6.1.18 Původní konstrukce – Zatěžovací stav č.4
redukované napětí [MPa], celkové posuvy [mm]



Obr. 6.1.19 Původní konstrukce – Zatěžovací stav č.5
redukované napětí [MPa], celkové posuvy [mm]



Obr. 6.1.20 Původní konstrukce – Zatěžovací stav č.6
redukované napětí [MPa], celkové posuvy [mm]



Obr. 6.1.21 Původní konstrukce – Zatěžovací stav č.7
redukované napětí [MPa], celkové posuvy [mm]

6.2 SVAHOVACÍ LŽÍCE

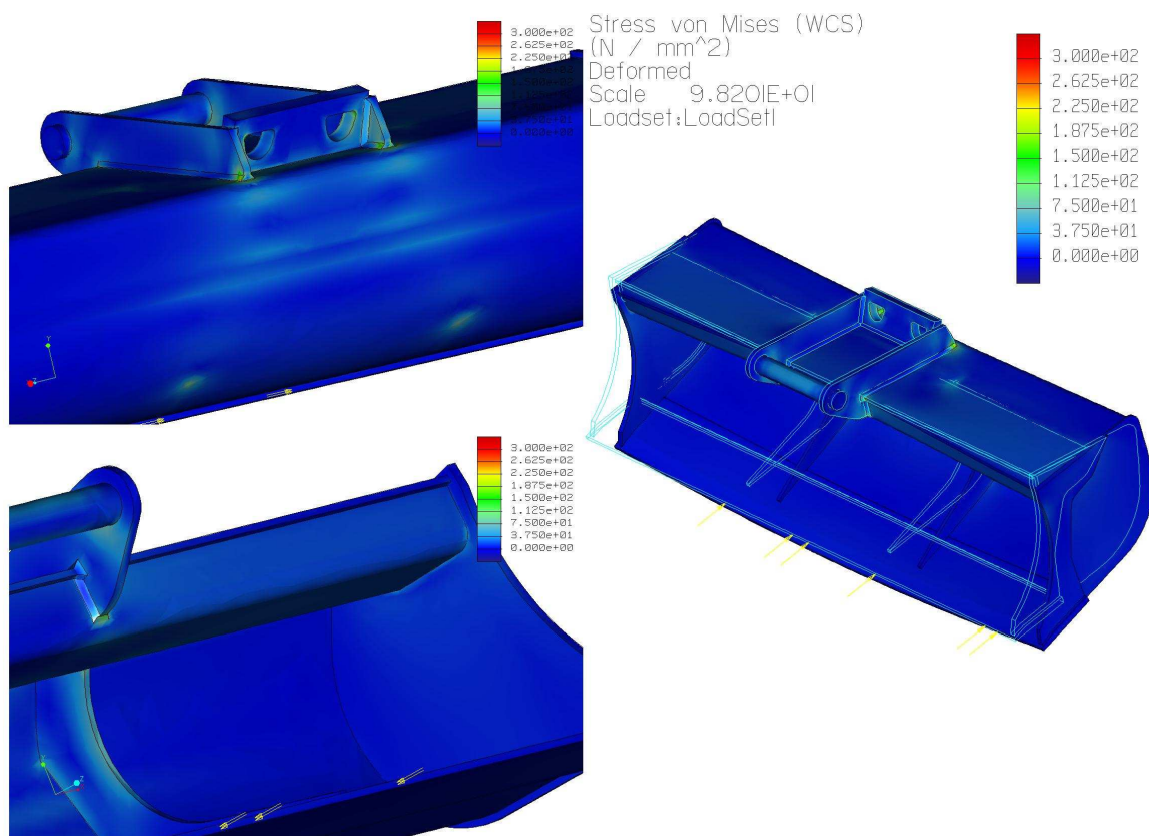
Tab. 6.2.1 Hodnoty z výpočtu užitím MKP

Svahovací lžice třídy 5

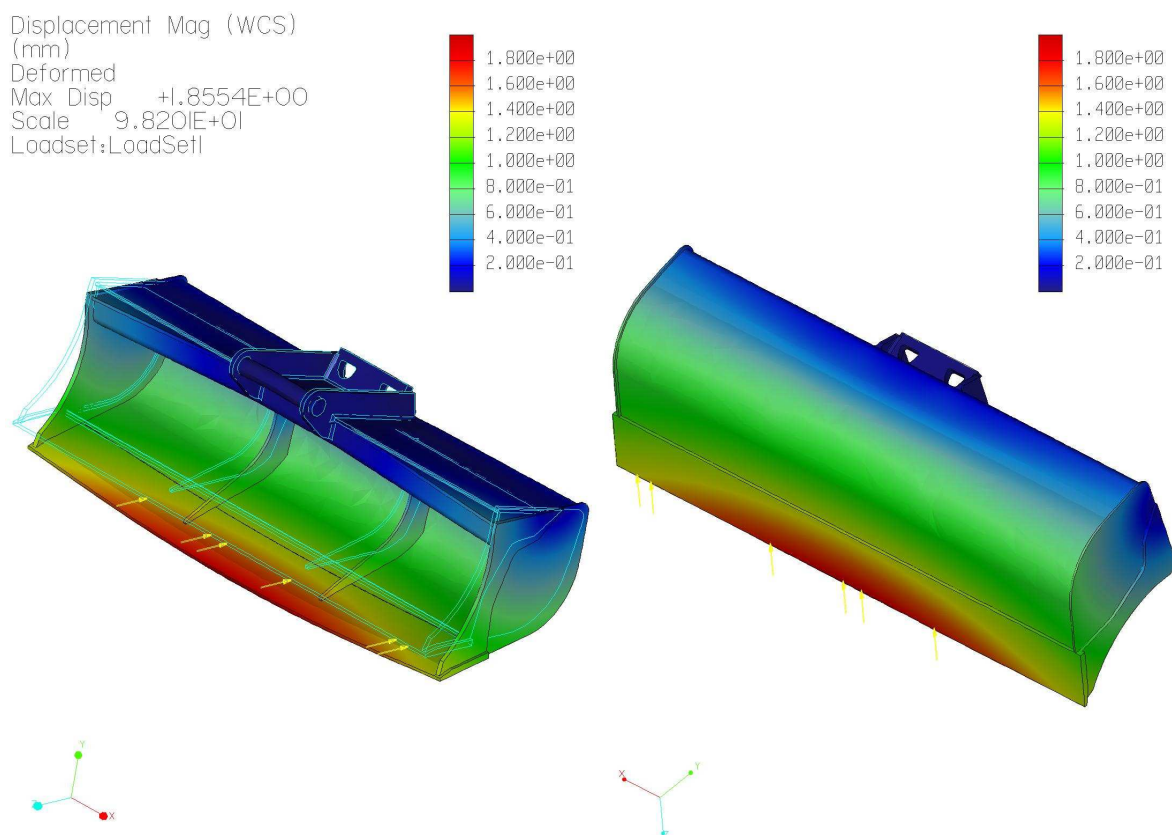
Rypná síla: 42 600 N Vylamovací síla: 53 200 N

Zatěžovací stav:	Navržené řešení:				Původní řešení:			
	Redukované napětí HMH [Mpa]		Maximální posuvy [mm]		Redukované napětí HMH [Mpa]		Maximální posuvy [mm]	
1.	187,5	Obr. 6.2.1	1,85	<u>Obr. 6.2.2</u>	232,1	<u>Obr. 6.2.15</u>	1,68	<u>Obr. 6.2.15</u>
2.	437,4	<u>Obr. 6.2.3</u>	7,36	<u>Obr. 6.2.4</u>	519,1	<u>Obr. 6.2.16</u>	7,48	<u>Obr. 6.2.16</u>
3.	194,4	<u>Obr. 6.2.5</u>	1,59	<u>Obr. 6.2.6</u>	150,0	<u>Obr. 6.2.17</u>	1,49	<u>Obr. 6.2.17</u>
4.	406,9	<u>Obr. 6.2.7</u>	1,12	<u>Obr. 6.2.8</u>	544,1	<u>Obr. 6.2.18</u>	1,12	<u>Obr. 6.2.18</u>
5.	216,0	<u>Obr. 6.2.9</u>	3,26	<u>Obr. 6.2.10</u>	287,1	<u>Obr. 6.2.19</u>	3,72	<u>Obr. 6.2.19</u>
6.	351,9	<u>Obr. 6.2.11</u>	7,32	<u>Obr. 6.2.12</u>	362,7	<u>Obr. 6.2.20</u>	9,53	<u>Obr. 6.2.20</u>
7.	175,0	<u>Obr. 6.2.13</u>	0,87	<u>Obr. 6.2.14</u>	150,9	<u>Obr. 6.2.21</u>	0,65	<u>Obr. 6.2.21</u>

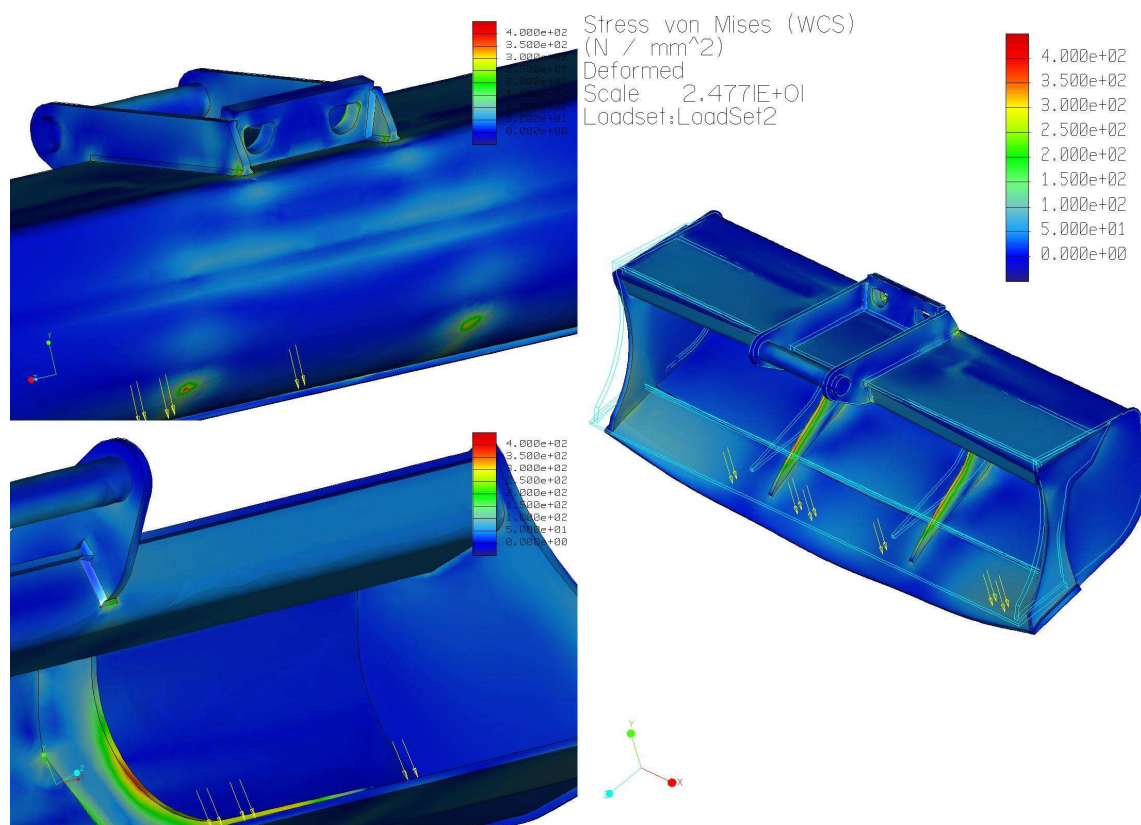
Úpravou tvaru lžice bylo dosaženo v uvažovaných stavech snížení redukovaného napětí i snížení maximálních posuvů oproti řešení původnímu.



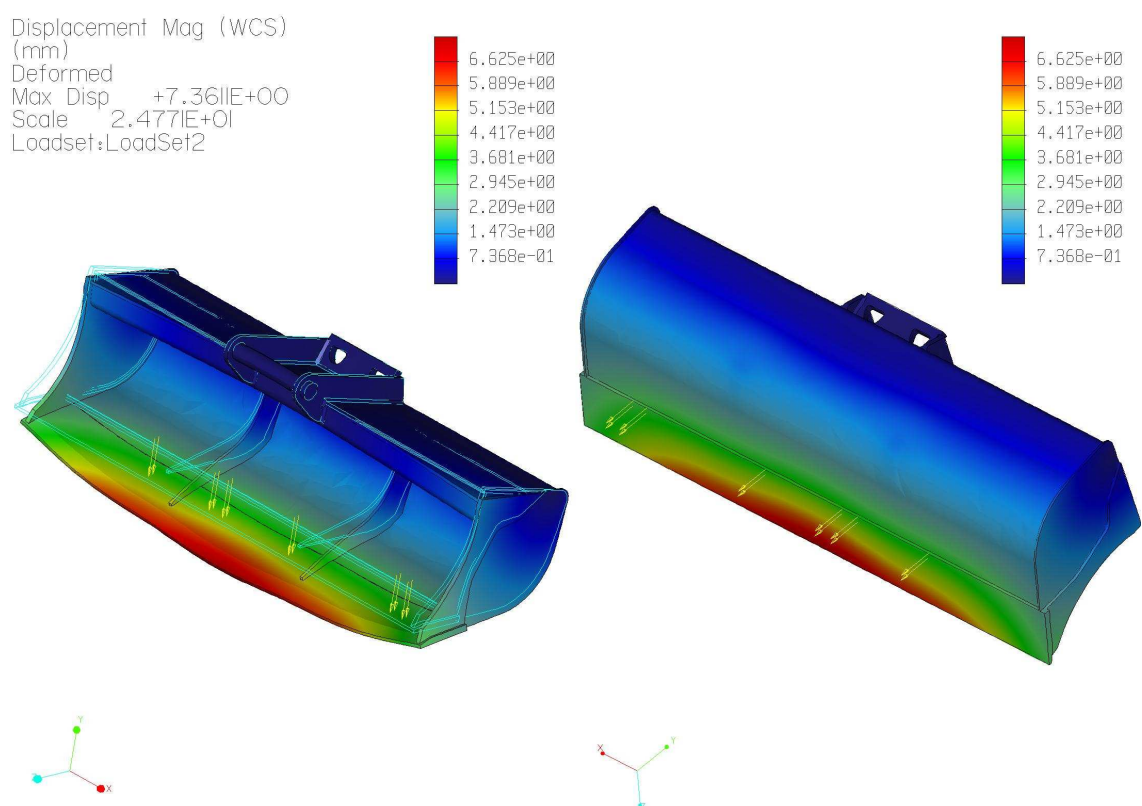
Obr. 6.2.1 Zatěžovací stav č.1 – redukované napětí [Mpa]



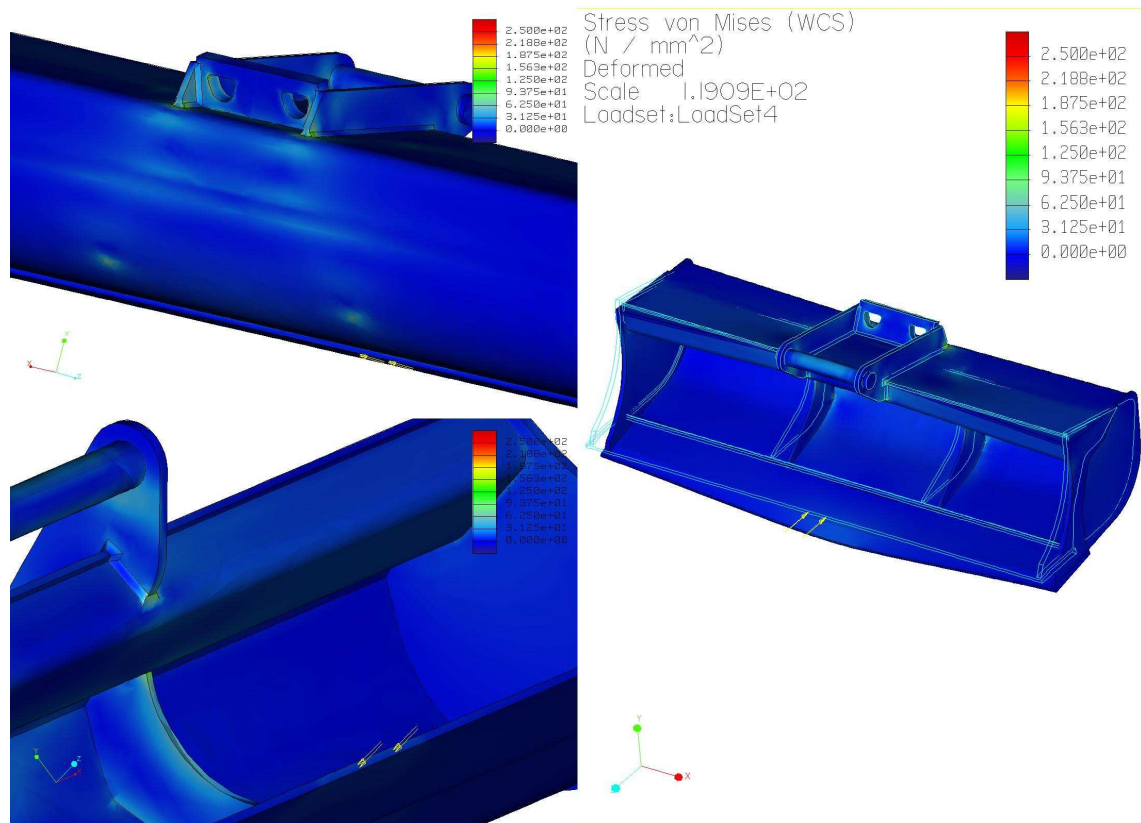
Obr. 6.2.2 Zatěžovací stav č.1 – celkové posuvy[mm]



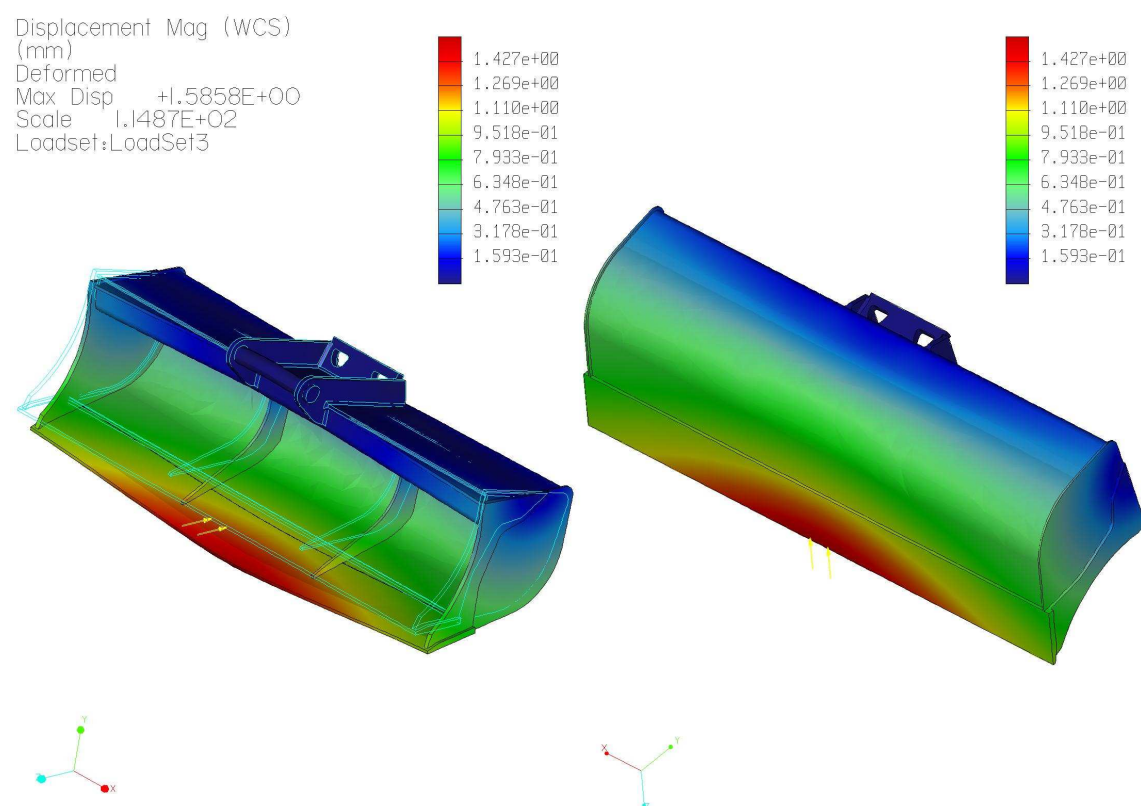
Obr. 6.2.3 Zatěžovací stav č.2 – redukované napětí [Mpa]



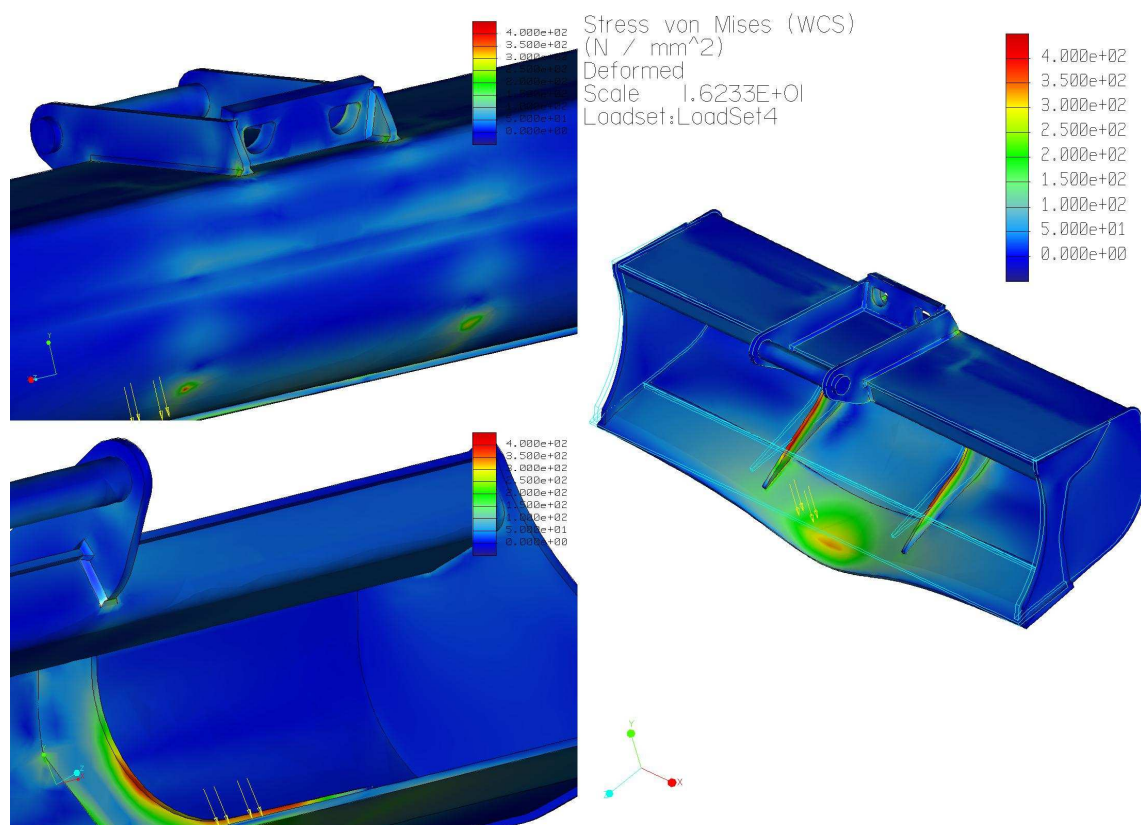
Obr. 6.2.4 Zatěžovací stav č.2 – celkové posuvy[mm]



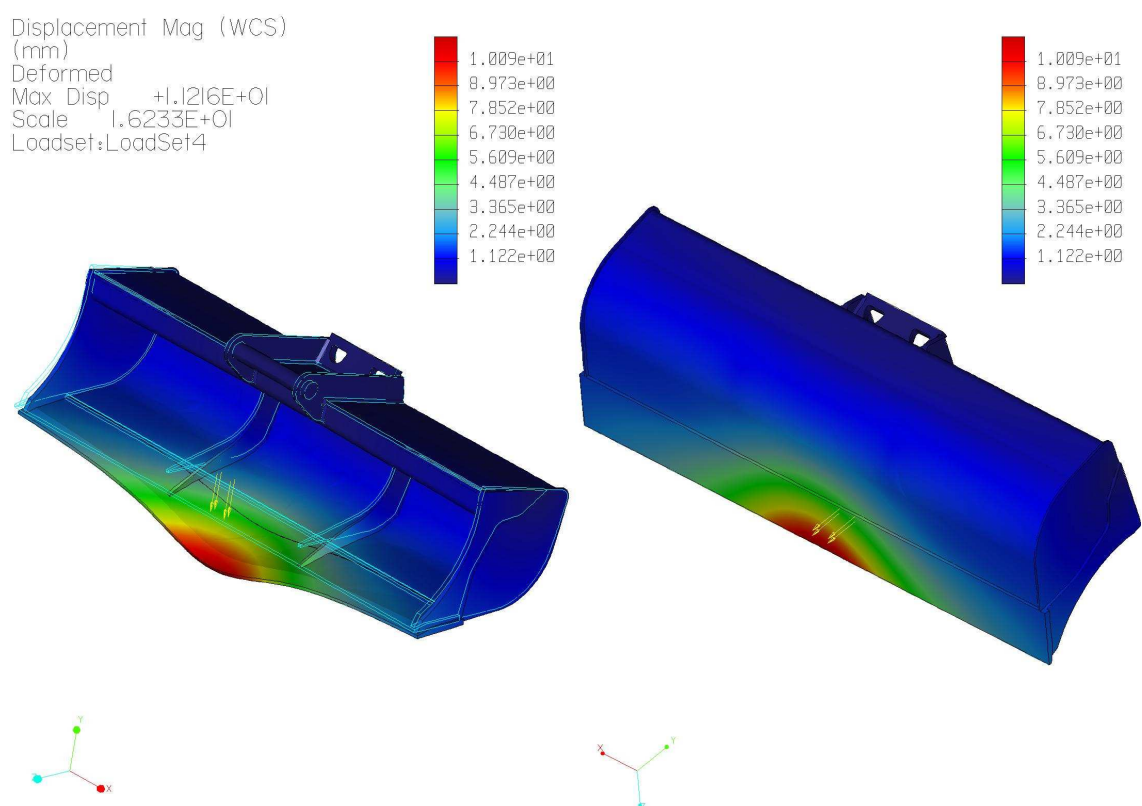
Obr. 6.2.5 Zatěžovací stav č.3 – redukované napětí [Mpa]



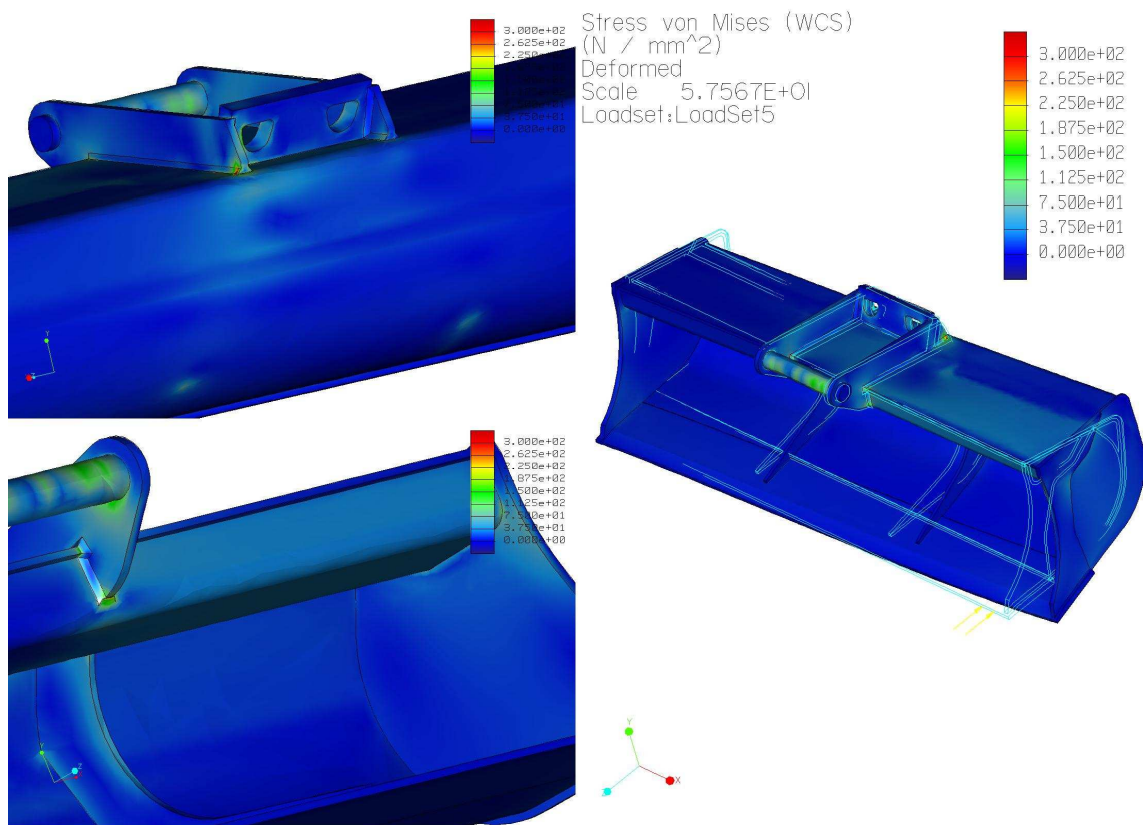
Obr. 6.2.6 Zatěžovací stav č.3 – celkové posuvy[mm]



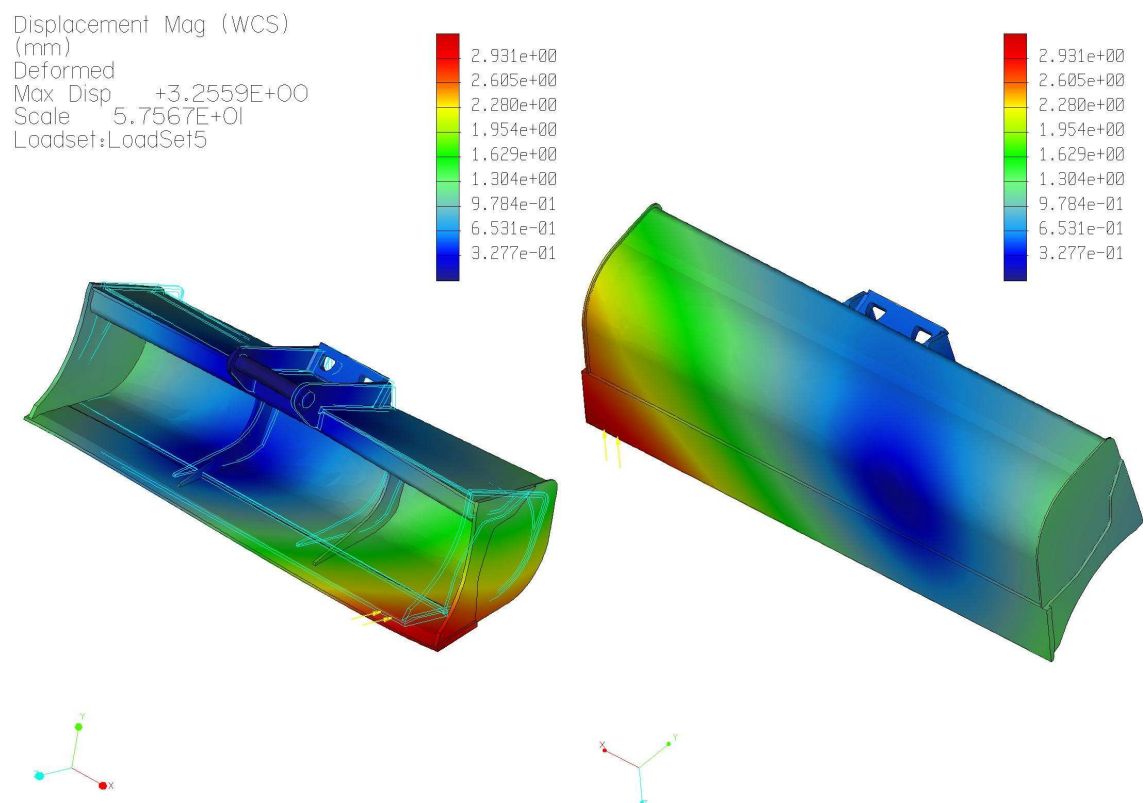
Obr. 6.2.7 Zatěžovací stav č.4 – redukované napětí [Mpa]



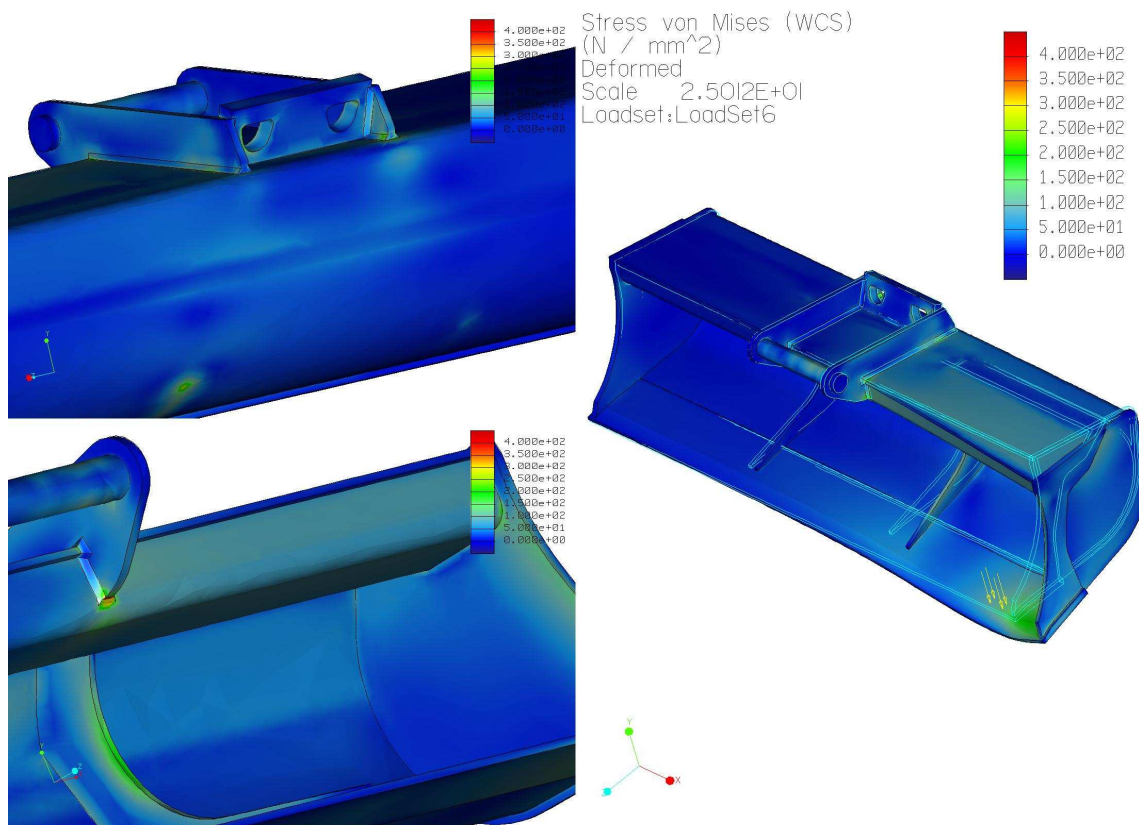
Obr. 6.2.8 Zatěžovací stav č.4 – celkové posuvy[mm]



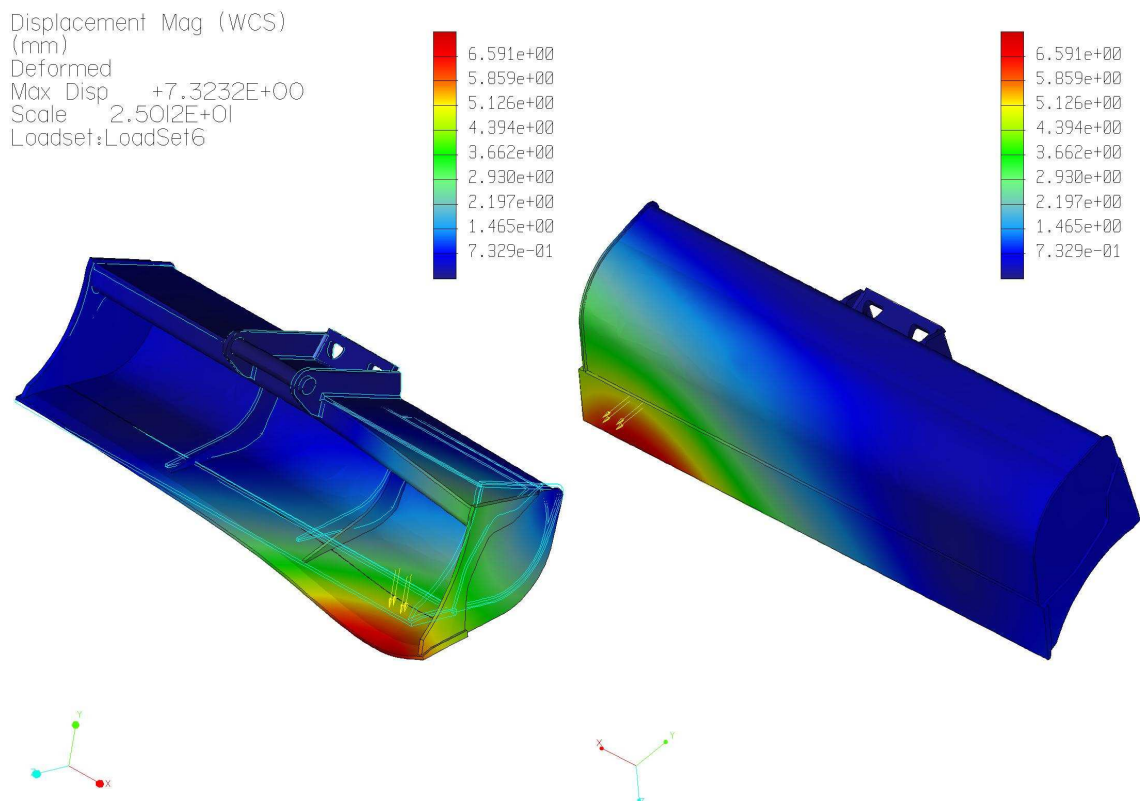
Obr. 6.2.9 Zatěžovací stav č.5 – redukované napětí [Mpa]



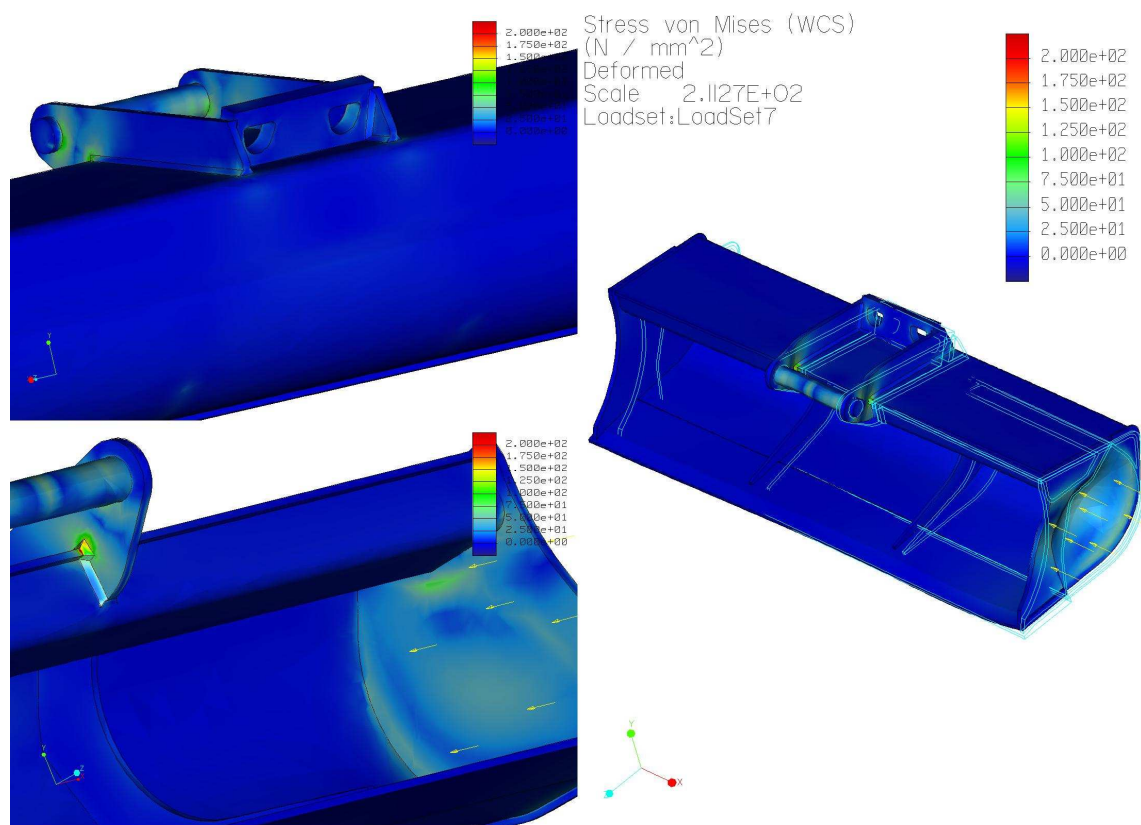
Obr. 6.2.10 Zatěžovací stav č.5 – celkové posuvy[mm]



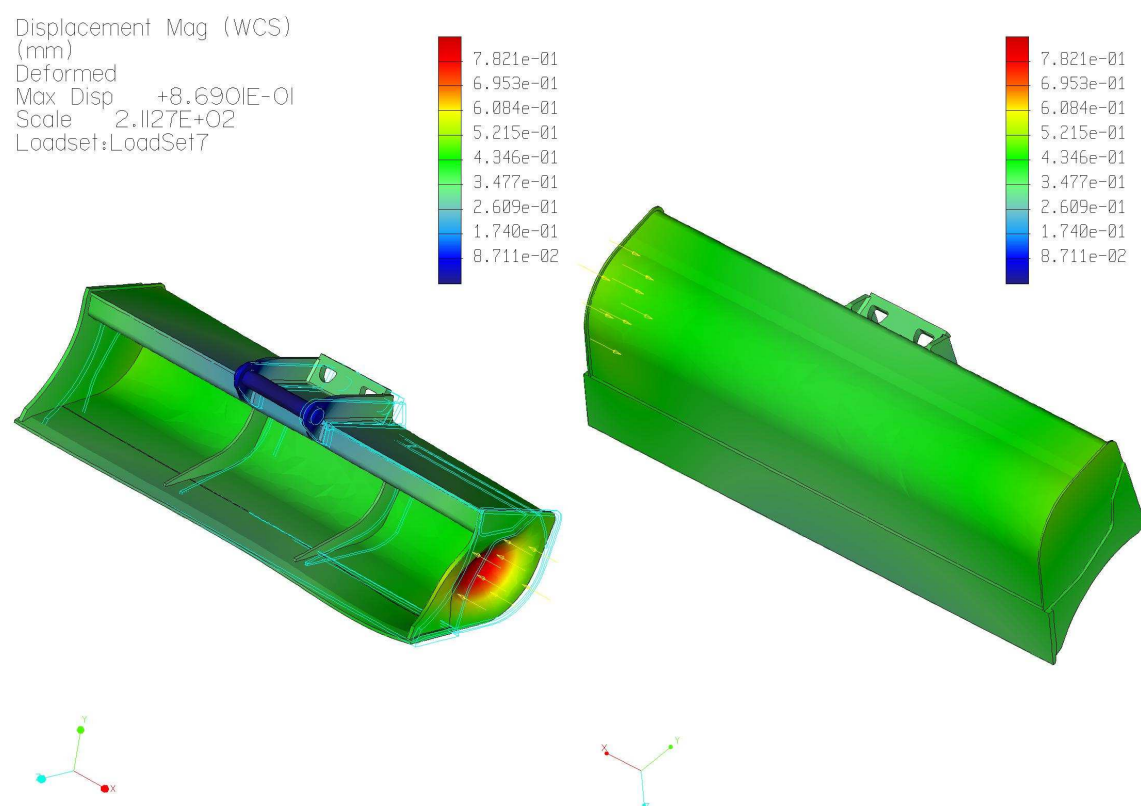
Obr. 6.2.11 Zatěžovací stav č.6 – redukované napětí [Mpa]



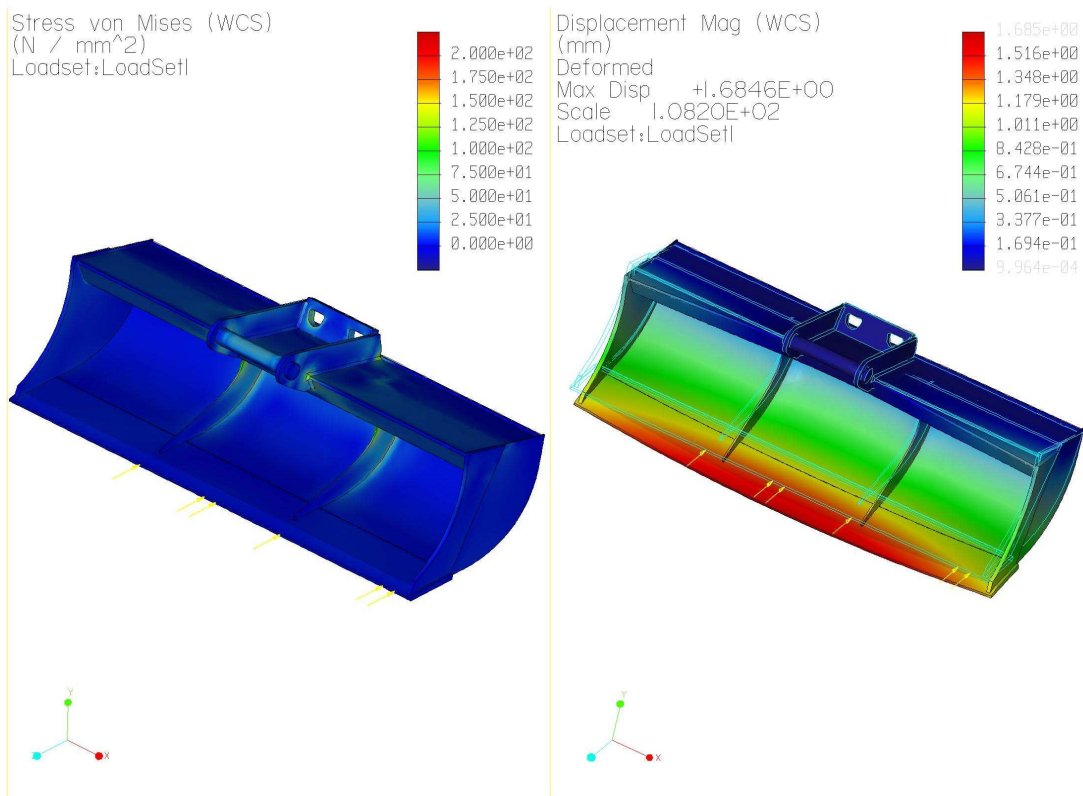
Obr. 6.2.12 Zatěžovací stav č.6 – celkové posuvy[mm]



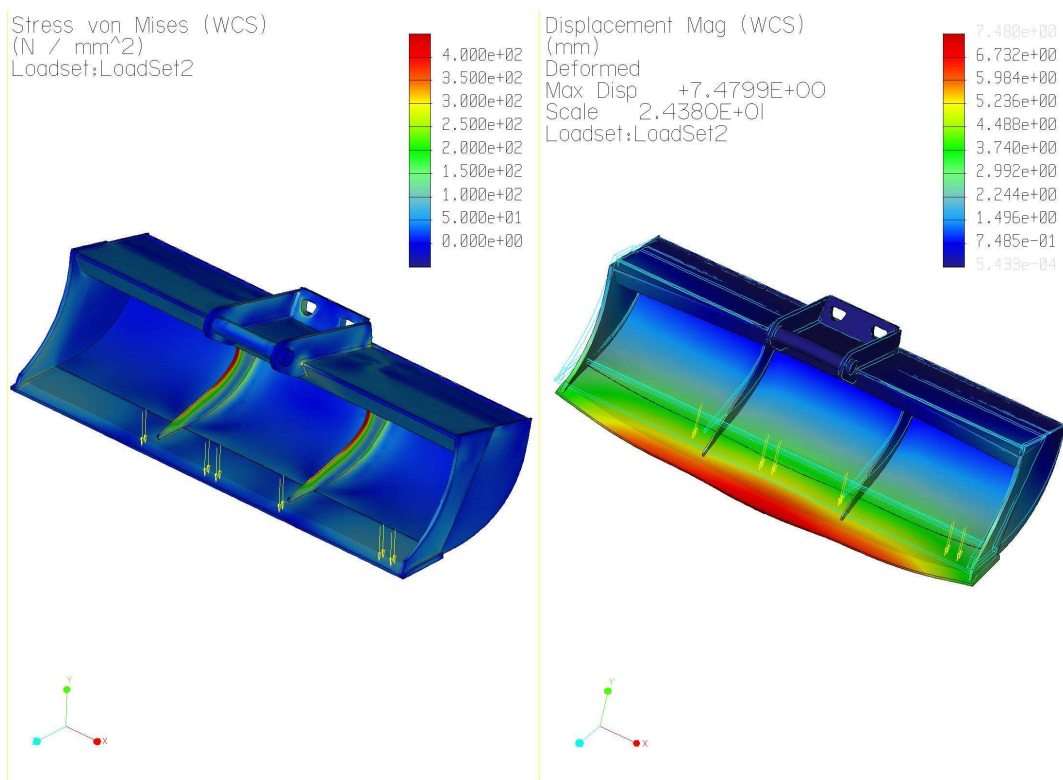
Obr. 6.2.13 Zatěžovací stav č.7 – redukované napětí [Mpa]



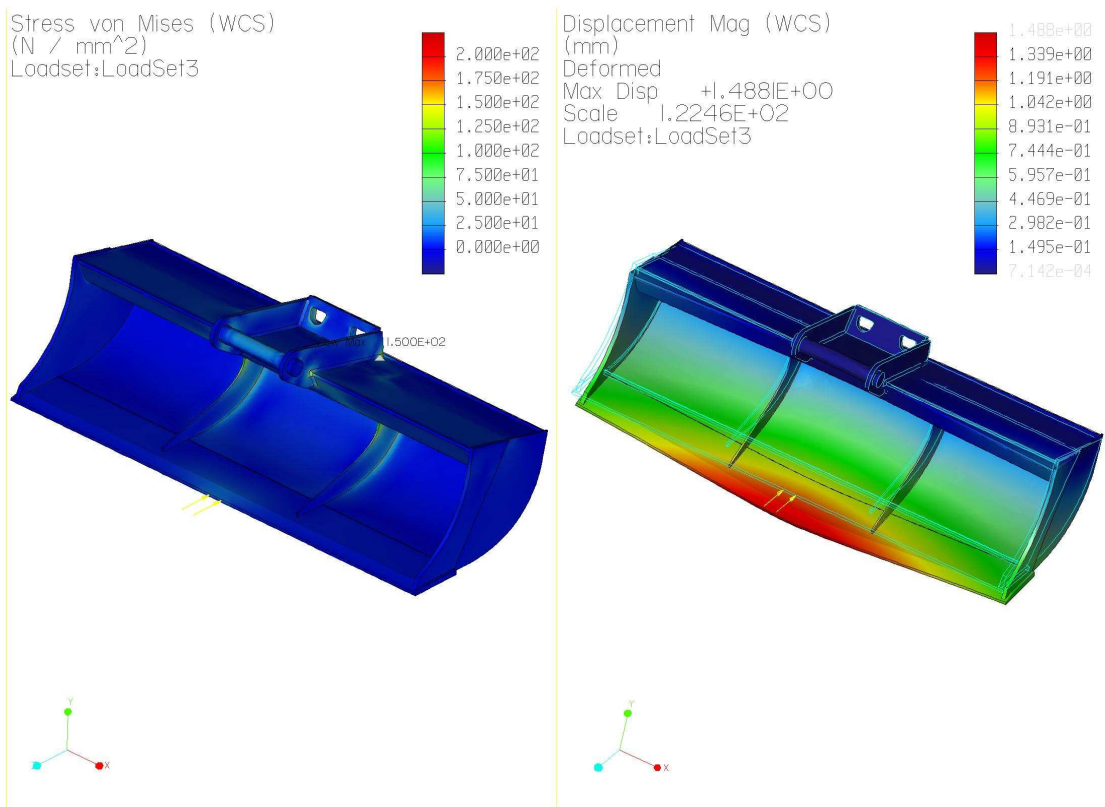
Obr. 6.2.14 Zatěžovací stav č.7 – celkové posuvy[mm]



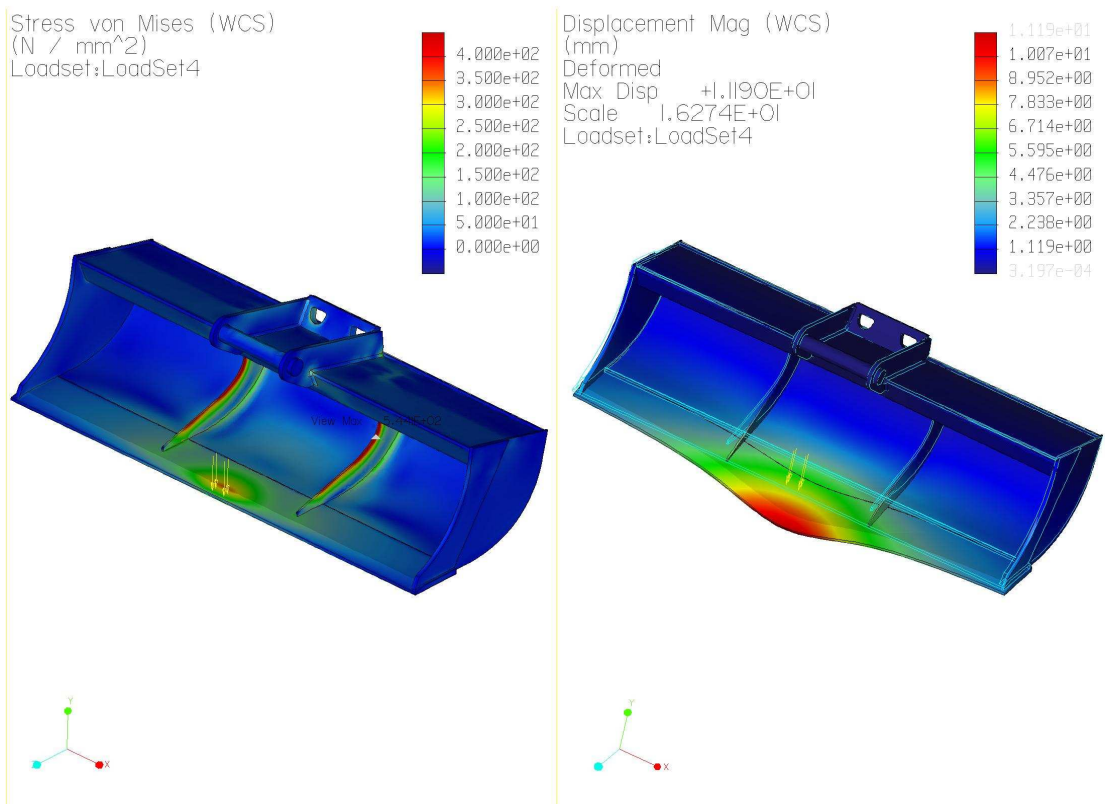
Obr. 6.2.15 Původní konstrukce – Zatěžovací stav č.1
redukováné napětí [MPa], celkové posuvy [mm]



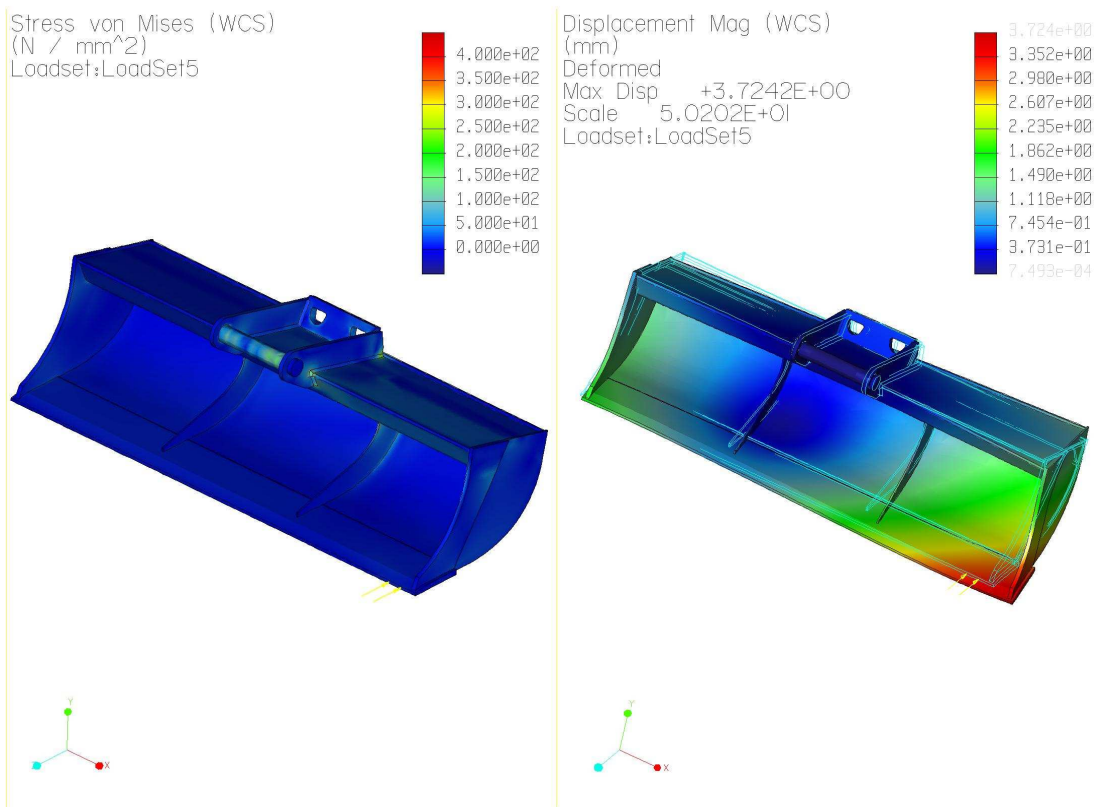
Obr. 6.2.16 Původní konstrukce – Zatěžovací stav č.2
redukováné napětí [MPa], celkové posuvy [mm]



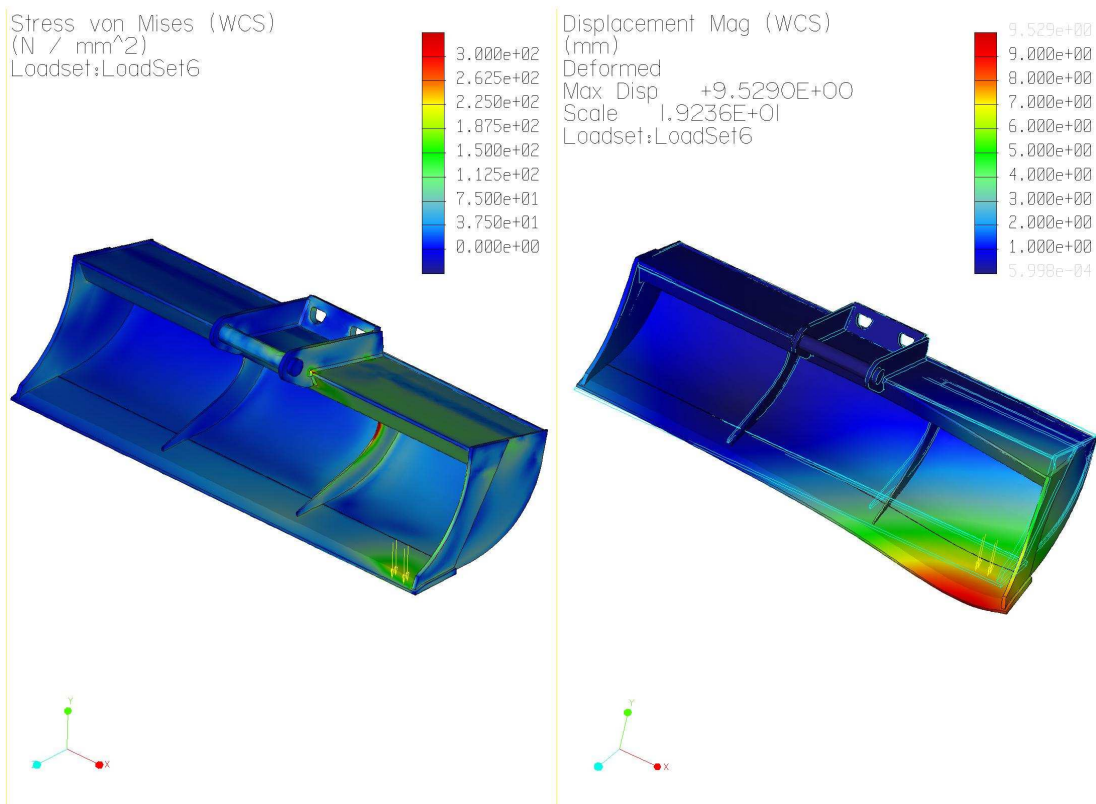
Obr. 6.2.17 Původní konstrukce – Zatěžovací stav č.3
redukované napětí [MPa], celkové posuvy [mm]



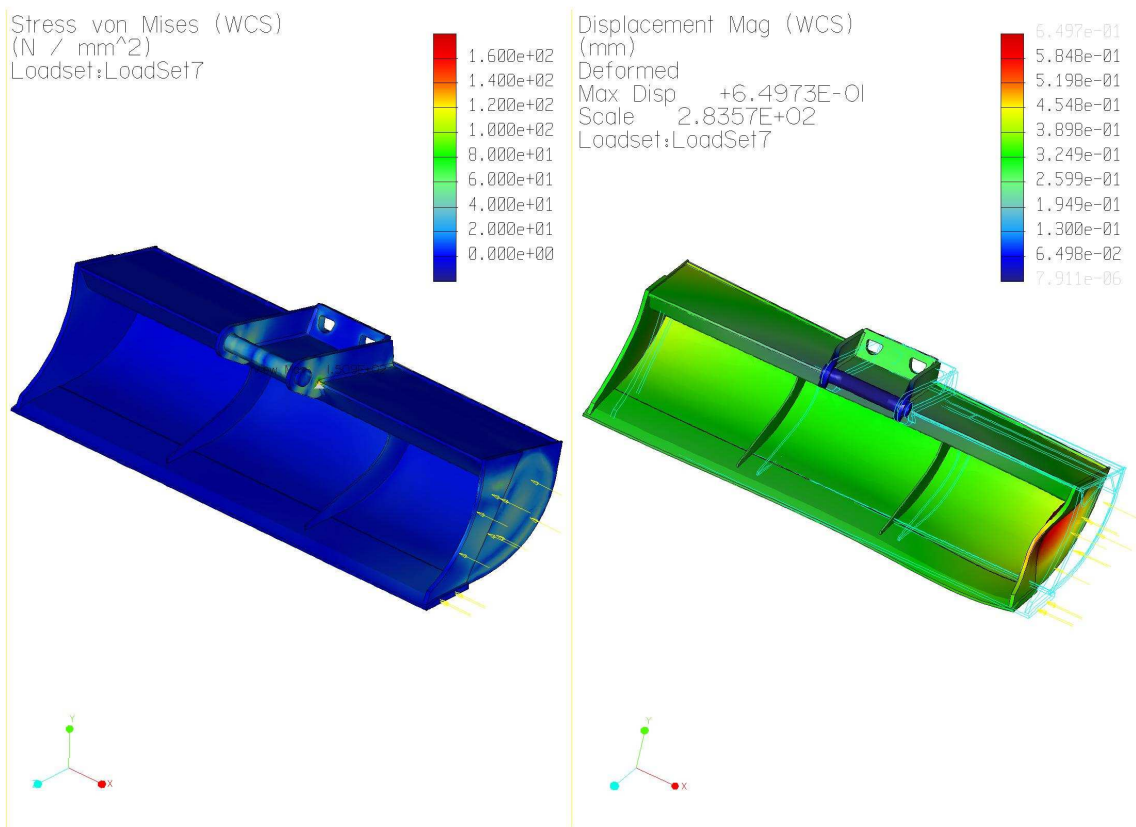
Obr. 6.2.18 Původní konstrukce – Zatěžovací stav č.4
redukované napětí [MPa], celkové posuvy [mm]



Obr. 6.2.19 Původní konstrukce – Zatěžovací stav č.5
redukované napětí [MPa], celkové posuvy [mm]



Obr. 6.2.20 Původní konstrukce – Zatěžovací stav č.6
redukované napětí [MPa], celkové posuvy [mm]



Obr. 6.2.21 Původní konstrukce – Zatěžovací stav č.7
redukované napětí [MPa], celkové posuvy [mm]

7 TŘÍDIMENZIONÁLNÍ MODELÁŘ SOLIDWORKS

Systém SolidWorks, který je v práci používán, je plně parametrický 3D modelář. V současnosti je hojně používán ve firmách, zabývajících se strojírenskou výrobou. Rozhodnutí strojírenských podniků pro tento systém je především pro jeho příjemné pracovní prostředí, relativně jednoduché ovládání a kompletní popisy v českém jazyce. Podstatnou věcí při volbě je i nižší pořizovací cena oproti konkurenčním modelářům jako je Pro ENGINEER, či CATIA a dalších.

V systému SolidWorks, který představuje současný standard strojírenského 3D modelování, můžeme provést návrh výrobku mnohem rychleji a přesněji. SolidWorks nabízí vhodné nástroje pro řešení strojírenských návrhů. Jedná se o lepší představivost konstruktérů o vytvářené součásti, či celé sestavy. Díky integrovaným funkcím lze snadno kontrolovat rozměry součástí a upravovat je pro zástavbu do celku.

Přechod pro uživatele z jiného 3D modeláře je snadný a zaučení lze provést v několika lekcích, protože veškeré příkazy i příložené návody jsou v českém jazyce. Díky grafickým ikonám a použití přehledného zobrazení jednotlivých příkazů je systém intuitivní.

Systém SolidWorks je používán zadavatelem, a proto byly v tomto systému vytvořeny modely po vyhodnocení výpočtů.

Práce v tomto systému byla uživatelsky příjemná a v mnoha případech velice intuitivní. Většina uživatelů znajících jiné 3D modeláře si zvykne během několika dnů, ale jako u každého systému bude poznávat stále nové a nové souvislosti. Tím se stává práce rychlejší a efektivnější.

8 ZÁVĚR

Práce se zabývala unifikací podkopových a svahovacích lžic pro zemní stroje. Pro splnění zadání byly vytvořeny modely jednotlivých tříd lžic pro výpočet, zvoleny vhodné okrajové podmínky, které nejvíce odpovídají skutečnosti, a zatěžovací stavy, které mohou během provozu nastat.

V úvodu práce je charakterizován současný výrobní stav firmy Triga MF s r.o., používaná konstrukce, hlavní odlišnosti jednotlivých tříd a použité technologie výroby.

V další části je řešena pevnostní kontrola celé lžice. Jsou zde uvedeny postupy volby zatížení (zatěžovací síly a zatěžovací stavy), které co nejvíce odpovídají skutečnosti. Volba zatěžovacích sil a stavů byla komplikována složitou kinematikou ramene rypadla, kdy nelze přesně stanovit skutečné zatížení. Při zatížení bylo uvažováno s teoretickou maximální silou rypadla. Tento stav ale nastane jen zřídka, a proto jsou uvedené výsledky spíše mezní a ukazují slabá místa celé lžice, které by se měly při dalších úpravách brát v úvahu. Uváděné hodnoty jsou částečně ještě zkresleny použitými okrajovými podmínkami. Pro další zpřesnění napětí v jednotlivých částech lžice by se musel sestavit model, který by zohledňoval pouze tlakové napětí v místě dotyku upínače s adaptérem rypadla. Použitím kontaktních prvků výpočtu by vedlo u řešení k značnému prodloužení výpočtových časů a vzhledem k omezení výpočtových kapacit nebylo použito.

Z výpočtů MKP je patrné, že nejvyšší napětí vzniká v břitu a bočních břitech, které jsou vyráběny z materiálu HARDOX 400. Maximální vzniklé redukované napětí dosahuje přibližně 50% meze pevnosti použitého materiálu. Přitom je nižší než u původního řešení. V ostatních dílech z oceli 11 523 bylo dosaženo maximální vzniklé redukované napětí menší než poloviny meze pevnosti. Míra bezpečnosti u použitých materiálů tedy dosahuje minimální hodnoty 2, což je pro toto použití optimální.

Díky této práci jsem si prohloubil využití programového vybavení pro pevnostní výpočty součástí a byl seznámen s novým parametrickým modelářem SolidWorks.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Dokumentace firmy Triga – MF spol. s r.o.
- [2] ČSN 27 8036 - Nakládací lopaty - jmenovitý objem
- [3] ČSN 27 7536 - Rýpací lopaty - jmenovitý objem

POUŽITÉ INTERNETOVÉ STRÁNKY

- | | |
|--|------------------------------------|
| www.liebherr.com | - rypadla Liebherr |
| www.komatsueurope.com | - rypadla Komatsu |
| www.volvo.com | - rypadla Volvo |
| www.agrotec.cz | - rypadla New Holland |
| www.terex.com | - rypadla Terex |
| www.terramet.cz | - rypadla JCB |
| www.p-z.cz | - rypadla CAT |
| www.lehnhoff.at | - rychloupínače Lehnhoff |
| www.esti.it | - břity a zuby (adaptéry, korunky) |
| www.hardox.cz | - materiálové vlastnosti |

POUŽITÝ SOFTWARE

Pro MECHANICA Wildfire 2, Parametric Technology Corporation

Pro ENGINEER Wildfire2, Parametric Technology Corporation

SolidWorks 2005 SPO

PŘÍLOHY

- [1] - Tabulka vybraných hodnot z katalogů rypadel
- [2] - Specifikace materiálů HARDOX
- [3] - Nákresey svařenců lžíce (podkopová, svahovací)
KSD-DP-514-01, KSD-DP-514-02

PROHLÁŠENÍ

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL, v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum: 26.května 2006

Podpis:

DECLARATION

I have been notified of the fact that Copyright Act No. 121/2000 Coll. applies to my thesis in full, in particular Section 60, School Work.

I am fully aware that the Technical University of Liberec is not interfering in my copyright by using my thesis for the internal purposes of TUL.

If I use my thesis or grant a licence for its use, I am aware of the fact that I must inform TUL of this fact, in this case TUL has the right to seek that I pay the expenses invested in the creation of my thesis to the full amount.

I compiled the thesis on my own with the use of the acknowledged sources and on the basis of consultation with the head of the thesis and a consultant.

Date: 26.května 2006

Signature: