

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH  
STROJNÍCKA FAKULTA

# DIPLOMOVÁ PRÁCA

2002

PETER BOCKO

### ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Svojím podpisom potvrdzujem, že som si osvojil predpisy pre vypracovanie diplomovej práce a že som celú diplomovú prácu, vrátane všetkých príloh vypracoval samostatne.

V Košiciach  
15.5.2002

Podpis

## OBSAH

1.	ÚVOD .....	1
2.	TECHNICKÝ POPIS ZARIADENIA .....	3
3.	MIEŠACÍ BUBON .....	4
3.1	PLÁŠT MIEŠACIEHO BUBNA .....	4
3.2	TVAR SKRUTKOVICE .....	8
3.3	DELENIE SKRUTKOVICE.....	15
3.4	ROZMERY LOPATIEK SKRUTKOVICE.....	18
3.5	TECHNICKÁ DOKUMENTÁCIA MIEŠACIEHO BUBNA .....	22
3.6	VÝPOČTOVÝ MODEL.....	24
3.7	PEVNOSTNÁ KONTROLA MIEŠACIEHO BUBNA.....	28
3.8	VÝROBA MIEŠACIEHO BUBNA.....	33
4.	PREVODOVKA .....	35
5.	POHON MIEŠACIEHO BUBNA.....	36
5.1	TYP POHONU.....	36
5.2	HYDROMOTOR .....	37
5.3	HYDROGENERÁTOR.....	40
5.4	HYDRAULICKÁ SCHÉMA.....	41
6.	PRIEČNIKY .....	44
6.1	TVAR A ROZMERY PRIEČNIKOV.....	44
6.2	ZAŤAŽENIE PÔSOBIACE NA PRIEČNIKY.....	45
6.3	VÝPOČTOVÝ MODEL.....	49
6.4	PEVNOSTNÁ KONTROLA PREDNÉHO PRIEČNIKA .....	54
6.5	PEVNOSTNÁ KONTROLA ZADNÉHO PRIEČNIKA.....	59
7.	PODVOZOK .....	64
7.1	ZÁKLADNÉ PARAMETRE PODVOZKU .....	64
7.2	VYTIPOVANIE VHODNÝCH PODVOZKOV.....	66
7.3	ULOŽENIE NADSTAVBY NA PODVOZKU .....	68
8.	POMOCNÝ RÁM NADSTAVBY .....	71
8.1	ROZMERY POMOCNÉHO RÁMU .....	71
8.2	VÝPOČTOVÝ MODEL.....	72
8.3	PEVNOSTNÁ KONTROLA POMOCNÉHO RÁMU .....	75
9.	MODEL ZOSTAVY .....	80
10.	KOMPLETIZÁCIA NADSTAVBY AM-190 .....	82
11.	ZÁVER.....	83
12.	ANNOTATION .....	84
13.	PRÍLOHY .....	85
14.	POUŽITÁ LITERATÚRA .....	86

## POUŽITÉ OZNAČENIA

OZN.	POPIS	JEDNOTKY
$d_{1i}$	- vnútorný priemer i-teho kužela (malý)	[mm]
$d_{2i}$	- vnútorný priemer i-teho kužela (veľký)	[mm]
$d'$	- vnútorný priemer vstupných lopatiek	[mm]
$g$	- gravitačné zrýchlenie	[m.s <sup>-2</sup> ]
$i$	- prevod medzi spalovacím motorom a hydrogenerátorom	[·]
$i_{PM}$	- prevodové číslo planetovej prevodovky	[·]
$k_D$	bezpečnosť voči dynamickému namáhaniu	[·]
$k_{DOV}$	dovolená bezpečnosť voči dynamickému namáhaniu	[·]
$l'$	- vzdialenosť segmentu skrutkovice po 180 [°] od počiatku skrutkovice (0 [°]) v smere osi skrutkovice	[mm]
$l''$	- vzdialenosť medzi odvalovacím kruhom a výsypom	[mm]
$l'''$	- maximálna šírka zakružovaného plechu	[mm]
$l_i$	- dĺžka segmentu i-teho kužela	[mm]
$l_i'$	- priemet začiatočného bodu i-teho kužela na os bubna	[mm]
$m_B$	- priemet koncového bodu i-teho kužela na os bubna	[mm]
$m_N$	- hmotnosť bubna	[kg]
$n_B$	- hmotnosť nádrže a prevodovky	[kg]
$n_{HG}$	- otáčky hydrogenerátora	[ot.min <sup>-1</sup> ]
$n_{HM}$	- otáčky hydromotora (vstupné otáčky prevodovky)	[ot.min <sup>-1</sup> ]
$p$	- tlak v hydraulickom obvode	[MPa]
$p_P$	- plniaci tlak	[MPa]
$p_S$	- stratový tlak	[MPa]
$\Delta p$	- skutočný tlak	[MPa]
$s_i$	- šírka plechu i-teho kužela	[mm]
$t$	- doba rozbehu bubna	[s]
$x_i$	vzdialenosť bodu skrutkovice určeného uhlom $\varphi_i$ od začiatočného bodu skrutkovice ( $\varphi=0$ ) v priemete na os bubna	[mm]
$x_i'$	vzdialenosť bodu skrutkovice určeného uhlom $\varphi_i$ od začiatočného bodu prislúchajúceho kužela v priemete na os bubna	[mm]
$x_i''$	vzdialenosť bodu skrutkovice určeného uhlom $\varphi_i$ od okraja rovinutého plechu prislúchajúceho kužela	[mm]
$D$	- bod dotyku dosky predného priečnika a prevodovky	[·]
$D_{max}$	- maximálny priemer bubna	[mm]
$D_i$	dolná vzdialenosť i-teho segmentu skrutkovice v príslušnom kvadrante od počiatku skrutkovice v smere osi skrutkovice	[mm]
$D_{1i}$	- vonkajší priemer i-teho kužela (malý)	[mm]
$D_{2i}$	- vonkajší priemer i-teho kužela (veľký)	[mm]
$G_B$	- tiaž bubna	[N]
$G$	- uvažovanie vlastnej tiaže vo výpočte	[·]

GAP	- Použitie prvkov typu GAP	[·]
$G_B$	- tiaž bubna	[N]
$G_{BX}$	- zložka tiaže bubna do osi x	[N]
$G_{BY}$	- zložka tiaže bubna do osi y	[N]
$G_N$	- tiaž nádrže a prevodovky	[N]
HG	- hydrogenerátor	[·]
HM	- hydromotor	[·]
	horná vzdialenosť i-teho segmentu skrutkovice	
$H_i$	- v príslušnom kvadrante od počiatku skrutkovice v smere osi skrutkovice	[mm]
J	- moment zotvračnosti bubna	[kg.m <sup>2</sup> ]
K	- bod dotyku kladky a odvalčovacieho kruhu	[·]
$K_x$	sila pôsobiaca v bode K v smere osi x	[N]
$K_y$	sila pôsobiaca v bode K v smere osi y	[N]
$K_i$	- i-ty kužel plášťa	[·]
$KV_i$	i-ty kvadrant skrutkovice	[·]
$L_1$	- dĺžka spojnice krajných bodov vonkajšieho oblúka lopatky	[mm]
$L_2$	- dĺžka spojnice krajných bodov vnútorného oblúka lopatky	[mm]
$M_K$	- krútiaci moment	[N.m]
P	- bod dotyku prevodovky a bubna	[·]
$P_x$	sila pôsobiaca v bode P v smere osi x	[N]
$P_y$	sila pôsobiaca v bode P v smere osi y	[N]
PP	predný priečnik	[·]
PZ	zadný priečnik	[·]
Q	prietok hydrogenerátora a hydromotora	[l.min <sup>-1</sup> ]
Re	medza kluzu	[MPa]
Rm	medza pevnosti	[MPa]
$R_1$	- polomer vonkajšieho oblúka lopatky	[mm]
$R_1'$	- polomer vonkajšieho oblúka lopatky (automatické uchopenie)	[mm]
$R_2$	- polomer vnútorného oblúka lopatky	[mm]
$R_2'$	- polomer vnútorného oblúka lopatky (automatické uchopenie)	[mm]
$S_i$	- šírka rozvinutého plechu i-teho kužela	[mm]
$T_B$	pôsobisko tāžiska bubna	[·]
$T_N$	pôsobisko tāžiska nádrže a prevodovky	[·]
$T'$	bod priemetu tāžiska na os bubna	[·]
V	- valec plášťa	[mm]
$V_8$	objem betónu v bubne 8 [m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
$V_9$	objem betónu v bubne 9 [m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
$V_g$	- geometrický objem	[cm <sup>3</sup> ]
$X_1$	- šírka lopatky na začiatku	[mm]
$X_2$	- šírka lopatky na konci	[mm]
$\alpha$	- uhol sklonu bubna	[°]
$\beta_i$	- uhol sklonu i-teho kužela	[°]
$\gamma$	- uhol medzi osou bubna a kladkami meraný v rovine kolmej na os	[°]

$\delta$	- výsledné uzlové posunutie	[mm]
$\varepsilon_B$	- uhlové zrýchlenie bubna	[s <sup>-2</sup> ]
$\eta_P$	- účinnosť planetovej prevodovky	[·]
$\eta_V$	- objemová účinnosť	[·]
$\varphi_i$	- uhol delenia skrutkovice v smere osi x	[°]
$\rho_{BET}$	- hustota betónu	[kg·m <sup>-3</sup> ]
$\sigma$	- napätie	[MPa]
$\omega_B$	- uhlová rýchlosť bubna	[s <sup>-1</sup> ]

## 1. ÚVOD

Začiatkom roku 2001 vznikla vo VSS a.s. Košice potreba doplniť výrobný program o automiešač s užitočným objemom bubna  $9 \text{ m}^3$ . (AM-190) Tento automiešač figuroval v ponuke VSS a.s. (pozri [www.vss.sk](http://www.vss.sk)) od doby keď prebehla montáž dvoch kusov dodaných z Ruska (KOMZ  $9 \text{ m}^3$ ). K dispozícii však nebola technická dokumentácia pre výrobu jednotlivých segmentov a nezachovala sa ani dokumentácia potrebná pre montáž bubna.

Pre modelovanie bol zvolený CAD systém Pro/ENGINEER 2000i, neskôr Pro/ENGINEER 2001 a CAE systémy Pro/MÉCHANICA 2001 a COSMOS/M.

### ZÁKLADNÉ TECHNICKÉ POŽIADAVKY - PREDBEŽNÉ :

Tabuľka 1.1.1.

TECHNICKÉ PARAMETRE AM-190			
Užitočný objem bubna	$9 \text{ [m}^3\text{]}$	Prevodovka	PM 60.1
Plniaci pomer	57,5 [%]	Vodné čerpadlo	Allweiller
Rozsah otáčok bubna	$0 + 14 \text{ [min}^{-1}\text{]}$	Výška nadstavby	2 690 [mm]
Celková hmotnosť	4 200 [kg]	Šírka nadstavby	2 340 [mm]
Objem vodnej nádrže	$750 \text{ [dm}^3\text{]}$	Dĺžka nadstavby	6 548 [mm]
Hydromotor	MF 23		

[www.vss.sk](http://www.vss.sk)

## Automiešače betónu

AM 160, AM 170, AM 180 a AM 190 s užitočným objemom miešacieho bubna  $6 \text{ m}^3$  až  $9 \text{ m}^3$  sa používajú na prepravu a výrobu betónu.



Technické parametre	AM 160	AM 170	AM 180	AM 190
Užitočný objem bubna	$6 \text{ m}^3$	$7 \text{ m}^3$	$8 \text{ m}^3$	$9 \text{ m}^3$
Plniaci pomer	59 %	59 %	57 %	57,5 %
Rozsah otáčok bubna	$0 + 14 \text{ min}^{-1}$	$0 + 15 \text{ min}^{-1}$	$0 + 14 \text{ min}^{-1}$	$0 + 14 \text{ min}^{-1}$
Celková hmotnosť nadstavby	3 350 kg	3 400 kg	3 500 kg	4 200 kg
Objem vodnej nádrže	$750 \text{ dm}^3$	$750 \text{ dm}^3$	$750 \text{ dm}^3$	$750 \text{ dm}^3$
Hydromotor	MF 22	MF 23	MF 23	MF 23
Prevodovka	PM 51.1	PM 51.1	PM 51.1	PM 60.1
Vodné čerpadlo	Allweiller	Allweiller	Allweiller	Allweiller
Výška nadstavby	$2\ 600 \text{ mm} \pm 20$	$2\ 640 \text{ mm} \pm 20$	2 680 mm	2 690 mm
Šírka nadstavby	max. 2 300 mm	max. 2 300 mm	2 300 mm	2 340 mm
Dĺžka nadstavby	5 970 mm $\pm 30$	6 700 mm $\pm 30$	6 700 mm	6 548 mm

**Konštrukcia nadstavby** automiešača umožňuje jej montáž a rôzne typy trojosových podvozkov so šírkou rámu 720 - 1 000 mm, pri maximálnom využití ich dovoleného zaťaženia. Uchytenie nadstavby na podvozok pomocou stŕmeňov. Po namontovaní na podvozok slúží na prepravu a distribúciu betónovej zmesi.

**Ovládanie** plynulého nastavenia otáčok a zmyslu otáčania miešacieho bubna je pomocou ohybných tăhadiel.

**Pohon bubna** je hydraulický pri použití špičkových hydraulických prvkov (vyrábaných v licencii SAUER), odvodený od pomocného pohunu podvozku.

**Miešaci bubon** je vyrobenej z oteruvzdorného materiálu so zaručením dlhodobej životnosti. Konštrukcia lopatek umožňuje rýchle naplnenie miešacieho bubna, dokonale zamiešanie a vyprázdenie betónovej zmesi.

**Násypné a vysypné zariadenie** umožňuje rýchle naplnenie a vyprázdenie bubna, ľahkú obsluhu a údržbu, ako aj udržiavanie zariadenia v čistote.

**Vodný systém** automiešača pozostáva z vodnej nádrže, pripojky, tlakového čerpadla a rozvodu, ktorý zabezpečuje prívod vody do bubna a na umývanie stroja. Na želanie je dodávaný dávkovač (prietokomer) vody.

Kvalitná povrchová úprava vo farebnom prevedení podľa želania zákaznika zabezpečuje dlhodobú ochranu stroja.

## 2. TECHNICKÝ POPIS ZARIADENIA

### POUŽITIE :

Automiešač AM-190 slúži k preprave betónovej zmesi z miesta výroby na miesto spracovania. Betónová zmes je počas prepravy neustále premiešavaná, takže je zachovaná jej homogenita a kvalita.

### POPIS :

AM-190 pozostáva z univerzálneho automobilového podvozku a nadstavby. Nadstavba je samostatný montážny celok s pomocným rámom, ktorý sa pomocou skrutkových spojov upevní na nosný rám podvozku. Miešaci bubon s menovitým objemom  $9 \text{ m}^3$  je vpredu uložený na prednom priečniku pomocou planetovej prevodovky a vzdálu na zadnom priečniku pomocou odvalovacích kladiek. Pohon miešacieho bubna je odvodený z pomocného pohonu podvozku cez hydraulický systém. Na nadstavbe je taktiež umiestnený vodný systém s odstredivým čerpadlom a vodnou nádržou s objemom  $750 \text{ dm}^3$ , plniace a vyprázdnovacie zariadenie, ovládanie pohonu bubna, elektroinštalácia nadstavby, blatníky, odklápací nárazník, pracovná plošina a rebrík.

### HLAVNÉ SKUPINY NADSTAVBY :

Pomocný rám nadstavby pozostáva z dvoch pozdižníkov, na ktorých je pomocou strmeňov uchytený predný a zadný priečnik. Miešaci bubon s menovitým objemom  $9 \text{ m}^3$  je vyrobený z plechu hrúbky 4 mm. Lopatky uložené v bubne do dvojchodej skrutkovice umožňujú rýchle naplnenie a vyprázdenie bubna. Pohon bubna je hydrostatický. Regulačný hydrogenerátor poháňa hydromotor, ktorý cez planétovú prevodovku otáča bubnom. Ovládanie pohonu bubna je riešené ľahotlačným bowdenom umiestneným v ľavej zadnej časti automiešača ovládajúcim regulačný hydrogenerátor. Vodný systém je tvorený valcovou nádržou na vodu s objemom  $750 \text{ dm}^3$ , odstredivým čerpadlom, potrubím, hadicami a uzatváracími ventilmi. Plniace zariadenie miešacieho bubna tvorí násypka umiestnená nad ústím bubna. Výsypné zariadenie pozostáva z výsypky, širokého otočného výsypného žľabu a dvoch predĺžovacích žľabov. Otočný žlab je umiestnený dostatočne vysoko, čo umožňuje dobré plnenie a má priaznivý sklon pre vyprázdnovanie betónovej zmesi z miešacieho bubna.

### PRACOVNÉ A TECHNOLOGICKÉ ÚDAJE :

- rozsah regulácie otáčok miešacieho bubna	0 - 14 [ $\text{min}^{-1}$ ]
- čas na naplnenie 1 [ $\text{m}^3$ ] betónovej zmesi	5 - 10 [s]
- čas pre vyprázdenie [ $1 \text{ m}^3$ ] betónovej zmesi	
pri sadnutí kužeľa 10 [mm] a viac	30 - 50 [s]
- sadnutie kužeľa betónovej zmesi	
vhodnej na prepravu	10 a viac [mm]

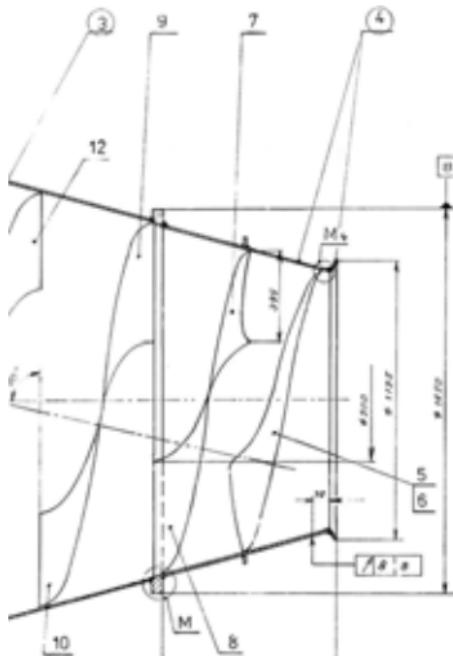
### 3. MIEŠACÍ BUBON

#### 3.1 PLÁŠŤ MIEŠACIEHO BUBNA

Pri návrhu základných rozmerov miešacieho bubna treba uvažovať s nasledovnými obmedzeniami :

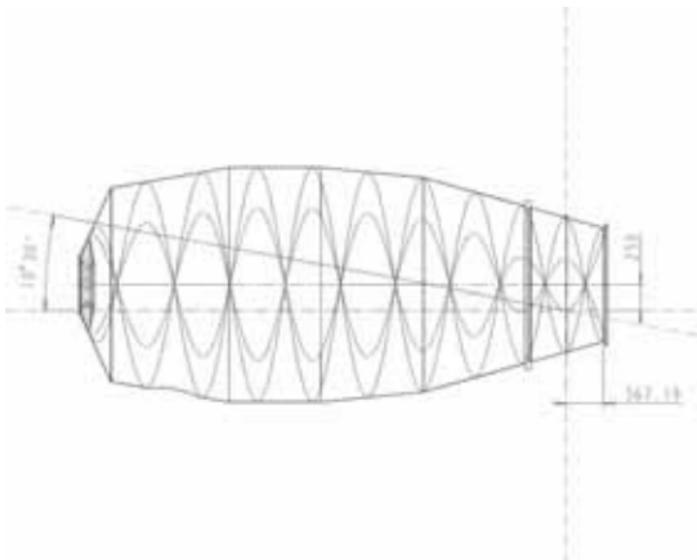
a.) technické obmedzenia

- veľkosť vstupných lopatiek  $\Rightarrow$  maximálna výška hladiny betónu predbežne určené z výkresovej dokumentácie AM-180 (obr. 3.1.1.)  
 $l' = 367,19 \text{ [mm]}$   
 $d' = 500 \text{ [mm]}$
- vzdialenosť medzi odvalovacím kruhom a výsypom  $\Rightarrow$  maximálna dĺžka prvého segmentu kužeľa predbežne určené z výkresovej dokumentácie AM-180 (obr. 3.1.1.)  
 $l'' \approx 740 \text{ [mm]}$



obr. 3.1.1.

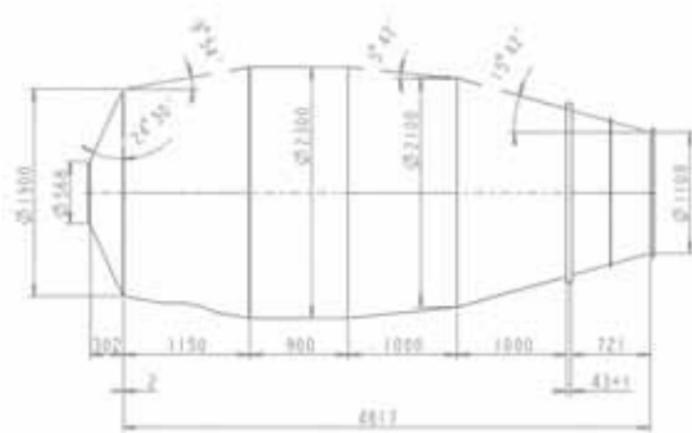
- uhol sklonu a tvar dna  
predbežne určené z výkresovej dokumentácie AM-180  
 $D_4=1900$  [mm]  
 $D_5=568$  [mm]  
 $\beta_5=24,46$  [ $^{\circ}$ ])
- uhol sklonu bubna  $\Rightarrow$  dodržanie maximálnej výšky nadstavby  
volím  $\alpha=10,5$  [ $^{\circ}$ ] (obr. 3.1.2.)



obr. 3.1.2.

- b.) technologické obmedzenia
- maximálna veľkosť plechov  
 $P6x1500x6000$  /kužeľ dna/  
 $P4x1500x6000$  /plášť bubna/  
 $P3x1000x3000$  /lopatky/
  - maximálna šírka zakružovaného plechu  $\Rightarrow$  maximálna šírka segmentu kužeľa  
 $l''' \approx 1200$  [mm]
  - maximálny priemer bubna  
 $D_{\max}=2300$  [mm]

- základné rozmery segmentov miešacieho bubna (obr. 3.1.3., tab. 3.1.1.)



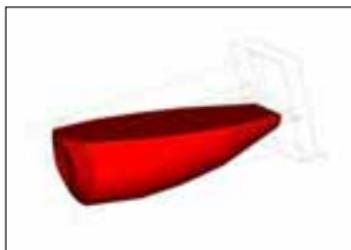
obr. 3.1.3.

Tabuľka 3.1.1.

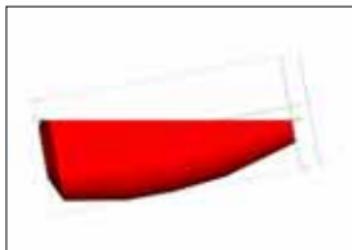
	KUŽEL' 1	KUŽEL' 2	KUŽEL' 3	VALEC	KUŽEL' 4	KUŽEL' 5
$D_{1i}$ [mm]	1107,7	1537,66	2099,96	2300	1899,88	568
$D_{2i}$ [mm]	1512,93	2099,7	2299,96	2300	2299,88	1896,27
$d_{1i}$ [mm]	1100	1529,96	2092	2292	1892	563,03
$d_{2i}$ [mm]	1505,23	2092	2292	2292	2292	1891,3
$l_i$ [mm]	722,08	1001,08	1000,4	900	1150,69	307,57
$s_i$ [mm]	748,94	1038,74	1005,99	900	1167,26	729,62
$\beta_i$ [°]	15,696	15,696	5,71	0	9,866	24,46

- $D_{1i}$  - vonkajší priemer i-teho kužela (malý) [mm],  
 $D_{2i}$  - vonkajší priemer i-teho kužela (veľký) [mm],  
 $d_{1i}$  - vnútorný priemer i-teho kužela (malý) [mm],  
 $d_{2i}$  - vnútorný priemer i-teho kužela (veľký) [mm],  
 $l_i$  - dĺžka segmentu i-teho kužela [mm],  
 $s_i$  - šírka plechu i-teho kužela [mm],  
 $\beta_i$  - uhol sklonu i-teho kužela [°].

- model užitočného objemu bubna (obr. 3.1.4.a,b)



obr. 3.1.4.a



obr. 3.1.4.b

- hustota betónu  $\rho_{BET}=2350 \text{ [kg.m}^{-3}\text{]}$
- analýza modelu užitočného objemu bubna /Pro/ENGINEER 2000i/  
Model Analysis ⇒ Model Mass Properties (tab. 3.1.2.)

Tabuľka 3.1.2.

HMOTNÉ CHARAKTERISTIKY MODELU BUBON_AM190	
OBJEM	9.2647265e+09 [mm <sup>3</sup> ]
OBSAH PLOCHY	2.7855216e+07 [mm <sup>2</sup> ]
HUSTOTA	2.3500000e-09 [ton.mm <sup>-3</sup> ]
HMOTNOSŤ	2.1772107e+01 [ton]

- plášť bubna je modelovaný v aplikácii SHEETMETAL  
Applications → Sheetmetal
- pre rozvinutie plechov bol použitý príkaz UNBEND  
Feature → Create → Unbend
- jednotlivé kužeľe a valec sa skladajú vždy z dvoch segmentov striedavo prestavených voči sebe
- medzi K<sub>1</sub> a K<sub>2</sub> sa nachádza odvalovací kruh
- kužeľe K<sub>1</sub> až K<sub>4</sub> a valec V majú nulové medzery pre zvary
- medzi K<sub>4</sub> a K<sub>5</sub> sa nachádza technologická medzera pre zvar 2 mm
- kužeľ K<sub>5</sub> má technologickú medzera pre zvar 2 mm
- na K<sub>1</sub> sa nachádza krúžok a stierací kužeľ
- na K<sub>4</sub> sa nachádza prielez slúžiaci na čistenie bubna

### 3.2 TVAR SKRUTKOVICE

#### SKRUTKOVICA

Skrutkovica je čiara, ktorú vytvorí bod, keď sa otáča rovnomerne okolo pevnej osi a súčasne sa rovnomerne pohybuje v smere osi. Keďže kolmá vzdialenosť hociktorého bodu skrutkovice od osi je stála, skrutkovica leží na valci priemeru d. Ak tento valec so skrutkovicou rozvinieme, zistíme, že rozvinutá skrutkovica je šikmá priamka a zvieria s rovinným obvodom valca uhol  $\alpha$ , t.j. uhol stúpania. Vzdialosť dvoch susedných rovnoňahlých bodov tej istej skrutkovice, meraná rovnobežne s osou sa nazýva stúpanie a značí sa písmenom s. Skrutkovica vznikne aj tak, že priamku pod určitým uhlom navinieme na valec. Takéto skrutkovice tvoria okraje skrutkovicovej plochy, ktorá sa v praxi často nazýva krátko "skrutkovica", teda práve tak ako skrutkovicová čiara.

#### PRIAMA A PRAVOUHLÁ SKRUTKOVICOVÁ PLOCHA

Vyznačuje sa tým , že jej povrchové priamky sú kolmé na os a sú rovnako dlhé. Najčastejšie sa používa pri výrobe skrutkovicového transportéra na dopravu sypkých hmôr, ktorého jeden závit zhotovíme z časti rovinného kruhu a potom potrebnú dĺžku zložíme zo toľko závitov, resp. krúžkov, koľko je potrebné na celú dĺžku.

Základné označenie :

s - stúpanie skrutkovicovej plochy [mm],  
d a D - priemery skrutkovicovej plochy [mm],  
l a L - dĺžky skrutkovice merané na valcoch priemeru d a D [mm].  
š - šírka skrutkovicovej plochy [mm],  
r - vnútorný polomer krúžku [mm],  
R- vonkajší polomer krúžku [mm],  
α- stredový uhol krúžku [ $^\circ$ ].

#### PRIAMA SKRUTKOVICOVÁ PLOCHA NAVINUTÁ NA KUŽEL' ALEBO OHRANIČENÁ KUŽEĽOVOU PLOCHOU

Priamu skrutkovicovú plochu navinutú na kužel' je možné rozvinúť grafickou metódou alebo pomocou matematickej approximácie /špeciálne vytvorený program/. Použitie aplikácií sheetmetal a príkazu unbend pre rozvinutie skrutkovicovej plochy nie je možné, keďže pri vytváraní skrutkovicie ohýbaním z časti rovinného medzikružia dochádza k plastickej deformácii plechu.

- tvar skrutkovice je zvolený na základe podobnosti so skrutkovicami z typov AM-160, AM-170, AM-180 a AM-169 (zostavné výkresy MIEŠACÍ BUBON ZVARENÉC)
- postup modelovania skrutkovice /Pro/ENGINEER 2000i/

Protrusion → Helical Swp → **Attributes**

→ Variable Pitch /premenlivé stúpanie/

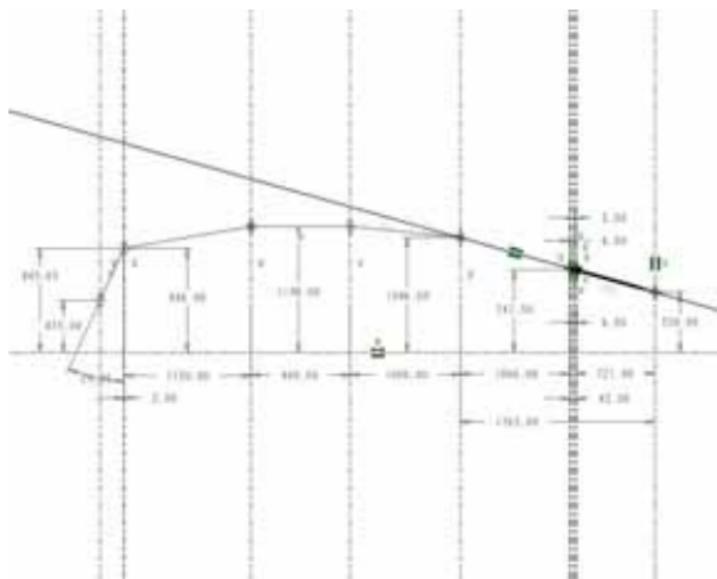
→ Thru Axis

→ Left Handed /avotočivá skrutkovica/

Protrusion → Helical Sweep → **Swp Profile**

→ Sketch

/definovanie vonkajšieho ohraničenia skrutkovice - profilu vnútornej rotačnej plochy bubna/ (obr. 3.2.1.)



obr. 3.2.1.

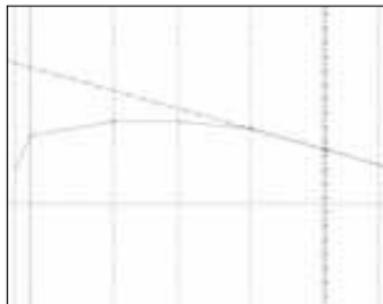
Protrusion → Helical → Sweep **Pitch**

→ Controlled by a pitch graph

/variabilné stúpanie definované grafom vzhladom na požadovaný tvar skrutkovice - stúpanie skrutkovice je premenné na začiatku a na konci, v strede je konštantné/ (obr. 3.2.2.a,b)



obr. 3.2.2.a



obr.3.2.2.b

Protrusion → Helical Sweep → **Section**

→ Sketch

/definovanie prierezu skrutkovice/ (obr. 3.2.3.a,b)

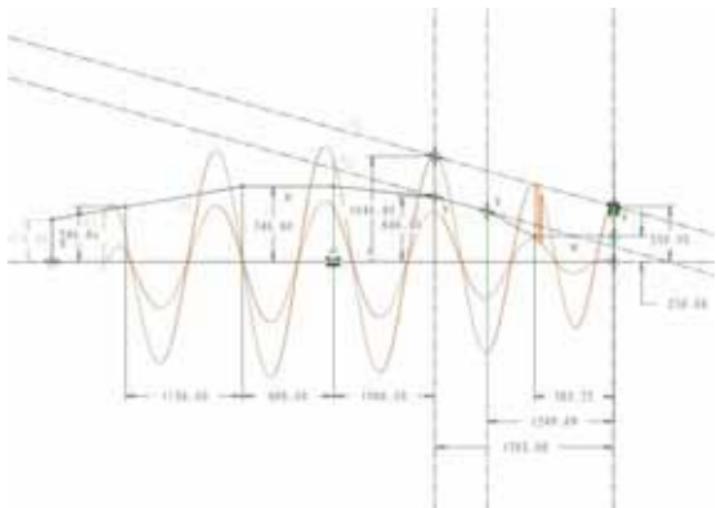


obr. 3.2.3.a

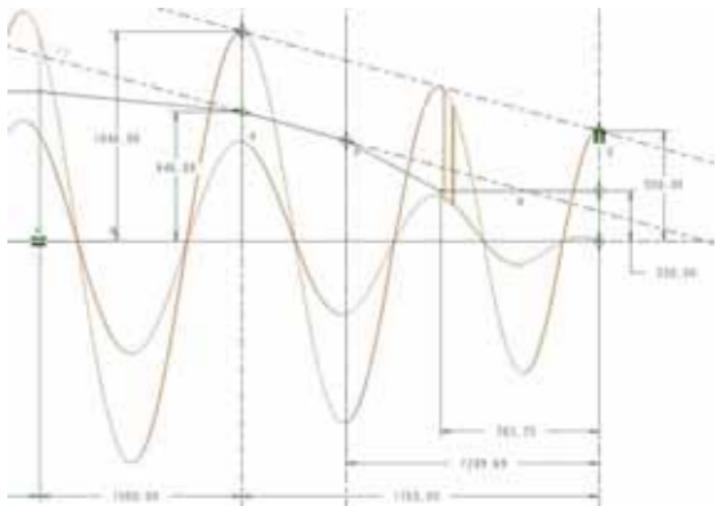


obr.3.2.3.b

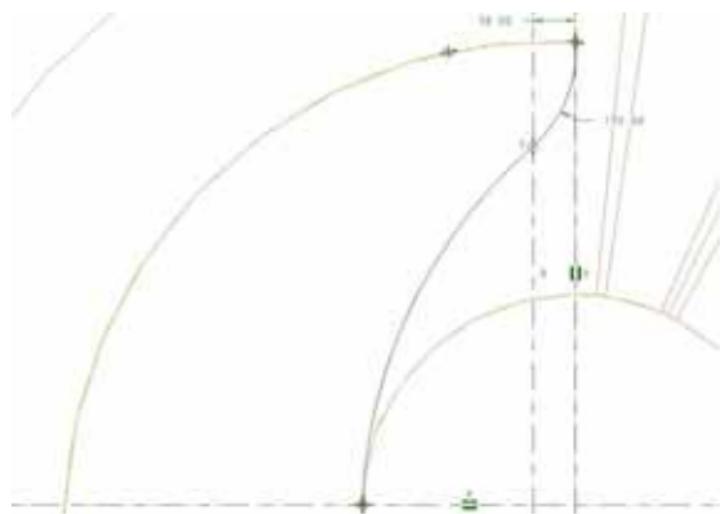
- vytvorenie vnútorného ohraničenia skrutkovice pomocou príkazu Cut z dôvodu premenlivej výšky lopatiek (obr. 3.2.4.a,b,c)



### obr. 3.2.4.a



obr. 3.2.4.b



- model skrutkovice /nedelená/ (obr. 3.2.5.)



Obr. 3.2.5.

- základné rozmery skrutkovice (tab. 3.2.1.)

Tabuľka 3.2.1.

KV <sub>1</sub>	H <sub>1</sub> [mm]	783,75	D <sub>1</sub> [mm]	177,42
	H <sub>2</sub> [mm]	1765,00	D <sub>2</sub> [mm]	1010,55
	H <sub>3</sub> [mm]	2845,00	D <sub>3</sub> [mm]	2035,00
	H <sub>4</sub> [mm]	3926,66	D <sub>4</sub> [mm]	3115,00
	H <sub>5</sub> [mm]	-	D <sub>5</sub> [mm]	4201,88
KV <sub>2</sub>	KV <sub>3</sub> H		KV <sub>1</sub> D	
KV <sub>3</sub>	H <sub>1</sub> [mm]	367,19	D <sub>1</sub> [mm]	569,30
	H <sub>2</sub> [mm]	1249,69	D <sub>2</sub> [mm]	1501,17
	H <sub>3</sub> [mm]	2305,00	D <sub>3</sub> [mm]	2575,00
	H <sub>4</sub> [mm]	3385,00	D <sub>4</sub> [mm]	3655,00
	H <sub>5</sub> [mm]	4480,67	D <sub>5</sub> [mm]	4763,04
KV <sub>4</sub>	KV <sub>1</sub> H		KV <sub>3</sub> D	

KV<sub>i</sub> – i-ty kvadrant skrutkovice,

H<sub>i</sub> – horná vzdialenosť i-teho segmentu skrutkovice v príslušnom kvadrante od počiatku skrutkovice v smere osi skrutkovice [mm],

D<sub>i</sub> – dolná vzdialenosť i-teho segmentu skrutkovice v príslušnom kvadrante od počiatku skrutkovice v smere osi skrutkovice [mm].

- rozmery skrutkovice /priemet na jednotlivé kužele a valec bubna/ (tab. 3.2.2.a,b,c,d,e)

Tabuľka 3.2.2.a,b,c,d,e

KUŽEL' 1 β <sub>1</sub> =15,7 [°]		
φ <sub>1</sub> [°]	x [mm]	x" [mm]
0	0	0
30	57,77	60,01
60	116,91	121,44
90	177,42	184,29
120	239,31	248,58
150	302,56	314,28
180	367,19	381,41
210	433,19	449,97
240	500,56	519,95
270	569,30	591,35
300	639,41	664,18
330	710,89	738,43

KUŽEL' 2 β <sub>2</sub> =15,7 [°]			
φ <sub>1</sub> [°]	x <sub>1</sub> [mm]	x' [mm]	x" [mm]
360	783,75	18,75	19,48
390	857,98	92,98	96,58
420	933,58	168,58	175,11
450	1010,55	245,55	255,06
480	1088,89	323,89	336,44
510	1168,60	403,6	419,23
540	1249,69	484,69	503,46
570	1332,14	567,14	589,11
600	1415,97	650,97	676,19
630	1501,17	736,17	764,69
660	1587,74	822,74	854,61
690	1675,69	910,69	945,97
720	1765,00	1000	1038,74

ZAČIATOČNÝ BOD l<sub>1</sub>=0 [mm]

KONCOVÝ BOD l<sub>1</sub>'=721 [mm]

ŠÍRKA PLECHU S<sub>1</sub>=748,92 [mm]

ZAČIATOČNÝ BOD l<sub>2</sub>=765 [mm]

KONCOVÝ BOD l<sub>2</sub>'=1765 [mm]

ŠÍRKA PLECHU S<sub>2</sub>=1038,74 [mm]

KUŽEL' 3 $\beta_3=5,71 [^{\circ}]$			
$\varphi_i [^{\circ}]$	$x_i [\text{mm}]$	$x'_i [\text{mm}]$	$x''_i [\text{mm}]$
720	1765,00	0,00	0,00
750	1855,00	90,00	90,45
780	1945,00	180,00	180,90
810	2035,00	270,00	271,35
840	2125,00	360,00	361,80
870	2215,00	450,00	452,24
900	2305,00	540,00	542,69
930	2395,00	630,00	633,14
960	2485,00	720,00	723,59
990	2575,00	810,00	814,04
1020	2575,00	900,00	904,49
1050	2755,00	990,00	994,94

ZAČIATOČNÝ BOD  $I_3=1765 [\text{mm}]$ KONCOVÝ BOD  $I'_3=2765 [\text{mm}]$ ŠÍRKA PLECHU  $S_3=1004,99 [\text{mm}]$ 

VALEC		
$\varphi_i [^{\circ}]$	$x_i [\text{mm}]$	$x''_i [\text{mm}]$
1080	2845,00	80,00
1110	2935,00	170,00
1140	3025,00	260,00
1170	3115,00	350,00
1200	3205,00	440,00
1230	3295,00	530,00
1260	3385,00	620,00
1290	3475,00	710,00
1320	3565,00	800,00
1350	3655,00	890,00

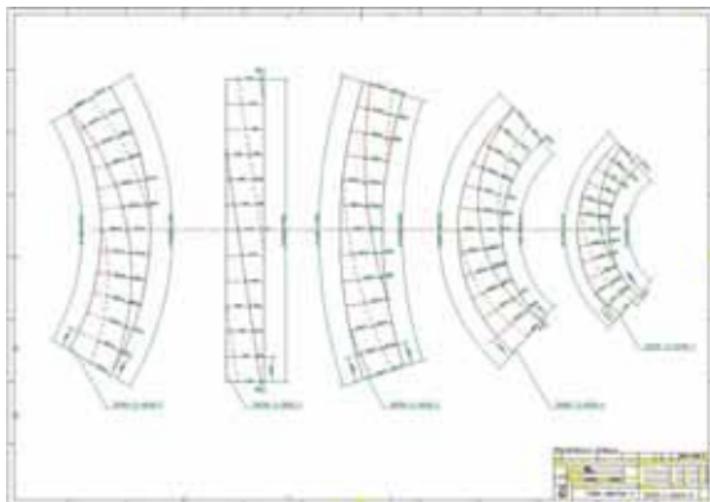
ZAČIATOČNÝ BOD  $I=2765 [\text{mm}]$ KONCOVÝ BOD  $I'=3665 [\text{mm}]$ ŠÍRKA PLECHU  $S=900 [\text{mm}]$ 

KUŽEL' 4 $\beta_4=9,87 [^{\circ}]$			
$\varphi_i [^{\circ}]$	$x_i [\text{mm}]$	$x'_i [\text{mm}]$	$x''_i [\text{mm}]$
1380	3745,16	80,16	81,36
1410	3835,71	170,71	173,27
1440	3926,66	261,66	265,59
1470	4018,00	353,00	358,30
1500	4109,74	444,74	451,42
1530	4201,88	536,88	544,94
1560	4294,41	629,41	638,86
1590	4387,35	722,35	733,19
1620	4480,67	815,67	827,91
1650	4574,40	909,40	923,05
1680	4668,52	1003,52	1018,58
1710	4763,04	1098,04	1114,52

ZAČIATOČNÝ BOD  $I_4=3665 [\text{mm}]$ KONCOVÝ BOD  $I'_4=4815 [\text{mm}]$ ŠÍRKA PLECHU  $S_4=1167,26 [\text{mm}]$ 

- $\varphi_i$  - uhol delenia skrutkovice v smere osi x [ $^{\circ}$ ],  
 $x_i$  - vzdialenosť bodu skrutkovice určeného uhlom  $\varphi_i$  od začiatočného bodu skrutkovice /  $\varphi=0$  / v priemete na os bubna [mm],  
 $x'_i$  - vzdialenosť bodu skrutkovice určeného uhlom  $\varphi_i$  od začiatočného bodu prislúchajúceho kužeľa v priemete na os bubna [mm],  
 $x''_i$  - vzdialenosť bodu skrutkovice určeného uhlom  $\varphi_i$  od okraja rozvinutého plechu prislúchajúceho kužeľa [mm],  
 $I_i$  - priemet začiatočného bodu i-teho kužeľa na os bubna [mm],  
 $I'_i$  - priemet koncového bodu i-teho kužeľa na os bubna [mm],  
 $S_i$  - šírka rozvinutého plechu i-teho kužeľa [mm].

- stopa lopatiek na rozvinutých plechoch bubna určená na základe priemetov skrutkovej plochy na bubon (obr. 3.2.6.)



obr. 3.2.6.

### 3.3 DELENIE SKRUTKOVICE

- deliace roviny skrutkovice /0-360°/ (obr. 3.3.1.a,b)



obr. 3.3.1.a



obr. 3.3.1.b

- uhly určujúce polohu a veľkosť lopatiek lopatiek (tab. 3.3.1.)

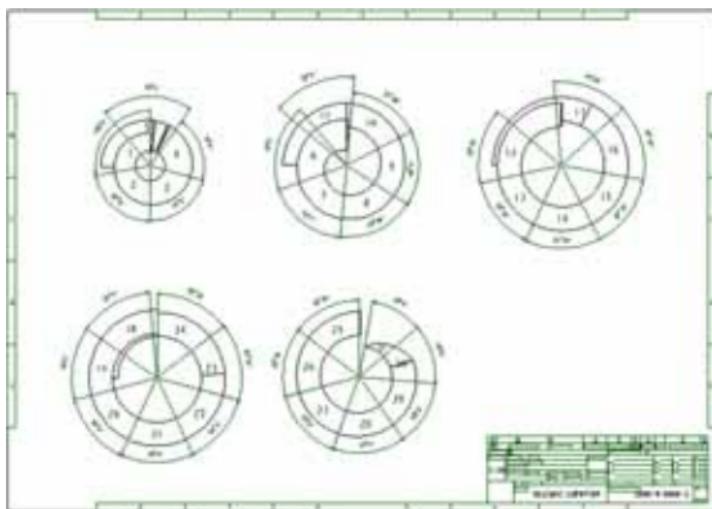
Tabuľka 3.3.1.

ČÍSLO LOPATKY	UHOL LOPATKY	UHOL CELKOVÝ
1	100	100
2	80	180
3	75	255
4	70	325
5	75	400
6	70	470
7	65	535
8	62,5	597,5
9	60	657,5
10	57,5	715
11	55	770
12	52,5	822,5
13	52,5	875
14	52,5	927,5
15	52,5	980
16	52,5	1032,5

ČÍSLO LOPATKY	UHOL LOPATKY	UHOL CELKOVÝ
17	52,5	1085
18	50	1135
19*	50	1185
20*	50	1235
21*	50	1285
22*	50	1335
23	52,5	1387,5
24	52,5	1440
25	52,5	1492,5
26	52,5	1545
27	55	1600
28	55	1655
29	50	1705
30	45	1750
31	40	1790

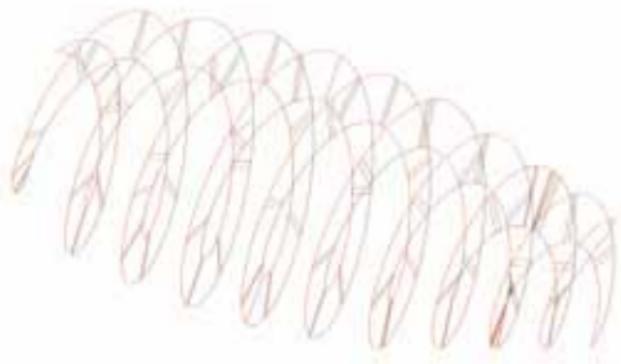
\* ROZMERY LOPATKY AKO PRI LOPATKE Č.18 (VALCOVÁ ČASŤ BUBNA)

- výkres delenia skrutkovice (obr. 3.3.2.)

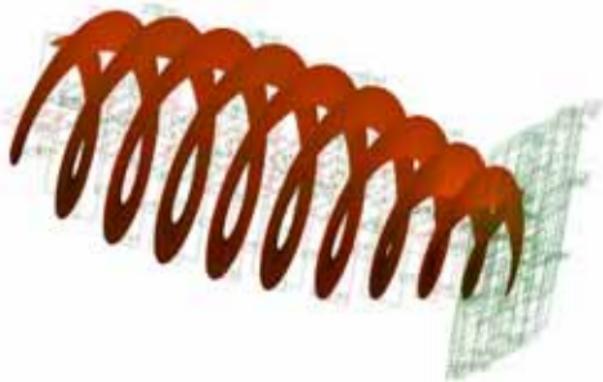


obr. 3.3.2.

- model skrutkovice /delená/ (obr. 3.3.3.a,b)



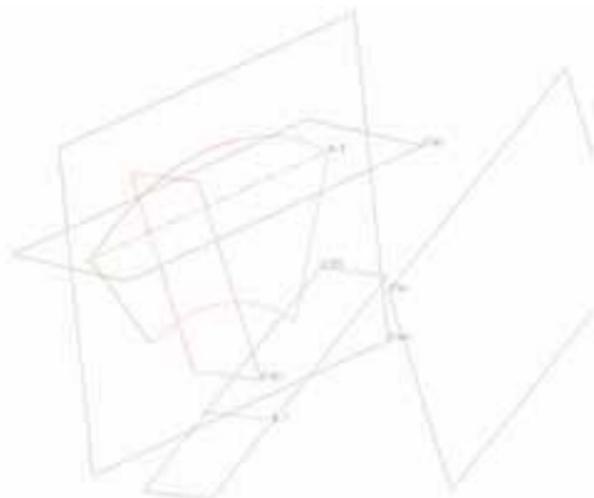
obr. 3.3.3.a



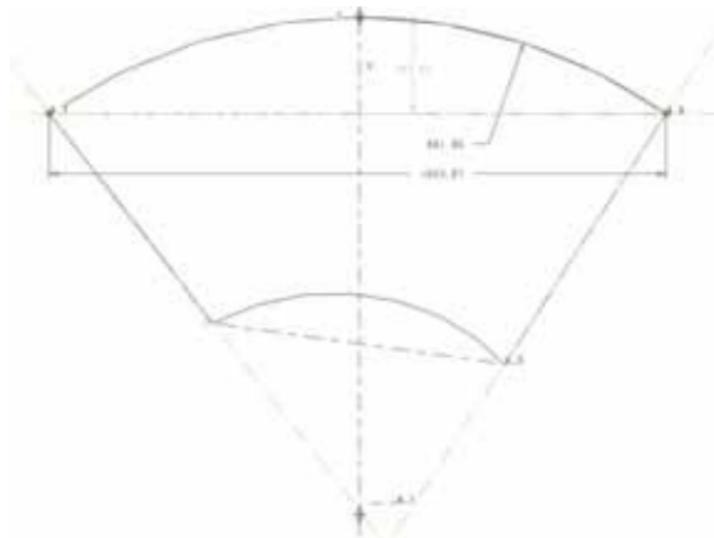
obr. 3.3.3.b

### 3.4 ROZMERY LOPATIEK SKRUTKOVICE

- model lopatky (obr. 3.4.1.a,b)



- rozmery lopatky - Sketch (obr. 3.4.2.)



obr. 3.4.2.

- rozmery lopatiek (tab. 3.4.1.a,b,c)

Tabuľka 3.4.1.a

ČÍSLO LOPATKY	POLOHA ROVÍN	$L_1$	$R_1$	$L_2$	$R_2$	$X_1$	$X_2$
		$L_{1/2}$	$R_{1'}$	$L_{2/2}$	$R_{2'}$		
1	N/N	<b>924,64</b>	<b>602,64</b>	<b>450,43</b>	<b>305,48</b>	<b>300</b>	<b>357,72</b>
		462,32	611,17	225,215	306,75		
2	N/N	<b>866,34</b>	<b>654,19</b>	<b>407,06</b>	<b>312,03</b>	<b>354,98</b>	<b>405,3</b>
		433,17	662,22	203,53	313,06		
3	N/N	<b>881,88</b>	<b>702,25</b>	<b>393,26</b>	<b>318,75</b>	<b>402,62</b>	<b>452,4</b>
		440,94	710,29	196,63	319,8		
4	N/R	<b>888,24</b>	<b>749,48</b>	<b>378,12</b>	<b>330,62</b>	<b>449,76</b>	<b>498,53</b>
		444,12	757,43	189,06	325,79		
5	R/R	<b>999,23</b>	<b>799,2</b>	<b>435,73</b>	<b>496,05</b>	<b>495,94</b>	<b>490,24</b>
		499,615	793,57	217,865	524,61		
6	N/R	<b>1003,87</b>	<b>850,81</b>	<b>494,31</b>	<b>418,95</b>	<b>500,55</b>	<b>444,93</b>
		501,935	859,4	247,155	411,72		
7	N/N	<b>997,62</b>	<b>900,82</b>	<b>561,93</b>	<b>495,01</b>	<b>452,57</b>	<b>400,79</b>
		498,81	909,2	280,965	483,07		
8	N/N	<b>1015,92</b>	<b>949,9</b>	<b>612,17</b>	<b>553,29</b>	<b>406,87</b>	<b>399,37</b>
		507,96	959,5	306,085	569,44		

Tabuľka 3.4.1.b

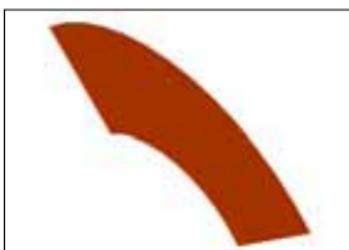
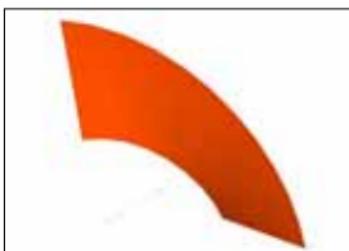
ČÍSLO LOPATKY	POLOHA ROVÍN	$L_1$	$R_1$	$L_2$	$R_2$	$X_1$	$X_2$
		$L_1/2$	$R_1'$	$L_2/2$	$R_2'$		
9	R/R	<b>1029,81</b>	<b>998,78</b>	<b>641,92</b>	<b>618,25</b>		
		514,905	1006,72	320,96			
10	N	<b>1039,06</b>	<b>1046,88</b>			<b>401,01</b>	
		519,53	1055,12				
11	N	<b>1029,52</b>	<b>1067,17</b>				
		514,76	1076,8				
12	N	<b>1003,94</b>	<b>1096,93</b>				
		501,97	1099,87				
13	N	<b>1017,67</b>	<b>1112,27</b>				
		508,835	1115,2				
14	R	<b>1031,4</b>	<b>1127,62</b>				
		515,7	1130,58				
15	N	<b>1045,14</b>	<b>1142,99</b>				
		522,57	1145,91				
16	N	<b>1058,88</b>	<b>1158,36</b>				
		529,44	1161,28				
17	N	<b>1068,24</b>	<b>1142,94</b>				
		534,12	1157,09				
18	N	<b>1025,89</b>	<b>1172,24</b>			<b>400,15</b>	
		512,945	1172,66				
23	N	<b>1063,19</b>	<b>1123,12</b>				
		531,595	1140,19				
24	N	<b>1044</b>	<b>1141,19</b>				
		522	1145,87				
25	N	<b>1020,03</b>	<b>1114,57</b>				
		510,015	1119,28				
26	R	<b>995,92</b>	<b>1088,03</b>				
		497,96	1098,79				
27	N	<b>1011,39</b>	<b>1060,32</b>				
		505,695	1065,32				
28	R	<b>984,69</b>	<b>1032,58</b>				
		492,345	1036,83				
29	N	<b>882,38</b>	<b>1004,7</b>				
		441,19	1009,36				

Tabuľka 3.4.1.c

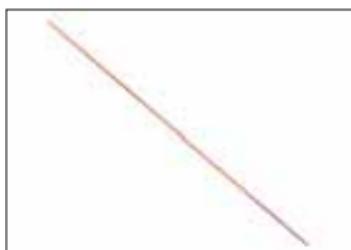
ČÍSLO LOPATKY	POLOHA ROVÍN	$L_1$	$R_1$	$L_2$	$R_2$	$X_1$	$X_2$
		$L_1/2$	$R_1'$	$L_2/2$	$R_2'$		
30	N/N	<b>744,92</b>	<b>x=157,99</b>	<b>490,37</b>	<b>605,26</b>	<b>400,17</b>	<b>242,11</b>
		<b>381,68</b>	<b>813,49</b>	245,185	609,4		
		<b>363,24</b>	<b>984,86</b>				
31	R/N	<b>547,73</b>	<b>639,88</b>	<b>397,72</b>	<b>585,73</b>	<b>264,61</b>	-
		273,86	679,48	198,86	589,06		

$L_1$  - dĺžka spojnice krajných bodov vonkajšieho oblúka lopatky [mm],  
 $R_1$  - polomer vonkajšieho oblúka lopatky [mm],  
 $R_1'$  - polomer vonkajšieho oblúka lopatky (automatické uchopenie) [mm],  
 $L_2$  - dĺžka spojnice krajných bodov vnútorného oblúka lopatky [mm],  
 $R_2$  - polomer vnútorného oblúka lopatky [mm],  
 $R_2'$  - polomer vnútorného oblúka lopatky (automatické uchopenie) [mm],  
 $X_1$  - šírka lopatky na začiatku [mm],  
 $X_2$  - šírka lopatky na konci [mm].

- transformácia lopatiek 3D  $\Rightarrow$  2D (obr. 3.4.3.a,b)



obr. 3.4.3.a



obr. 3.4.3.b

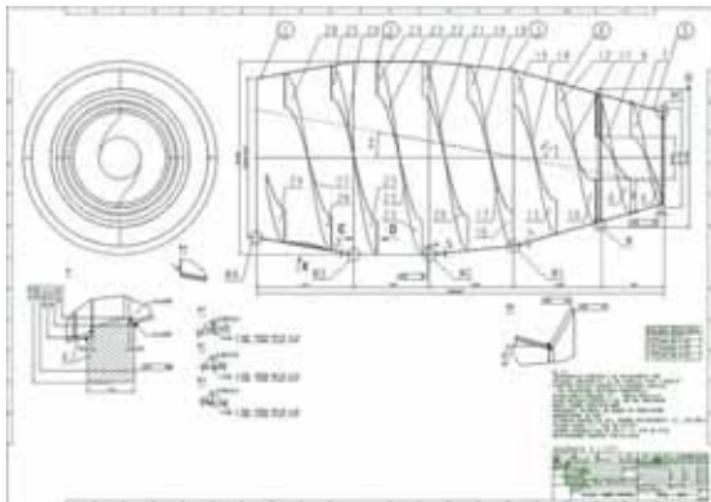
- výroba lopatiek prebehla na NC vysekávacom stroji TRUMATIC čím sa zabránilo tepelnej deformácii vznikajúcej pri vypaľovaní  $\Rightarrow$  zjednodušenie montáže

### 3.5 TECHNICKÁ DOKUMENTÁCIA MIEŠACIEHO BUBNA

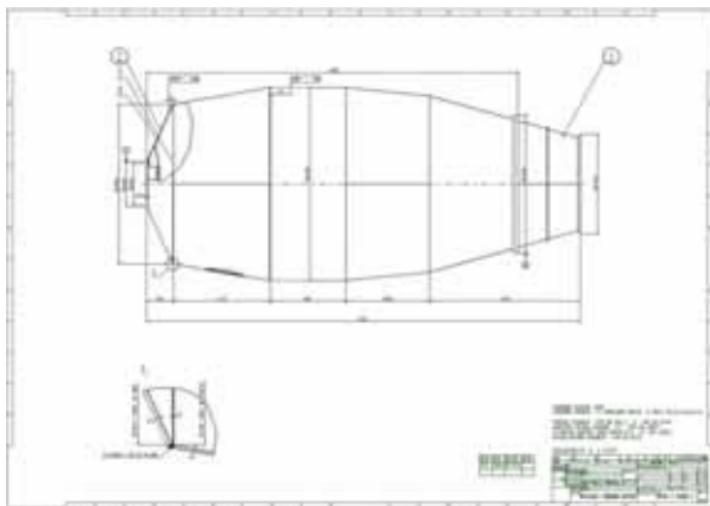
- zostavné výkresy	11 ks
- schémy	1 ks
- výrobné výkresy	52 ks
- kusovníky	18 ks

Technická dokumentácia AM-190 bola vytlačená priamo z Pro/ENGINEER 2000i na plotri OCÉ TDS 400 bez potreby exportu a úprav v Autocad-e. Kusovníky boli spracované v programe Excel 2000 a následne prevedené do programu SYSKLAS - objednávky jednotlivých polotovarov.

- zostavný výkres 5090-1-0001-1 MIEŠACÍ BUBON-ZVARENEC (obr. 3.5.1.)



- zostavný výkres 5090-1-0000-1 MIEŠACÍ BUBON-ÚPLNÝ 9m<sup>3</sup> P (obr. 3.5.2.)

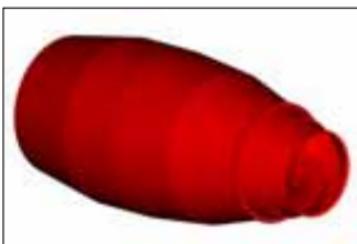


### 3.6 VÝPOČTOVÝ MODEL

Model bubna vytvorený v Pro/ENGINEER 2000i je kombináciou solid (skrutkovica, odvalovací kruh a príruba) a sheetmetal (plášť a dno bubna). (obr. 3.6.1 a b)

PÔVODNÝ MODEL /MIEŠACÍ BUBON-ÚPLNÝ 9m<sup>3</sup> P/

→ zmena niektorých segmentov bubna bubna zo sheetmetal na solid z dôvodu spojenia skrutkovice s pláštom, zjednodušenie geometrie v mieste kontaktu skrutkovice s bubnom a prírube



### **obr. 3.6.1.a**



### **obr. 3.6.1.b**

⇒ spustenie modulu Pro/MECHANICA 2001  
Applications → Mechanica → Structure

⇒ VOL'BA TYPU ELEMENTOV  
hubov MIXED /Shell + Solid/

⇒ TRANSEFORMÁCIA SOLID → SHELL

Model → Idealizations → Shells → Midsurfaces → New → Constant → Pick /horná a dolná plocha/

⇒ TRANSFORMÁCIA SHEETMETAL → SHELL

Model → Idealizations → Shells → Midsurfaces → Auto Detect

⇒ ÚPRAVA STREDNICOVÝCH PLÔCH  
/orientácia/

Model → Idealizations → Shells → Midsurfaces → Edit

→ Pair Place /umiestnenie strednicovej roviny - Red, Yellow, Mid Srf. Select Srf/

→ Flip Pair /zmena orientácie/

→ Thick Type /špecifikácia hrúbky – Constant, Variable/

## ⇒ FEATURES

/pomocné prvky pre určenie polohy síl, väzieb a riadenie sietovania/

Model → Features

→ Coord System /užívateľský koord. systém pre silové okrajové podmienky/

→ Surf Region /zadávanie geom. okrajových podmienok a tlaku/

## ⇒ CONNECTIONS

/spájanie strednicových plôch - zvary/

Model → Idealizations → Connections → End Welds → New

## ⇒ CONSTRAINTS

/geometrické okrajové podmienky/

Model → Constraints → New → Surface → Single → Translation x,y,z

## ⇒ LOADS

/silové okrajové podmienky/

Model → Loads → New → Pressure → Function of coordinates

→ F(y)=(1494.92\*2350\*9.81/1e9)-(Y\*2350\*9.81/1e9)

## ⇒ MATERIALS

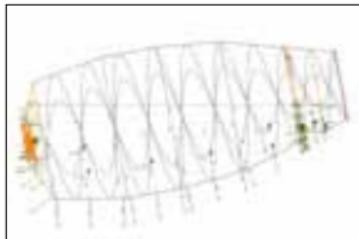
/materiál bol zadaný pri jednotlivých súčiastkách - PART/

Model → Materials

⇒ výpočtový model priečnikov Pro/MECHANICA 2001 (obr. 3.6.2.a,b,c,d)



obr. 3.6.2.a



obr. 3.6.2.b



obr. 3.6.2.c



obr. 3.6.2.d

## ⇒ ANALYSES

/nastavenie analýzy – názov, zaťažovacie stavy/  
Analyses → New

## ⇒ MESH - CONTROLS

/riadenie siete – hustota siete/

Mesh → Controls → New

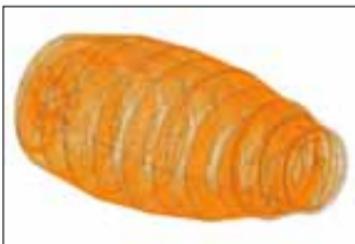
→ Maximal Element Size /určenie max. veľkosti elementov/

→ Minimal Element Size /určenie min. veľkosti elementov/

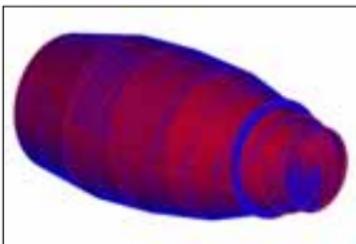
## ⇒ MESH – CREATE (obr. 3.6.3.a,b,c,d)

/sieťovanie/

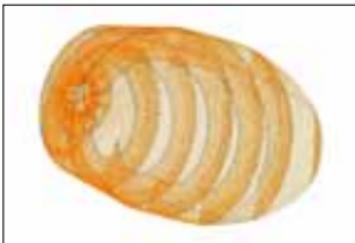
Mesh → Create → Mixed /Quads/ → Start → Element Quality Checks →  
Checks → Close



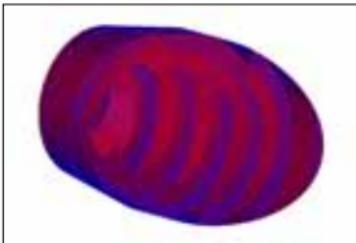
obr. 3.6.3.a



obr. 3.6.3.b



obr. 3.6.3.c



obr. 3.6.3.d

## ⇒ RUN

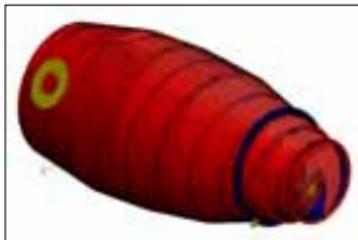
/export do COSMOS/M alebo spustenie analýzy Pro/MECHANICA 2001/  
Run → Solver /Cosmos/M/ → Analysis /Structural/ → Analyses → Output To  
File → \*.cos

⇒ úprava priečnik\_predny.cos – zmena TETRA4 → TETRA4R  
/zabezpečenie kompatibility medzi prvkami Tetra a Shell/

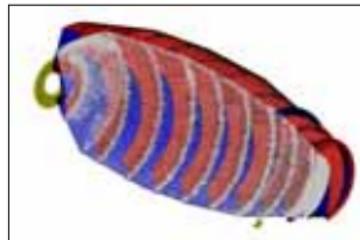
GEOSTAR TUTORIAL - We will mesh the volumes with TETRA4R elements. For this problem, we could use TETRA4, TETRA10, or SOLID. We selected TETRA4R because it is automatically compatible with shell elements (both elements have 6 DOF per node).

⇒ načítanie súboru \*.cos v module GEOSTAR  
Open New Problem Files → File → Load → \*.cos → OK

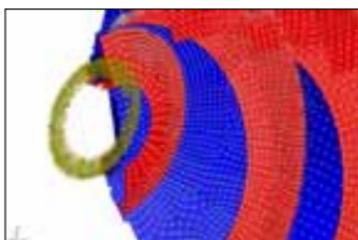
⇒ výpočtový model COSMOS/M (obr. 3.6.4.a,b,c,d)



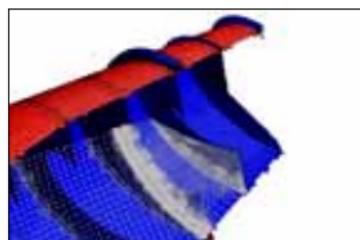
obr. 3.6.4.a



obr. 3.6.4.b



obr. 3.6.4.c



obr. 3.6.4.d

⇒ A\_STATIC,G,0,0,1E-006,1E+010,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0  
/nastavenie lineárnej statickej analýzy s uvažovaním vlastnej tiaže priečnikov/

⇒ R\_STAT  
/spustenie lineárnej statickej analýzy/

⇒ A\_BUCKLING,5,S,100,0,0,0,1E-005,0,1E-006,0,0,0,0,0,0,0  
/nastavenie analýzy lineárnej stability/

⇒ R\_BUCKLING  
/spustenie analýzy lineárnej stability/

### 3.7 PEVNOSTNÁ KONTROLA MIEŠACIEHO BUBNA

[DIPLOMOVKA\_CD1]

[FEM\_BUBON]

→ BUBON\_112EL.gen (tab. 3.7.1.)

[DIPLOMOVKA\_CD2]

[FEM\_RESULTS]

→ [RESULTS\_AVI]

→ BUNON\_112EL.avi

→ [RESULTS\_BUBON]

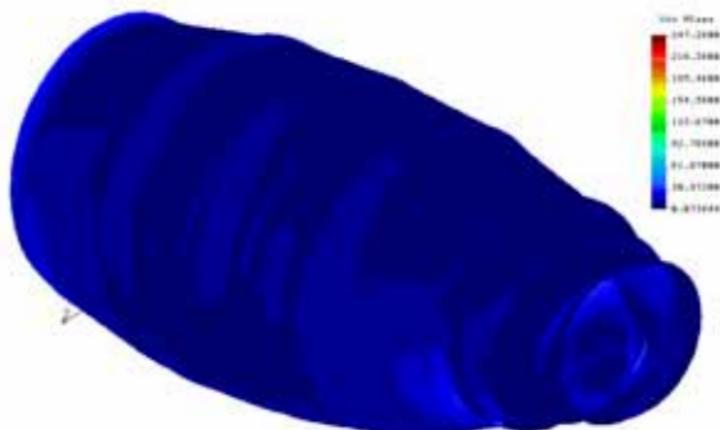
Tabuľka 3.7.1.

BUBON A1600MHz, 512MB RAM	
Počet uzlov	67436
Počet elementov	112038
Počet rovníc	403452
Čas riešenia /statika/	45 [min]

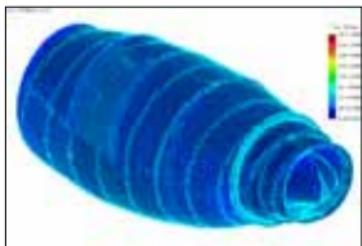
#### A. NAPÄTIA

- rozloženie napäti
  - rozloženie napäti
  - výpis napäti
- ⇒  $\sigma_{MAX}=247,26$  [MPa] (obr. 3.7.1.a,b,c)  
⇒  $\sigma_{MAX}=25$  [MPa] (obr. 3.7.2.a,b)  
⇒ 80% maximálnych hodnôt (tab. 3.7.2.).

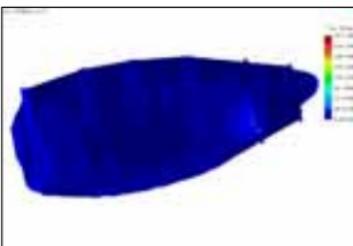
obr. 3.7.1.b



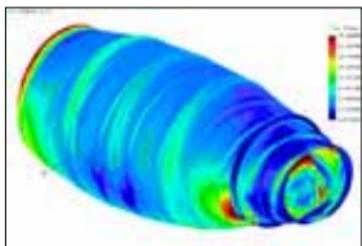
obr. 3.7.1.a



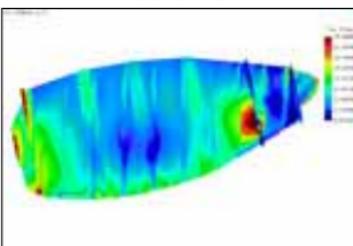
obr. 3.7.1.b



obr. 3.7.1.c



obr. 3.7.2.a



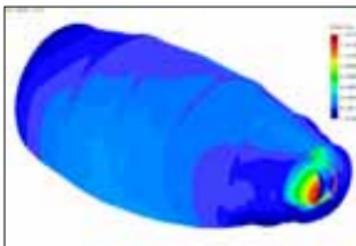
obr. 3.7.2.b

Tabuľka 3.7.2.

Napäťia - Zaf. stav 1 - Horný povrch - 80%	
Č. uzla	Von Mises [MPa]
35503	247.259
35501	246.047
32882	210.681
13701	58.1248
10787	54.9404
10788	51.3114
13704	49.7489
10790	49.6429

## B. POSUNUTIA

- znázormenie poľa posunutí  
 $\Rightarrow \delta_{\text{MAX}}=1,6137 \text{ [mm]}$  (obr. 3.7.3.)
- výpis uzlových posunutí  
 $\Rightarrow 5\%$  maximálnych hodnôt (tab. 3.7.3.)



obr. 3.7.3.

Tabuľka 3.7.3.

Posunutia - Zať. stav 1 - 5%	
Č. uzla	Výsl. posunutia 5%
16375	1.61368
16374	1.612
16841	1.60848
16373	1.60276
16376	1.59713
16839	1.5857
16377	1.56945
16372	1.56174

- výpis reakcií vo väzbách - kontrola (tab. 3.7.4.)

$$V_g = 9 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\rho_{BET} = 2350 \text{ [kg.m}^{-3}\text{]}$$

$$g = 9.81 \text{ [m.s}^{-2}\text{]}$$

$$m_B = 2359 \text{ [kg] /Pro/ENGINEER 2000i/}$$

$$RFY = V_g \rho_{BET} \cdot g + m_B \cdot g = 9.2350 \cdot 9.81 + 2359 \cdot 9.81 \doteq 2,31 \cdot 10^5 \text{ [N]}$$

Tabuľka 3.7.4.

Zaťažovací stav 1				
Reakcie	RFX	RFY	RFZ	RFRES
Výsledné	1.928e+000	<b>2.307e+005</b>	-4.214e-001	2.307e+005

**VYHODNOTENIE :**

- materiál bubna  $\Rightarrow$  11523.1 [VIII] (tab. 3.7.5.)

**Tabuľka 3.7.5.**

<b>STN 41 1523.1 MECHANICKÉ VLASTNOSTI</b>	
Nelegovaná konštrukčná oceľ jemnozrná vhodná na zváranie	
polotovar	za tepla valcované plechy
rozmer	3-16 [mm]
medza klzu	ReH $\geq$ 355 [MPa]
medza pevnosti	Rm = 490-630 [MPa]
medza klzu (T=100°C)	Rp <sub>0,2</sub> = 315 [MPa]

- maximálny prevádzkový tlak (skúšobný) - 9 [m<sup>3</sup>] betónu

$$\sigma_{\text{MAX STAT } 9} \doteq 60 \text{ [MPa]} \ll Re = 355 \text{ [MPa]}$$

- užitočný tlak - 8 [m<sup>3</sup>] betónu

$$\sigma_{\text{MAX STAT } 8} = \sigma_{\text{MAX STAT } 9} \cdot \frac{V_8}{V_9} = 60 \cdot \frac{8}{9} \doteq 53,3 \text{ [MPa]} \ll Re = 355 \text{ [MPa]}$$

- výsledky jednotlivých analýz sú k dispozícii v prílohe CD1  
[DIPLOMOVKA\_CD2]  $\rightarrow$  [FEM\_RESULTS]  $\rightarrow$  [RESULTS\_BUBON]

Všetky napäťia sa nachádzajú výrazne pod medzou klzu. Maximálne napäťia sú v mieste kontaktu bubna s odvalovacími kladkami, prechode medzi pláštom a dnom, a v mieste kontaktu príruba s prevodovkou.

Tieto napäťia bolo zistené statickou analýzou pri maximálnom možnom zaťažení hydrostatickým tlakom 9m<sup>3</sup> betónu s hustotou  $\rho_{\text{BET}}=2350 \text{ [kg.m}^{-3}\text{].}$

Statická analýza bola vykonaná metodikou podľa normy ADR. Vzhľadom k tomu že sa nejedná o prepravu nebezpečnej látky ani látky pod tlakom, táto norma nie je záväzná  $\Rightarrow$  pre potreby analýzy boli použité len niektoré články normy.

**ADR 211 123 (1)**

Ak nie je pre jednotlivé triedy určené inak, treba pri konštrukcii nádrží dodržať tieto podmienky :

- (1) Nádrže musia byť konštruované na výpočtový tlak, ktorý sa rovná dvojnásobku statického tlaku prepravovanej látky, najmenej však dvojnásobku statického tlaku vody.

$$\Rightarrow \sigma_{\text{MAX ADR}} = 2 \cdot \sigma_{\text{MAX}} = 2 \cdot 60 = 120 \text{ [MPa]}$$

**ADR 211 125 (1)**

Pri skúšobnom tlaku nesmie napätie  $\sigma$  (sigma) v bode najväčšieho namáhania prekročiť medzne hodnoty, závislé od materiálu, ktoré sú stanovené ďalej. Musí byť vyrobená s ohľadom na akékoľvek prípustné zoslabenie spôsobené zvarmi.

- (1) Pre všetky kovy a zlatiny musí byť napätie pri skúšobnom tlaku nižšie ako nižšia z hodnôt uvedených vo vzorci :  $\sigma \leq 0,75.R_e$  alebo  $\sigma \leq 0,5.R_m$

$$\Rightarrow \sigma_{\text{MAX ADR}} = 120 \text{ [MPa]} \ll 0,75.R_e = 0,75 \cdot 355 = 266,25 \text{ [MPa]}$$

**ADR 211 127 (1)**

Nádrže a ich upevňovacie prvky musia odolať uvedeným namáhaniam

- (1) Nádrže a ich upevňovacie prvky musia byť pri najväčšom užitočnom náklade spôsobilé odolať nasledujúcim silám, ktoré sa rovnajú silám vytvoreným pôsobením :
- v smere jazdy : dvojnásobku celkovej hmotnosti,
  - v priečnom smere vzhľadom na smer jazdy : celkovej hmotnosti,
  - v zvislom smere zdola nahor : celkovej hmotnosti,
  - v zvislom smere zhora nadol : dvojnásobku celkovej hmotnosti.

Z uvedených prípadov bola uskutočnená kontrola v zvislom smere zhora nadol. Kontrola v smere zdola nahor a priečnom smere bola zanedbaná (tieto kontroly sú určené najmä na kontrolu spojovacích častí rámu podvozku a nádrže – pozri výpočet priečnikov a rámu). Ani kontrola v smere jazdy nie je potrebná pretože dno bubna sa vyznačuje vysokou tuhostou (použitie výstuh a skrutkovice) a je pevne spojené s planetovou prevodovkou. (okrem toho sa hmotnosť náplne rozloží na jednotlivé lopatky skrutkovice).

Okrem statického treba uvažovať s dynamickým namáhaním bubna ktoré vzniká pri miešani betónu.

**Bezpečnosť voči dynamickému namáhaniu :**

- maximálny prevádzkový tlak - 9 [ $m^3$ ] betónu

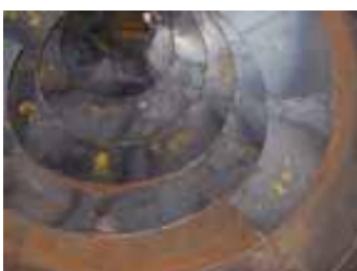
$$k_{D_9} = \frac{R_e}{\sigma_{\text{MAX STAT } 9}} = \frac{355}{60} \doteq 5,9$$

- užitočný tlak - 8 [ $m^3$ ] betónu

$$k_{D_8} = \frac{R_e}{\sigma_{\text{MAX STAT } 8}} = \frac{355}{53,3} \doteq 6,65$$

**⇒ bubon vyhovuje (bezpečnosť je dostatočne vysoká)**

### 3.8 VÝROBA MIEŠACIEHO BUBNA





#### 4. PREVODOVKA

Planétová prevodovka PM 60.1 výrobcu ZŤS Sabinov. (obr. 4.1.1., tab. 4.1.1.) pre výkon  $M_K=60000$  [N.m] [V]

Tabuľka 4.1.1.

Typ	PM 60
Max. výstupný moment	60 000 [N.m]
Prevod	130
Max. výstupné otáčky	15 [ $\text{min}^{-1}$ ]
Max. obsah bubna	10 [ $\text{min}^{-1}$ ]
Hmotnosť .1	346 [kg]
Hmotnosť .2	338 [kg]
Olejová náplň	14 [l]
Teplota okolia	-30 až +40 [ $^{\circ}\text{C}$ ]
Účinnosť	0,94

.1 - s náhonom na vodné čerpadlo

.2 - bez náhonu na vodné čerpadlo



obr. 4.1.1.

Prevodovka PM 60 je určená pre priamy pohon bubna automiešača betónovej zmesi s obsahom bubna do  $10 \text{ m}^3$  a nahradza doteraz vyrábaný typ PMBZ 60. Je riešená ako trojstupňová planétová prevodovka. Bubon miešača sa montuje priamo na hnacie príruba prevodovky, ktorá tak slúži jednak na prenos rotačného pohybu od motora ako aj na uloženie prednej časti bubna. Prevodovky PM 60.1 sú dodávané alternatívne s pohonom na vodné čerpadlo. Na pohon môžu byť použité rôzne typy v súčasnosti vyrábaných hydromotorov.

## 5. POHON MIEŠACIEHO BUBNA

### 5.1 TYP POHONU

#### ALTERNATÍVY POHONU BUBNA :

##### A. Standardný hydraulický systém pohonu bubna automiešača – SAUER DANFOSS Dubnica nad Váhom

Systémové riešenie pohonu bubna automiešača, pozostávajúce z hydrostatického prevodu – axiálneho hydrogenerátora, hydromotora a mechanickej prevodovky. Pohon bubna je odvodený od pomocného pohonu podvozku. Ovládanie plynulého nastavenia otáčok a zmyslu otáčania miešacieho bubna je pomocou ohybných tăhadiel.

##### B. Mechanický systém pohonu bubna automiešača

Tento systém sa už v súčasnosti nepoužíva, bol nahradený modernejším hydraulickým systémom.

##### C. Elektrohydraulický ovládaný systém pohonu bubna automiešača – SAUER DANFOSS Dubnica nad Váhom [VII-32]

Systémové riešenie pohonu bubna automiešača, pozostávajúce z nového hydrostatického prevodu – elektrohydraulicky ovládaného axiálneho hydrogenerátora a hydromotora s možnosťou elektronického spätnoväzobného snímania otáčok a mechanickej prevodovky. Na ovládanie sú určené dva kompaktné elektronické ovládacie bloky, realizované ako zásuvné moduly. Jeden je určený na ergonomické zabudovanie do prístrojovej dosky v kabíne vodiča a druhý na zadnú časť vozidla.

Jednoduchým spôsobom, pomocou tlačidla je možné určiť aktívnu ovládaci stanicu, ktorá je signalizovaná pomocou LED.

Prostredníctvom jednoduchého otočného spínača je možné predvoliť všetky potrebné režimy na miešanie, prípadne vyprázdnovanie bubna. Toto riešenie poskytuje komfort a jednoduchosť obsluhy. "Odolne" riešená elektronika sa postará o správnu funkciu celého systému.

Všetky ovládacie moduly sú spojené len elektrickými vodičmi s bezporuchovými konektormi.

Nový systém neodsahuje ovládacie tiahla, bovdeny ani kulisy náchylné na opotrebenie a časté poruchy.

Elektronická regulácia otáčok bubna výrazne zlepšuje jazdné a pracovné vlastnosti autodomiešavača počas transportu, plynulosť premiešavania, dôsledkom čoho je nižšie opotrebenie a dlhšia životnosť zariadenia. Použitím nových, na tento účel zvlášť riešených hydrostatických jednotiek sa výrazne zníži vyžarovanie hluku.

Prvé série tohto systému boli úspešne realizované v krajinách EÚ.

**D. Systém pohunu bubna automiešača pomalobežným hydromotorom – Manessman**

Systémové riešenie pohunu bubna automiešača, pozostávajúce z hydrostatického prevodu – hydrogenerátora a hydromotora /bez mechanickej prevodovky/. Pohon bubna je odvodený od pomocného poholu podvozku. Tento systém je technicky najvyspelejší, je však oproti štandardnému riešeniu cenovo nevýhodný.

- volím typ pohoru A /prípadne typ C na žiadosť zákazníka/

## 5.2 HYDROMOTOR

- axiálne piestové hydrostatické prevodníky typu SAUER
- ako podklad pre návrh hydromotora bol využitý "Protokol o měření otáček bubnu autodomícháče AM-169" [IV]
- výsledky meraní udávajú, že pri použití hydromotora SMF 70 s geometrickým objemom  $V_{g70}=69,8 \text{ [cm}^3\text{]}$  a konštantných otáčkach bubna  $n_B=14 \text{ [ot.min}^{-1}\text{]}$  je tlak potrebný na prekonanie odporov proti miešaniu /bubon bol naplnený pieskom/  $p_{AM-169}=18 \text{ [MPa]}$ .
- plniaci tlak

$$p_p = 1,5 \text{ [MPa]}$$

- potrebný krútiaci moment

$$M_{K \text{ AM-169}} = \frac{(p_{AM-169} - p_p) \cdot V_{g70}}{2\pi} = \frac{(18 - 1,5) \cdot 10^6 \cdot 69,8 \cdot 10^{-6}}{2\pi} = 185 \text{ [N.m]}$$

- maximálne otáčky bubna

$$n_B = 14 \text{ [ot.min}^{-1}\text{]}$$

- doba rozbehu bubna z  $t_0 = 0 \text{ [ot.min}^{-1}\text{]}$  na  $t_1 = 14 \text{ [ot.min}^{-1}\text{]}$   
 $t = 1 \text{ [s]}$

- uhlové zrýchlenie

$$\varepsilon_B \text{ AM-169} = \frac{\omega_B}{t} = \frac{\frac{2\pi}{60} \cdot n_B}{t} = \frac{\frac{2\pi}{60} \cdot 14}{1} = 1,47 \text{ [s}^{-2}\text{]}$$

- krútiaci moment na urýchlenie zotrvačných hmôt pri rozbehu bubna

$$M_{K \text{ U AM-169}} = J_{AM-169} \cdot \varepsilon_B = 6000 \cdot 1,47 = 8820 \text{ [N.m]}$$

- medzi hydromotorom a bubnom je vložený prevod  $i_{PM51.1}=100:1$  s účinnosťou  $\eta_P=0,96$
- krútiaci moment hydromotora na urýchlenie zotrvačných hmôt pri rozbehu bubna

$$M_{K \text{ HMU AM-169}} = \frac{M_{K \text{ U AM-169}}}{i_{PM51.1} \cdot \eta_P} = \frac{8820}{100 \cdot 0,96} = 92 \text{ [N.m]}$$

- celkový krútiaci moment

$$M_{K \text{ AM-169}} = M_{K \text{ AM-169}} + M_{K \text{ HMU AM-169}} = 185 + 92 = 277 \text{ [N.m]}$$

- najbližší dostupný hydromotor s potrebným  $M_K$  je typ SMF 70 (menovitý krútiaci moment  $M_K=338 \text{ [N.m]}$ ) s geometrický objem  $V_{g70}=69,8 \text{ [cm}^3]$
- pri použíti hydromotora SMF 70 s geometrickým objemom  $V_{g70}$  pre bubon AM-190 a konštantných otáčkach bubna  $n_B$  predpokladám maximálny tlak potrebný na prekonanie odporov proti miešaniu

$$p_{MAX \text{ AM-190}} \doteq 2 \cdot p_{AM-169} = 2 \cdot 18 = 36 \text{ [MPa]}$$

- potrebný krútiaci moment

$$M_{K \text{ AM-190}} = \frac{(p_{AM-190/70} - p_P) \cdot V_{g70}}{2\pi} = \frac{(36 - 1,5) \cdot 10^6 \cdot 69,8 \cdot 10^{-6}}{2\pi} = 383,26 \text{ [N.m]}$$

- volím najbližší väčší hydromotor MK 89 s menovitým krútiacim momentom

$$M_{K \text{ MK89}} = M_{AM-190} = 471 \text{ [N.m]} \text{ a geometrický objem } V_{g89} = 89 \text{ [cm}^3]$$

- krútiaci moment hydromotora na urýchlenie zotrvačných hmôt pri rozbehu bubna

$$M_{K \text{ HMU AM-190}} = M_{K \text{ AM-190}} - M_{K \text{ AM-169}} = 471 - 383,26 = 87,74 \text{ [N.m]}$$

- medzi hydromotorom a bubnom je vložený prevod  $i_{PM60.1}=130:1$  s účinnosťou  $\eta_P=0,96$

- krútiaci moment na urýchlenie zotrvačných hmôt pri rozbehu bubna

$$M_{K \text{ U AM-190}} = M_{K \text{ HMU AM-190}} \cdot i_{PM60,1} \cdot \eta_p = 87,74 \cdot 130 \cdot 0,96 = 10949,82 \text{ [N.m]}$$

- moment zotrvačnosti bubna naplneného betónom /Pro/ENGINEER 2001/

$$J_{AM-190} \doteq 12000 \text{ [kgm}^2\text{]}$$

- uhlové zrýchlenie

$$\varepsilon_{B \text{ AM-190}} = \frac{M_{U \text{ AM-190}}}{J_{AM-190}} = \frac{10949,82}{12000} = 0,91 \text{ [s}^{-2}\text{]}$$

- doba rozbehu

$$t_{AM-190} = \frac{\omega_B}{\varepsilon_{B \text{ AM-190}}} = \frac{\frac{2\pi}{60} \cdot n_B}{\frac{2\pi}{60} \cdot 14} = \frac{1}{14} \cdot \frac{n_B}{1} = 1,61 \text{ [s]}$$

Axiálny piestový hydromotor neregulačný MK89 V /20 CBN 113535 ZŤS – Dubnica nad Váhom (tab. 5.2.1.) [VI]

Tabuľka 5.2.1.

	Veľkosť 089
Max. geometrický objem na otáčku	89 [cm <sup>3</sup> ]
Max. tlak /trvalý pracovný tlak/	42 [Mpa]
Menovitý tlak	21 [Mpa]
Plniaci tlak	1.1-2.5 [Mpa]
Max. tlak v skriňi hydromotora	max. trvale 0,25 [Mpa] krátkodobe 0,5 [Mpa]
Krútiaci moment pri 35 MPa	471 [N.m]
Maximálne otáčky	2590 [min <sup>-1</sup> ]
Minimálne otáčky	50 [min <sup>-1</sup> ]
Menovité otáčky	1500 [min <sup>-1</sup> ]
Kinematická viskozita pracovnej kvapaliny :	
- štartovacia	1000 [mm <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> ]
- prevádzková	12-60 [mm <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> ]
- optimálna prevádzková	25-36 [mm <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> ]
Pracovná kvapalina	minerálne oleje
Pracovná teplota okolia	-40 až +55 [°C]
Rozsah teplôt pracovnej kvapaliny	-40 až +80 [°C]
Trieda čistoty pracovnej kvapaliny	18/13 ISO4406
Smer otáčania hriadeľa	Reverzačný
Maximálny uhol vyklonenia šíkmnej dosky	18[°]
Hmotnosť	47 [kg]

### 5.3 HYDROGENERÁTOR

- pohon hydrogenerátora je odvodený od trakčného motoru podvozku
- prevod medzi spalovacím motorom a hydrogenerátorom  $i=1:1$
- maximálne otáčky bubna

$$n_B = 14 \left[ \text{ot} \cdot \text{min}^{-1} \right]$$

- otáčky hydromotora /vstupné otáčky prevodovky/

$$n_{HM} = n_B \cdot i_{PM60.1} = 14.130 = 1820 \left[ \text{ot} \cdot \text{min}^{-1} \right]$$

- prietok hydrogenerátora a hydromotora

$$Q = \frac{V_g \cdot \eta_{HM}}{1000 \cdot \eta_V} = \frac{89.1820}{1000 \cdot 0,95} = 170,5 \left[ \text{l} \cdot \text{min}^{-1} \right]$$

- otáčky hydrogenerátora

$$n_{HG} = \frac{1000 \cdot Q}{V_g \cdot \eta_V} = \frac{1000 \cdot 170,5}{89,0,95} = 2016,62 \left[ \text{min}^{-1} \right]$$

- skutočný tlak

$$\Delta p = p - p_s = 35 - 1,5 = 33,5 \left[ \text{MPa} \right]$$

- maximálny krútiaci moment hydromotora

$$M_{K_{HM}} = \frac{V_g \cdot \Delta p \cdot \eta_m}{2\pi} = \frac{89.33,5 \cdot 0,96}{2\pi} = 455,54 \left[ \text{N} \cdot \text{m} \right]$$

- maximálny krútiaci moment bubna

$$M_{K_B MAX} = M_{K_{HM}} \cdot i_{PM60.1} \cdot \eta_P = 455,54 \cdot 130 \cdot 0,94 = 55666,94 \left[ \text{N} \cdot \text{m} \right]$$

Prevodovka PM60.1 je určená pre maximálny krútiaci moment  $M_{K MAX}=60000$  [N.m] a pre domiešavače s objemom až 10 [m<sup>3</sup>], ZŤS Sabinov uvádzá že krútiaci moment u automiešačov s objemom 9 [m<sup>3</sup>] sa pohybuje okolo hodnôt 30000 až 45000 [N.m]

Axiálny piestový hydrogenerátor regulačný GR089 MHP /20 DBC 13C ZŤS – Dubnica nad Váhom (tab. 5.3.1.) [VI]

Tabuľka 5.3.1.

	Veľkosť 089
Max. geometrický objem na otáčku regulačného hydrogenerátora	89 [cm <sup>3</sup> ]
Max. prietok	230,5 [l.min <sup>-1</sup> ]
Max. tlak /trvalý pracovný tlak/	42 [Mpa]
Menovitý tlak	21 [Mpa]
Plniaci tlak	1,3-2,5 [Mpa]
Max. tlak v skriní hydrogenerátora	max.trvale 0,25 [Mpa] krátkodobe 0,5 [Mpa]
Maximálne otáčky	2590 [min <sup>-1</sup> ]
Minimálne otáčky	500 [min <sup>-1</sup> ]
Menovité otáčky	1500 [min <sup>-1</sup> ]
Kinematická viskozita pracovnej kvapaliny :	
- štartovacia	1000 [mm <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> ]
- prevádzková	12-60 [mm <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> ]
- optimálna prevádzková	25-36 [mm <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> ]
Pracovná kvapalina	minerálne oleje
Pracovná teplota okolia	-40 až +55 [°C]
Rozsah teploty pracovnej kvapaliny	-40 až +80 [°C]
Trieda čistoty pracovnej kvapaliny	18/13 ISO4406
Smer otáčania hriadeľa	pravotočivý alebo ľavotočivý
Maximálny uhol vyklonenia výkyvnej dosky	±18[°]
Hmotnosť	78 [kg]

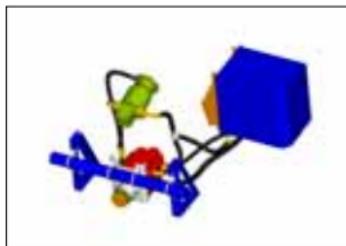
## 5.4 HYDRAULICKÁ SCHÉMA

Hydrogenerátor GR089 MHP /20 DBC 13C ZŤS – Dubnica nad Váhom  
(obr. 5.4.1.a,b - červená, schéma 5.4.1. - HG)

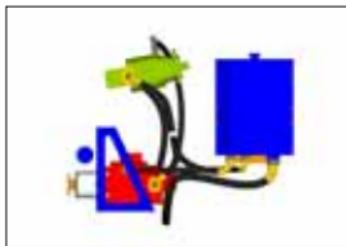
Hydromotor MK89 V /20 CBN 113535 ZŤS – Dubnica nad Váhom  
(obr. 5.4.1.a,b - zelená, schéma 5.4.1. - HM)

HYDRIVE 2020 Blackmer /hydraulický chladič/  
(obr. 5.4.1.a,b - modrá, schéma 5.4.1. – HYDRIVE)

1. Škrtiaci ventil na ovládanie otáčok ventilátora
2. Motor ventilátora
3. Ventilátor
4. Nastaviteľný tlakový ventil
5. Obtokový ventil filtra
6. Filter
7. Chladič
8. Meracie miesto tlakovej vetvy
9. Meracie miesto odpadovej vetvy



obr. 5.4.1.a



obr. 5.4.1.b

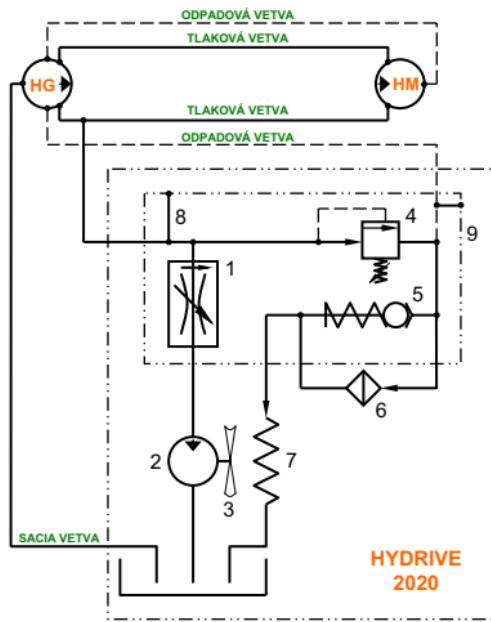
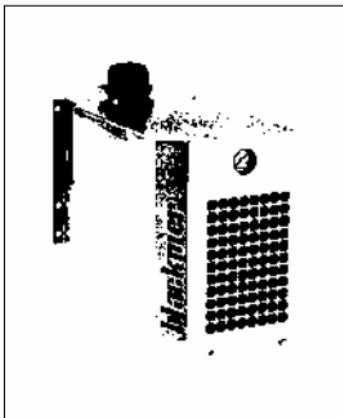


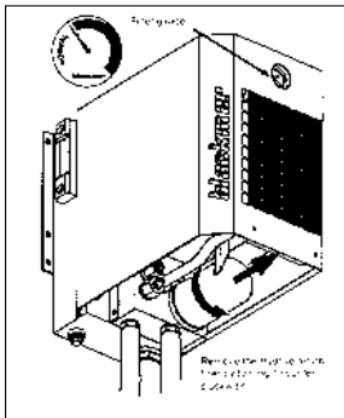
schéma 5.4.1.

- a. sacia vetva DN32
- b. tlaková vetva HG→HM DN25
- c. tlaková vetva HM→HG, HM→HYDRIVE DN25
- d. odpadová vetva HG→HM DN25
- e. odpadová vetva HG→HYDRIVE DN20

- hydraulický chladič HYDRIVE (obr. 5.4.2.a,b, tab. 5.4.1.)



obr. 5.4.2.a



obr. 5.4.2.b

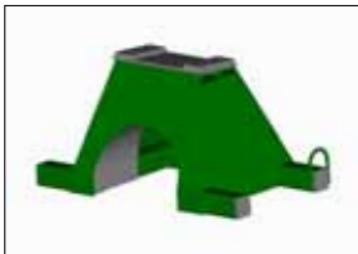
Tabuľka 5.4.1.

HYDRIVE 2020	
Prietok oleja	55-190 [ $\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$ ]
Tlak v obvode	50-300 [bar]
Otáčky ventilátora	2800 [ $\text{ot} \cdot \text{min}^{-1}$ ]
Spätný tlak	1-5 [bar]
Tepelné straty	20 [ $\text{kW}$ ] na 40 [ $^{\circ}\text{C}$ ]
Prietok oleja na pohon ventilátora	5,5 [ $\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$ ]
Hmotnosť /bez náplne/	35 [kg]
Objem olejovej nádrže	17 [l]

## 6. PRIEČNIKY

### 6.1 TVAR A ROZMERY PRIEČNIKOV

Tvar a základné rozmery priečnikov sú prevzaté z typovej rady AM-XXX. Oproti AM-160 boli zmenené profily priečnych trubiek ( $4\text{HR-TR } 100\times50-8 \Rightarrow 100\times100-8$ ) a hrúbky predných a zadných plechov predného (obr. 6.1.1.) a zadného (obr. 6.1.2.) priečnika. Vzhľadom k nárastu tiaže bubna oproti typu AM-160 o 7050 [kg] je potrebné vykonať pevnostnú kontrolu priečnikov. Týmto spôsobom boli upravené aj priečniky pre AM-170 a AM-180 (bez pevnostnej kontroly).



obr. 6.1.1.

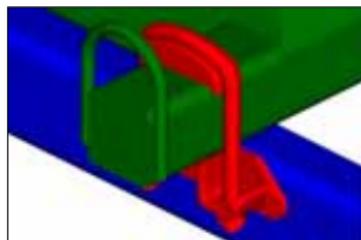


obr. 6.1.2.

Tiaž bubna sa prenáša na predný priečnik cez planétovú prevodovku (obr. 4.1.1.) a na zadný priečnik cez odvalovacie kladky (obr. 6.1.3.). Priečniky sú pripojené k pomocnému rámu pomocou strmeňov (obr. 6.1.4.).



obr. 6.1.3.



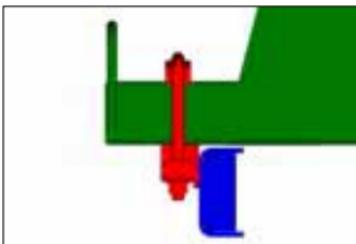
obr. 6.1.4.

**ULOŽENIA PRIEČNIKOV :****Alternatíva č.1.:**

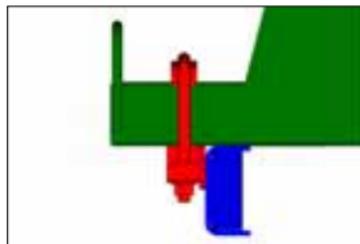
Spôsob uloženia priečnikov použitý pri typoch AM-160, AM-170 a AM-180 podľa pôvodného projektu ZŤS VÚSaZS Brno (obr. 6.1.5.) umožňuje len kontakt s držiakom na ploche 9x68 [mm] a neumožňuje priamy kontakt priečnika s pomocným rámom (medzera medzi priečnikom a rámom je 4 [mm]).

**Alternatíva č.2.:**

Navrhovaná úprava umožňujúca dotyk priečnika s držiakom aj pomocným rámom (obr. 6.1.6.). Táto úprava by mala znížiť namáhanie priečnika, rámu aj spojovacích elementov ⇒ pozri pevnostnú kontrolu.



obr. 6.1.5.



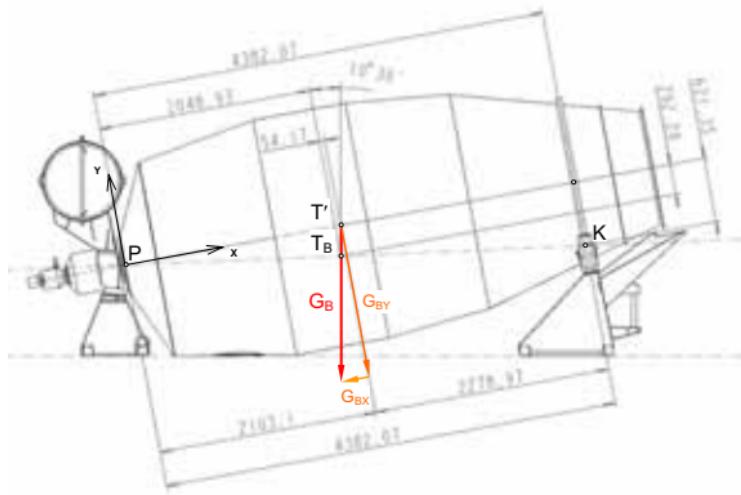
obr. 6.1.6.

## 6.2 ZAŤAŽENIE PÔSOBIACE NA PRIEČNKY

Sily pôsobiace na priečniky sú určené na základe 3D modelu AM-190 vytvoreného v Pro/ENGINEER 2001. Uvažovalo sa statické pôsobenie betónu v bubne a vlastná tiaž nadstavby pôsobiaca na priečniky (bubon, prevodovka, hydraulika a nádrž). ⇒ poloha ďažiska a veľkosť tiaže (obr. 6.2.1. a 6.2.2.) ⇒ rozklad sily na predný a zadný priečnik

Predný priečnik       $P_y, P_x, G_N$

Zadný priečnik      K + tiaž násypky a plošiny /+ 2 osoby/

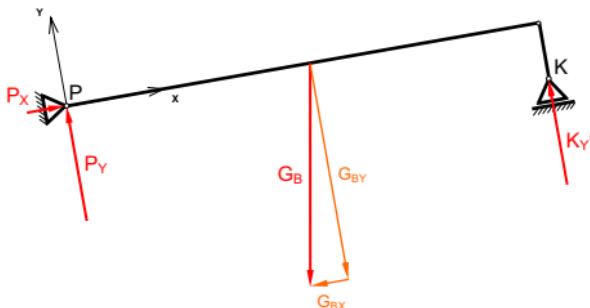


obr. 6.2.1.

- súradnice dotyku prevodovky a bubna /bod P/  
 $x_p=0$  [mm]  
 $y_p=0$  [mm]
- súradnice tlažiska bubna /bod  $T_B$ /  
 $x_T=2048,93$  [mm]  
 $y_T=-292,28$  [mm]
- súradnice dotyku kladky a odvalovacieho kruhu /bod K/  
 $x_K=4382,07$  [mm]  
 $y_K=-621,35$  [mm]
- priemet tlažiska na os bubna /bod  $T'$ /  
 $x_{T'}=x_T+x'=2048,93+\tan 10,5^\circ \cdot 292,28=2,05 \cdot e^3 + 54,17 = 2103,1$  [mm]  
 $y_{T'}=0$  [mm]
- hmotnosť bubna /Pro/ENGINEER 2001/  
 $m_B=23508,65$  [kg]

- tiaž bubna

$$\begin{aligned} G_B &= 230619,87 \text{ [N]} \\ G_{BX} &= G_B \cdot \sin \alpha = 42027,13 \text{ [N]} \\ G_{BY} &= G_B \cdot \cos \alpha = 226758,12 \text{ [N]} \end{aligned}$$

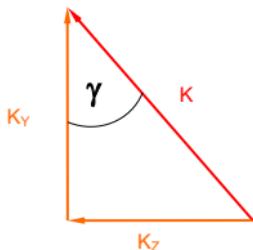


- výpočet reakcií

$$\sum F_{ix} = 0: P_x - G_{BX} = 0 \Rightarrow P_x = G_{BX} = 42027,13 \text{ [N]}$$

$$\sum M_P = 0: G_{BY} \cdot x_T' \cdot K_Y' \cdot x_K = 0 \Rightarrow K_Y' = \frac{G_{BY} \cdot x_T'}{x_K} = 108828,67 \text{ [N]}$$

$$\sum F_{iy} = 0: P_y - G_{BY} + K_Y' = 0 \Rightarrow P_y = G_{BY} - K_Y' = 117929,45 \text{ [N]}$$



- uhol medzi osou bubna a kladkami meraný v rovine kolmej na os

$$\gamma' = 81,98^\circ \text{ /Pro/ENGINEER 2001/}$$

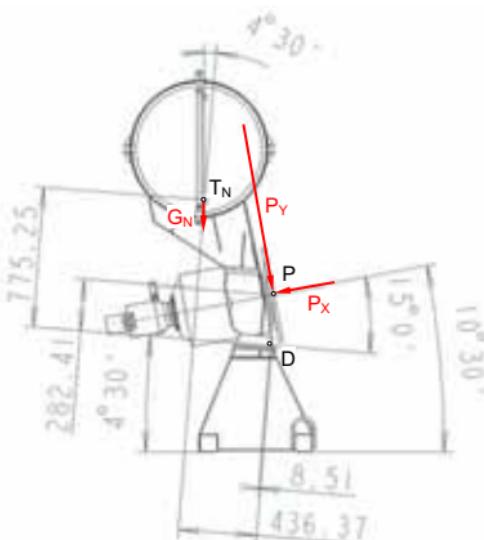
$$\gamma = \frac{\gamma'}{2} = 40,99^\circ$$

- výpočet reakcií

$$K_Y = \frac{K_Y'}{2} = 54414,33 \text{ [N]}$$

$$K_Z = K_Y \cdot \operatorname{tg} \gamma = 47288,94 \text{ [N]}$$

$$K = \frac{K_Y}{\cos \gamma} = 72091,36 \text{ [N]}$$



obr. 6.2.2.

- súradnice dotyku dosky predného priečnika a prevodovky /bod D/  
 $\xi_D=0$  [mm]  
 $\mu_D=0$  [mm]
- súradnice dotyku dotyku prevodovky a bubna /bod P/  
 $\xi_P=-8,51$  [mm]  
 $\mu_P=282,41$  [mm]
- súradnice ľažiska nádrže a prevodovky /bod  $T_N$ /  
 $\xi_T=-436,37$  [mm]  
 $\mu_T=775,25$  [mm]

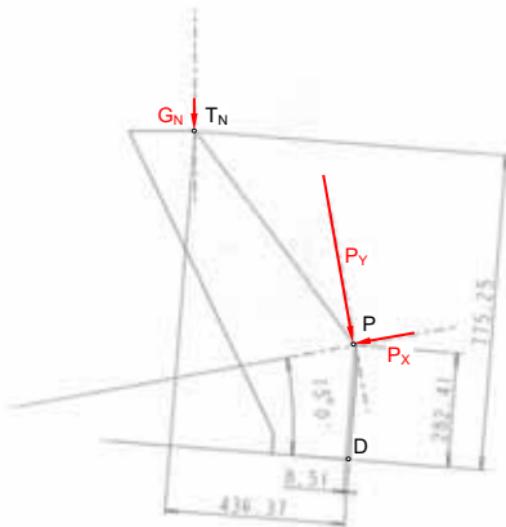
- hmotnosť nádrže a prevodovky /Pro/ENGINEER 2001/

$$m_N = 1393,9 \text{ [kg]}$$

- tiaž nádrže a prevodovky

$$G_N = 13674,15 \text{ [N]}$$

- zjednodušený model nádrže a prevodovky (obr. 6.2.3.)



obr. 6.2.3.

### 6.3 VÝPOČTOVÝ MODEL

Pôvodné modely priečnikov vytvorené v Pro/ENGINEER 2000i sú kombináciou solid (pôvodný model) a sheetmetal (úpravy).

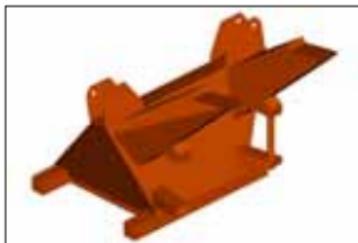
PÔVODNÝ MODEL /predný a zadný priečnik AM-170 VSS Košice/

⇒ zmena hrúbky predného a zadného plechu, profilu priečnych trubiek a oprava nepresnosti

⇒ vytvorenie Feature potrebných pre simulovanie pôsobenia síl na priečniky  
(obr.6.3.1.a,b)



obr. 6.3.1.a



obr. 6.3.1.b

⇒ spustenie modulu Pro/MECHANICA 2001  
Applications → Mechanica → Structure

⇒ VOL'BA TYPU ELEMENTOV

- a.) predný priečnik MIXED /Shell + Solid/
- b.) zadný priečnik MIDSURFACE /Shell/

⇒ TRANSFORMÁCIA SOLID → SHELL

Model → Idealizations → Shells → Midsurfaces → New → Constant → Pick  
/horná a dolná plocha/

⇒ TRANSFORMÁCIA SHEETMETAL → SHELL

Model → Idealizations → Shells → Midsurfaces → Auto Detect

⇒ ÚPRAVA STREDNICOVÝCH PLÔCH

/orientácia/

Model → Idealizations → Shells → Midsurfaces → Edit

- Pair Place /umiestnenie strednicovej roviny - Red, Yellow, Mid Srf, Select Srf/
- Flip Pair /zmena orientácie/
- Thick Type /špecifikácia hrúbky – Constant/

⇒ FEATURES

/pomocné prvky pre určenie polohy síl, väzieb a riadenie sieťovania/

Model → Features

- Datum Point /pôsobiská síl, body pre prvky typu GAP/
- Coord System /užívateľský koord. systém pre silové okrajové podmienky/
- Datum Curve /riadenie sieťovania – počet bodov na krivku/
- Surf Region /zadávanie geom. okrajových podmienok a prvkov typu GAP/

## ⇒ CONNECTIONS

/spájanie strednicových plôch - zvary/

Model → Idealizations → Connections

→ End Welds → New

→ Perim Welds → New

## ⇒ GAP

/kontakt medzi priečnikmi a rámom/

Model → Idealizations → Gaps → New /Point-Surface – Not Defined – Clearance=0,2 (vôľa v smere osi prvku 0,2mm)/

## ⇒ CONSTRAINTS

/geometrické okrajové podmienky/

Model → Constraints → New → Surface → Single → Translation x,y,z

## ⇒ LOADS

/silové okrajové podmienky/

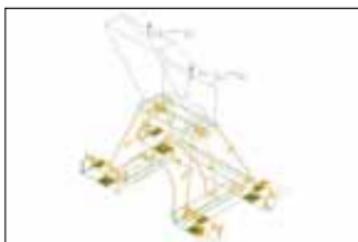
Model → Loads → New → Point, Surface → Single, Feature → Force x,y,z

## ⇒ MATERIALS

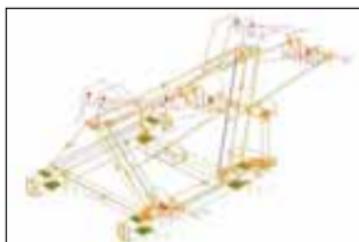
/materiál bol zadaný pri jednotlivých súčiastkách - PART/

Model → Materials

⇒ výpočtový model priečnikov Pro/MECHANICA 2001 (obr. 6.3.2.a,b,c,d)



obr. 6.3.2.a



obr. 6.3.2.b



obr. 6.3.2.c



obr. 6.3.2.d

## ⇒ ANALYSES

/nastavenie analýzy – názov, zaťažovacie stavy/  
Analyses → New

## ⇒ MESH - CONTROLS

/riadenie siete – hustota siete/

Mesh → Controls → New

→ Maximal Element Size /určenie max. veľkosti elementov/

→ Minimal Element Size /určenie min. veľkosti elementov/

→ Edge Distribution /definovanie počtu uzlov na krivke/

## ⇒ MESH – CREATE (obr. 6.3.3.a,b)

/sieťovanie/

Mesh → Create → Midsurface /Triangles - zadný priečnik/, Mixed /Triangles - priečnik predný/ → Start → Element Quality Checks → Checks → Close



obr. 6.3.3.a



obr. 6.3.3.b

## ⇒ RUN

/export do COSMOS/M alebo spustenie analýzy Pro/MECHANICA 2001/  
Run → Solver /Cosmos/M/ → Analysis /Structural/ → Analyses → Output To File → \*.cos

⇒ úprava priečnik\_predny.cos – zmena TETRA4 → TETRA4R  
/zabezpečenie kompatibility medzi prvkami Tetra a Shell/

GEOSTAR TUTORIAL - We will mesh the volumes with TETRA4R elements. For this problem, we could use TETRA4, TETRA10, or SOLID. We selected TETRA4R because it is automatically compatible with shell elements (both elements have 6 DOF per node).

## ⇒ načítanie súboru \*.cos v module GEOSTAR

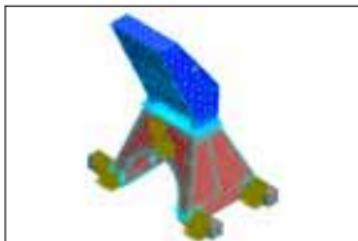
Open New Problem Files → File → Load → \*.cos → OK

⇒ RBAR

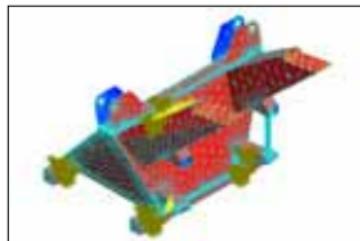
/simulácia zvarov - pridanie teoreticky nekonečne tuhého spojenia medzi uzlami/

v Pro/MECHANICA 2001 je pre tento účel možné využiť príkaz Model → Idealizations → Connections → Perim Welds → New /spojenie teoreticky nekonečne tuhými elementami/

⇒ výpočtový model COSMOS/M (obr. 6.3.4.a,b)



obr. 6.3.4.a



obr. 6.3.4.b

/nastavenie lineárnej statickej analýzy s uvažovaním vlastnej tiaže priečnikov/

⇒ R STAT

/spustenie lineárnej statickej analýzy/

⇒ A BUCKLING.5.S.100.0.0.0.1E-005.0.1E-006.0.0.0.0.0

## /nastavenie analýzy lineárnej stability/

⇒ R BUCKLING

/spustenie analýzy lineárnej stability/

## 6.4 PEVNOSTNÁ KONTROLA PREDNÉHO PRIEČNIKA

[DIPLOMOVKA\_CD2]

[FEM\_PRIECNIK\_PREDNY]

→ [PP]	→ PP.gen
→ [PP_G]	→ PP_G.gen (tab. 6.4.1.)
→ [PP_G_]	→ <b>PP_G_.gen</b> (tab. 6.4.2.)
→ [PP_GAP]	→ PP_GAP.gen
→ [PP_GAP_G]	→ PP_GAP_G.gen (tab. 6.4.3.)
→ [PP_GAP_G_]	→ <b>PP_GAP_G_.gen</b> (tab. 6.4.4.)

[FEM\_RESULTS]

→ [RESULTS_AVI]	→ PP_GAP_G.avi
→ [RESULTS_PP]	

G - alt.č.1 s uvažovaním vlastnej tiaže

G - alt.č.2 s uvažovaním vlastnej tiaže

GAP - s použitím elementov typu GAP

Tabuľka 6.4.1.

PP_G_ /stabilita/ C525MHz, 256MB RAM	
Počet uzlov	14660
Počet elementov	47143
Počet rovníc	86262
Čas riešenia /statika/	28 [min]
Čas riešenia /stabilita/	56 [min]

Tabuľka 6.4.2.

PP_G /stabilita/ C525MHz, 256MB RAM	
Počet uzlov	14660
Počet elementov	47143
Počet rovníc	86262
Čas riešenia /statika/	28 [min]
Čas riešenia /stabilita/	56 [min]

Tabuľka 6.4.3.

PP_GAP_G_ /statika/ C525MHz, 256MB RAM	
Počet uzlov	14996
Počet elementov	47311
Počet rovníc	87198
Čas riešenia /statika/	31 [min]
Čas riešenia /stabilita/	34 [min]

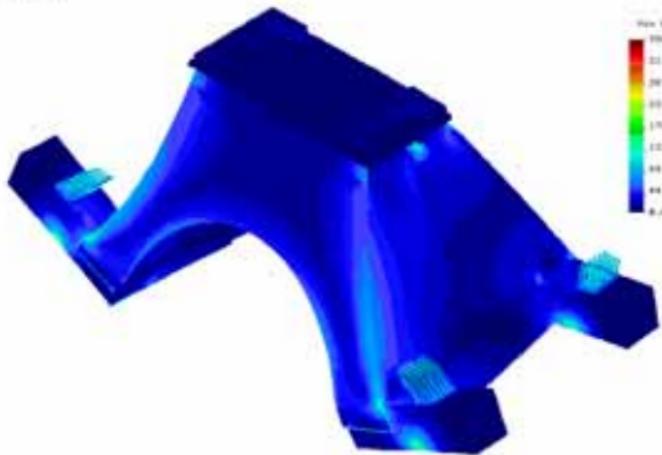
Tabuľka 6.4.4.

PP_GAP_G /statika/ C525MHz, 256MB RAM	
Počet uzlov	14996
Počet elementov	47479
Počet rovníc	86861
Čas riešenia /statika/	43 [min]
Čas riešenia /stabilita/	44 [min]

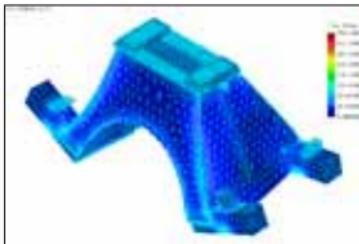
### A. NAPÄTIA

- rozloženie napäti PP\_GAP\_G\_ ⇒  $\sigma_{MAX}=356,3$  [MPa] (obr. 6.4.1. a 6.4.2.)
- rozloženie napäti PP\_GAP\_G\_ ⇒  $\sigma_{MAX}=50$  [MPa] (obr. 6.4.3)
- výpis napäti PP\_GAP\_G\_ ⇒ 25% maximálnych hodnôt (tab. 6.4.5.)
- výpis napäti PP\_GAP\_G\_ ⇒ 25% maximálnych hodnôt (tab. 6.4.6.)

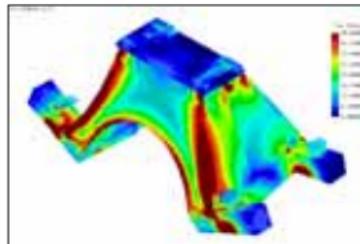
Läs. 07/08/08 Lekce 0



obr. 6.4.1.



obr. 6.4.2.



obr. 6.4.3

Tabuľka 6.4.5.

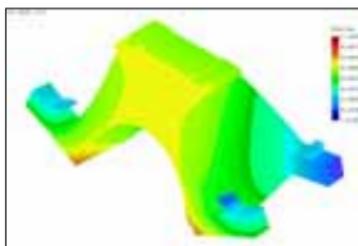
Napäťia - Zat' stav 1 - Dolný povrch - 25%	
Č. uzla	Von Mises [MPa]
12528	356.288
12533	320.682
12425	320.405
12253	308.495
12429	299.46
12423	287.118
9585	276.708
9716	276.277
9537	270.441

Tabuľka 6.4.6.

Napäťia - Zat' stav 1 - Dolný povrch - 25%	
Č. uzla	Von Mises [MPa]
10646	268.365
12253	267.66
11093	253.181
11206	251.171
10526	234.488
10530	204.838

**B. POSUNUTIA**

- znázormenie poľa posunutí  
 $PP\_GAP\_G_ \Rightarrow \delta_{MAX}=1,1283 [\text{mm}]$  (obr. 6.4.4.)
- výpis uzlových posunutí  
 $PP\_GAP\_G_ \Rightarrow 5\% \text{ max. hodnôt}$  (tab. 6.4.7.)  
 $PP\_GAP\_G_ \Rightarrow 5\% \text{ max. hodnôt}$  (tab. 6.4.8.)



obr. 6.4.4.

Tabuľka 6.4.7.

Posunutia - Zat' stav 1 - 5%	
Č. uzla	Výsl. posunutia [mm]
3644	1.12833
3634	1.12831
3645	1.12827
3631	1.12827
3632	1.12824
...	...
$\Sigma=113$ uzlov	

Tabuľka 6.4.8.

Posunutia - Zat' stav 1 - 5%	
Č. uzla	Výsl. posunutia [mm]
3677	0.594818
3645	0.594799
3644	0.594795
3678	0.594783
3634	0.594714
...	...
$\Sigma=122$ uzlov	

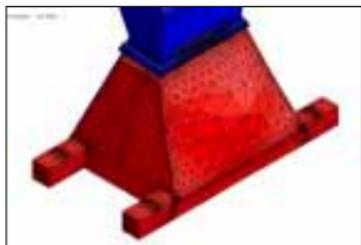
- výpis reakcií vo väzbách - kontrola (tab. 6.4.9.)

Tabuľka 6.4.9.

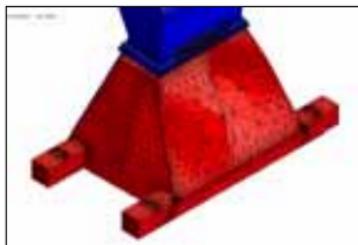
Zaťažovací stav 1				
Reakcie	RFX	RFY	RFZ	RFRES
Podpera 1	8.973e+003	4.257e+004	2.411e+004	4.974e+004
<b>Podpera 2</b>	<b>9.032e+003</b>	<b>4.279e+004</b>	<b>-2.421e+004</b>	<b>4.999e+004</b>
Podpera 3	8.703e+002	2.676e+004	2.518e+004	3.676e+004
<b>Podpera 4</b>	<b>9.575e+002</b>	<b>2.655e+004</b>	<b>-2.508e+004</b>	<b>3.653e+004</b>
Výsledné	1.983e+004	1.387e+005	9.766e-004	1.401e+005

### C. LINEÁRNA STABILITA - BUCKLING

- znázornenie deformovaného tvaru  
 $PP\_G_- \Rightarrow 15,3$  násobok maximálneho zaťaženia (obr. 6.4.5.)  
 $PP\_G_- \Rightarrow 25,4$  násobok maximálneho zaťaženia (obr. 6.4.6.)
- výpis násobku zaťaženia pri ktorom dôjde k strate stability  
 $PP\_G_- \Rightarrow 5$  najnižších hodnôt (tab. 6.4.10.)  
 $PP\_G \Rightarrow 5$  najnižších hodnôt (tab. 6.4.11.)



obr. 6.4.5.



obr. 6.4.6.

Tabuľka 6.4.10.

	Násobok zaťaženia
1	1.532670e+001
2	2.543909e+001
3	2.884870e+001
4	3.217447e+001
5	3.223852e+001

Tabuľka 6.4.11.

	Násobok zaťaženia
1	1.643897e+001
2	2.781539e+001
3	3.031093e+001
4	3.608284e+001
5	3.619655e+001

**VYHODNOTENIE :**

- materiál predného priečnika  $\Rightarrow 11523.1$  (tab. 3.7.5)
- maximálny prevádzkový tlak (skúšobný) - 9 [ $m^3$ ] betónu

$$\sigma_{\text{MAX } 9 \text{ PP\_GAP\_G}_-} = 356,3 > Re = 355 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{\text{MAX } 9 \text{ PP\_GAP\_G}_-} = 268,4 < Re = 355 \text{ [MPa]}$$

- užitočný tlak - 8 [ $m^3$ ] betónu

$$\sigma_{\text{MAX } 8 \text{ PP\_GAP\_G}_-} = \sigma_{\text{MAX } 9 \text{ PP\_GAP\_G}_-} \cdot \frac{V_8}{V_9} = 356,3 \cdot \frac{8}{9} = 316,7 < Re = 355 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{\text{MAX } 8 \text{ PP\_GAP\_G}} = \sigma_{\text{MAX } 9 \text{ PP\_GAP\_G}_+} \cdot \frac{V_8}{V_9} = 268,4 \cdot \frac{8}{9} = 238,5 < Re = 355 \text{ [MPa]}$$

- výsledky jednotlivých analýz sú k dispozícii v prílohe CD2  
[DIPLOMOVKA\_CD2]  $\rightarrow$  [FEM\_RESULTS]  $\rightarrow$  [RESULTS\_PP]

Z analýzy vyplýva zníženie napäti (najmä kontaktných) pri kontakte priečnika s držiakom aj pomocným rámom (alt.č.2) oproti kontaktu len s držiakom (alt.č.1). Maximálne napätie sa pri alternatíve č.1 nachádza na hranici klzu. Pri alternatíve č.2 sa napäťia nachádzajú výrazne pod medzou klzu. Maximálne napäťia sú v miestach kontaktov priečnika s pomocným rámom a v miestach zavarov medzi jednotlivými segmentami (najmä spojenia plechov so 4HR-TR). Tieto maximálne napäťia sú však vždy len v jednom uzle a v susedných uzloch sú už výrazne nižšie.

Strata stability nastane pri zaťažení rovnajúcemu sa 15,3 (alt. č.1) a 16,4 (alt č.2) násobku maximálneho prevádzkového zaťaženia.

Tieto napäťia boli zistené statickou analýzou pri maximálnom možnom zaťažení hydrostatickým tlakom  $9m^3$  betónu s hustotou  $\rho_{\text{BET}}=2350 \text{ [kg.m}^{-3}\text{]}$ .

**$\Rightarrow$  predný priečnik vyhovuje**

## 6.5 PEVNOSTNÁ KONTOLA ZADNÉHO PRIEČNIKA

[DIPLOMOVKA\_CD2]

[FEM\_PRIECNIK\_ZADNY]

→ [PZ]	→ PZ.gen
→ [PZ_G]	→ PZ_G.gen (tab. 6.5.1.)
→ [PZ_G_]	→ <b>PZ_G_.gen</b> (tab. 6.5.2.)
→ [PZ_GAP]	→ PZ_GAP.gen
→ [PZ_GAP_G]	→ PZ_GAP_G.gen (tab. 6.5.3.)
→ [PZ_GAP_G_]	→ <b>PZ_GAP_G_.gen</b> (tab. 6.5.4.)

[FEM\_RESULTS]

→ [RESULTS_AVG]	→ PZ_GAP_G.avi
→ [RESULTS_PZ]	

G - alt.č.1 s uvažovaním vlastnej tiaže

G - alt.č.2 s uvažovaním vlastnej tiaže

GAP - s použitím elementov typu GAP

Tabuľka 6.5.1.

<b>PZ_G_</b> /stabilita/ C525MHz, 256MB RAM	
Počet uzlov	13643
Počet elementov	27722
Počet rovníc	79875
Čas riešenia /statika/	3 min
Čas riešenia /stabilita/	9 min

Tabuľka 6.5.2.

<b>PZ_G</b> /stabilita/ C525MHz, 256MB RAM	
Počet uzlov	13643
Počet elementov	27722
Počet rovníc	79053
Čas riešenia /statika/	3 min
Čas riešenia /stabilita/	9 min

Tabuľka 6.5.3.

<b>PZ_GAP_G_</b> /statika/ C525MHz, 256MB RAM	
Počet uzlov	13811
Počet elementov	27894
Počet rovníc	79839
Čas riešenia /statika/	7 min
Čas riešenia /stabilita/	6 min

Tabuľka 6.5.4.

<b>PZ_GAP_G</b> /statika/ C525MHz, 256MB RAM	
Počet uzlov	13979
Počet elementov	28066
Počet rovníc	79565
Čas riešenia /statika/	12 min
Čas riešenia /stabilita/	6 min

## A. NAPÄTIA

- rozloženie napäti PZ\_GAP\_G\_ ⇒  $\sigma_{MAX}=393,9$  [MPa] (obr. 6.5.1. a 6.5.2.)
- rozloženie napäti PZ\_GAP\_G\_ ⇒  $\sigma_{MAX}=50$  [MPa] (obr. 6.5.3)
- výpis napäti PZ\_GAP\_G\_ ⇒ 25% maximálnych hodnôt (tab. 6.5.5.)
- výpis napäti PZ\_GAP\_G\_ ⇒ 25% maximálnych hodnôt (tab. 6.5.6.)

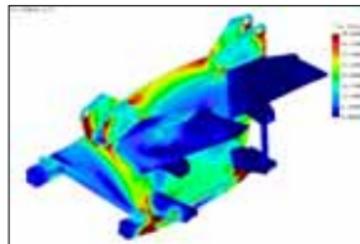
139 079988 Lure



obr. 6.5.1.



obr. 6.5.2.



obr. 6.5.3.

Tabuľka 6.5.5.

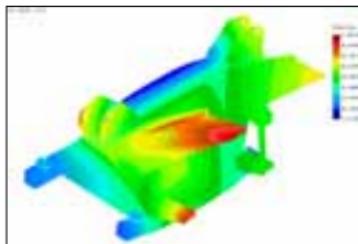
Napäťia - Zat. stav 1 - Dolný povrch - 25%	
Č. uzla	Von Mises [MPa]
6409	393.866
5685	392.306
6406	388.18
5688	375.043
6855	341.04
5771	329.724
2399	318.972
2446	315.282
7017	313.492
5855	310.207
2547	307.535
2603	306.059

Tabuľka 6.5.6.

Napäťia - Zat. stav 1 - Dolný povrch - 25%	
Č. uzla	Von Mises [MPa]
13532	288.61
13128	266.318
5685	246.981
12768	242.979
12775	238.959
13198	238.66
5688	233.713
6409	229.535
13526	227.544
6406	226.721
13228	225.698

**B. POSUNUTIA**

- znázormenie počtu posunutí
- $PZ\_GAP\_G_- \Rightarrow \delta_{MAX}=1,0156 \text{ [mm]}$  (obr. 6.5.4.)
- výpis uzlových posunutí  
 $PZ\_GAP\_G_- \Rightarrow 5\% \text{ max. hodnôt}$  (tab. 6.5.7.)  
 $PZ\_GAP\_G \Rightarrow 5\% \text{ max. hodnôt}$  (tab. 6.5.8.)



obr. 6.5.4.

Tabuľka 6.5.7.

Posunutia - Zat. stav 1 - 5%	
Č. uzla	Výsl. posunutia [mm]
12285	1.0156
12281	1.00051

Tabuľka 6.5.8.

Posunutia - Zat. stav 1 - 5%	
Č. uzla	Výsl. posunutia [mm]
12285	0.799059
12281	0.790909

- výpis reakcií vo väzbách - kontrola (tab. 6.5.9.)

Tabuľka 6.5.9.

Zaťažovací stav 1				
Reakcie	RFX	RFY	RFZ	RFRES
Podpera 1	-3.501e+003	9.496e+001	3.502e+002	3.520e+003
<b>Podpera 2</b>	<b>-2.751e+003</b>	<b>2.131e+003</b>	<b>-1.072e+003</b>	<b>3.641e+003</b>
Podpera 3	-7.182e+003	5.379e+004	3.581e+004	6.502e+004
<b>Podpera 4</b>	<b>-6.398e+003</b>	<b>5.716e+004</b>	<b>-3.509e+004</b>	<b>6.737e+004</b>
Výsledné	-1.983e+004	1.132e+005	2.441e-004	1.149e+005

### C. LINEÁRNA STABILITA - BUCKLING

- znázornenie deformovaného tvaru  
 $PZ_G_- \Rightarrow -4,6$  násobok maximálneho zaťaženia (obr. 6.5.5.)  
 $PZ_G_- \Rightarrow 9,5$  násobok maximálneho zaťaženia (obr. 6.5.6.)
- výpis násobku zaťaženia pri ktorom dôjde k strate stability  
 $PZ_G_- \Rightarrow 5$  najnižších hodnôt (tab. 6.5.10.)  
 $PZ_G_- \Rightarrow 5$  najnižších hodnôt (tab. 6.5.11.)



obr. 6.5.5.



obr. 6.5.6.

Tabuľka 6.5.10.

	Násobok zaťaženia
1	-9.169651e+000
2	-8.431590e+000
3	-6.521424e+000
4	-4.570479e+000
5	9.474473e+000

Tabuľka 6.5.11.

	Násobok zaťaženia
1	-9.136853e+000
2	-8.267581e+000
3	-6.491171e+000
4	-4.499462e+000
5	1.114403e+001

**VYHODNOTENIE :**

- materiál zadného priečnika  $\Rightarrow 11523.1$  (tab. 3.7.5)
- maximálny prevádzkový tlak (skúšobný) - 9 [ $m^3$ ] betónu

$$\sigma_{\text{MAX } 9 \text{ PZ\_GAP\_G}_-} \doteq 393,9 > Re = 355 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{\text{MAX } 9 \text{ PZ\_GAP\_G}_-} \doteq 288,6 < Re = 355 \text{ [MPa]}$$

- užitočný tlak - 8 [ $m^3$ ] betónu

$$\sigma_{\text{MAX } 8 \text{ PZ\_GAP\_G}_-} = \sigma_{\text{MAX } 9 \text{ PZ\_GAP\_G}_-} \cdot \frac{V_8}{V_9} = 393,9 \cdot \frac{8}{9} \doteq 350,1 < Re = 355 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{\text{MAX } 8 \text{ PZ\_GAP\_G}} = \sigma_{\text{MAX } 9 \text{ PZ\_GAP\_G}} \cdot \frac{V_8}{V_9} = 288,6 \cdot \frac{8}{9} \doteq 256,5 < Re = 355 \text{ [MPa]}$$

- výsledky jednotlivých analýz sú k dispozícii v prílohe CD2  
[DIPLOMOVKA\_CD2]  $\rightarrow$  [FEM\_RESULTS]  $\rightarrow$  [RESULTS\_PZ]

Z analýzy vyplýva zniženie napäti (najmä kontaktných) pri kontakte priečnika s držiakom aj pomocným rámom (alt.č.2) oproti kontaktu len s držiakom (alt.č.1). Maximálne napäcia pri alternatíve č.1 prekračujú medzu klzu v štyroch uzloch. Pri alternatíve č.2 sa napäcia nachádzajú výrazne pod medzou klzu. Maximálne napäcia sú v miestach kontaktov priečnika s pomocným rámom a v miestach zvarov medzi jednotlivými segmentami (najmä spojenia plechov so 4HR-TR). Tieto maximálne napäcia sú však vždy len v jednom uzle a v susedných uzloch sú už výrazne nižšie.

Strata stability nastane pri zaťažení rovnajúcemu sa 9,5 (alt. č.1) a 11,1 (alt. č.2) násobku maximálneho prevádzkového zaťaženia.

Tieto napäcia boli zistené statickou analýzou pri maximálnom možnom zaťažení hydrostatickým tlakom  $9m^3$  betónu s hustotou  $\rho_{\text{BET}}=2350 \text{ [kg.m}^{-3}\text{]}$ .

**$\Rightarrow$  zadný priečnik vyhovuje**

## 7. PODVOZOK

### 7.1 ZÁKLADNÉ PARAMETRE PODVOZKU

- pri návrhu základných parametrov podvozku treba uvažovať s nasledovnými obmedzeniami :

#### A. MERNÝ TLAK MEDZI PODVOZKOM A STYKOVOU PLOCHOU

##### ZBIERKA ZÁKONOV č.116/1997 [IX]

§8 Hmotnosť vozidla, hmotnosť pripadajúca na nápravu a hmotnosť pripadajúca na kladku pásového vozidla.

(7) Merný tlak medzi vozovkou a stykovou plochou behúna pneumatiky nesmie pri hmotnosti 10 t pripadajúcej na nápravu prekročiť hodnotu 1000 kPa a pri hmotnosti viac ako 10 t pripadajúcej na nápravu 800 kPa. Podiel z celkovej hmotnosti vozidla pripadajúcej na jeho jednotlivé nápravy nesmie prevyšiť

- c.) pri dvojnáprave motorového vozidla súčet hmotnosti pripadajúcej na obe nápravy dvojnápravy pri ich čiastkovom rázvore
- |   |      |
|---|------|
| od 1,0 m a menej ako 1,3 m .....  | 16 t |
| od 1,3 m a menej ako 1,8 m .....  | 18 t |
| od 1,3 m a menej ako 1,8 m<br>ak je hmotnosť nápravy vybavená dvojitou montážou pneumatík<br>a vzduchovým alebo iným rovnocenným odpružením ..... | 19 t |

#### B. CELKOVÁ HMOTNOSŤ VOZIDLA

##### ZBIERKA ZÁKONOV č.116/1997

§8 Hmotnosť vozidla, hmotnosť pripadajúca na nápravu a hmotnosť pripadajúca na kladku pásového vozidla.

(8) Celková hmotnosť môže byť najviac pri

- c.) motorovom vozidle so štyrmi a viacerými nápravami s dvoma riadenými nápravami ak je hnacia náprava vybavená dvojitou montážou pneumatík a vzduchovým alebo iným rovnocenným odpružením s maximálnou hmotnosťou pripadajúcou na každú nápravu 9,5 t .... 32 t

**C. MAXIMÁLNA DĺŽKA A POLOHA ŤAŽISKA NADSTAVBY**

- nadstavba musí byť umiestnená tak, aby sa jej tiaž rozložila na jednotlivé nápravy v pomere neprekračujúcim hodnoty predpísané výrobcom podvozku prípadne zákonom č.116/1997 (pozri uloženie nadstavby na podvozku)
- rozostupy medzi jednotlivými nápravami musia byť dostatočne veľké pre umiestnenie nadstavby (maximálna dĺžka nadstavby udávaná výrobcom podvozku)

**D. MAXIMÁLNA VÝŠKA VOZIDLA**

- závisí od výšky nadstavby a podvozku (pozri uloženie nadstavby na podvozku - kapitola 7.3.)

⇒ maximálna hmotnosť pripadajúca na jednu zadnú nápravu je 9500 [kg]

⇒ maximálna hmotnosť na jednu prednú nápravu je 7500 [kg]

⇒ maximálna hmotnosť vozidla je 32000 [kg]

Tabuľka 7.1.1.

	NÁPRAVA 1	NÁPRAVA 2	NÁPRAVA 3	NÁPRAVA 4	SPOLU
Maximálna hmotnosť na nápravu [kg]	7500	7500	9500	9500	32000

⇒ pre rozloženie tlakov dané zákonom je potrebné použiť podvozok so štyrmi nápravami ktorého hmotnosť je 10000-12000 [kg]

⇒ hmotnosť nadstavby pri maximálnom prevádzkovom zaťažení je 25500 [kg] /Pro/ENGINEER 2001/

⇒ hmotnosť práznej nadstavby je 4350 [kg]

⇒ celková hmotnosť vozidla je približne 36000 [kg] (podvozok s hmotnosťou 10500 [kg])

⇒ pri maximálnom zaťažení bubna ( $9 \text{ [m}^3\text{]}$  betónu s hustotou  $2350 \text{ [kg.m}^{-3}\text{]}$ ) bude celková hmotnosť prekračovať povolenú celkovú hmotnosť vozidla o 4000 [kg]

⇒ maximálne zaťaženie bubna je možné využiť mimo cestných komunikácií prípadne exportovať do krajín s vyššou povolenou celkovou hmotnosťou vozidla

⇒ je potrebné zvoliť podvozok s čo najnižšou hmotnosťou

## 7.2 VYTIPOVANIE VHODNÝCH PODVOZKOV

### A. MAN Nutzfahrzeuge AG

Tabuľka 7.2.1.

Typ podvozku	Konfigurácia	Celková hmotnosť [kg]	Hmotnosť podvozku [kg]
<a href="#">41.364 VFK</a>	8x4/4	41000	9960
<a href="#">41.364 VFC</a>	8x4/4	41000	10125
<a href="#">41.364 VFAK</a>	8x6/4	41000	11220
<a href="#">41.364 VFAK</a>	8x8/4	41000	11570

Tabuľka 7.2.2.



### Zaradené Vozidlá

Nájdené vozidlá 9

strana 1 z 1 strany

Typ podvozku	Konfigurácia	Vzdialenosť medzi nápravami [mm]	Maximálna dĺžka nadstavby [mm]				
	Kabína	L01	L02	L03			Výkres podvozku
<a href="#">41.364 VFC</a>	8x4/4	N Nahverkehr	1500	3525	1400	7600	41000 950 <a href="#">81.99126.8447_1</a>
<a href="#">41.364 VFC/N</a>	8x4/4	N Nahverkehr	1500	3525	1400	7600	41000 950 <a href="#">81.99126.8446_1</a>
<a href="#">41.364 VFC/N</a>	8x4/4	N Nahverkehr	1500	4325	1400	8750	41000 950 <a href="#">81.99126.8448_1</a>
<a href="#">41.364 VFK</a>	8x4/4	N Nahverkehr	1500	2575	1400	5600	41000 700 <a href="#">81.99126.8440_1</a>
<a href="#">41.364 VFK</a>	8x4/4	N Nahverkehr	1500	3175	1400	6200	41000 700 <a href="#">81.99126.8443_1</a>
<a href="#">41.364 VFKN</a>	8x4/4	N Nahverkehr	1500	3175	1400	6200	41000 700 <a href="#">81.99126.8442_1</a>
<a href="#">41.364 VF/N-..</a>	8x4/4	N Nahverkehr	1500	2575	1400	5600	41000 700 <a href="#">81.99126.8441_1</a>
<a href="#">41.364 VFAK</a>	8x6/4	N Nahverkehr	1500	3175	1400	6200	41000 700 OHNE
<a href="#">41.364 VFAK</a>	8x8/4	N Nahverkehr	1500	3175	1400	6200	41000 700 <a href="#">82.991130.8969_1</a>

[Vehicle Selection](#) · [Shopping Cart](#) · [Help](#)MAN Nutzfahrzeuge AG, Abt. TDB, Dachauer Straße 667, D-80995 München  
[info\\_manted@mn.man.de](mailto:info_manted@mn.man.de)Telefax +49-(0)89-15804264  
25.04.2002

### B. TATRA a.s.

Tabuľka 7.2.3.

Typ podvozku	Konfigurácia	Celková hmotnosť [kg]	Hmotnosť podvozku [kg]
T815-2	8x8/4	35200	12000
T815-2 PR-7	8x8/4	36000	11500

## C. MERCEDES - BENZ

Tabuľka 7.2.4.

Typ podvozku	Konfigurácia	Celková hmotnosť [kg]	Hmotnosť podvozku [kg]
ACTROS 3235K - 4500	8x4/4	35000	10380
ACTROS 3235K - 4800	8x4/4	35000	10420
ACTROS 4140K - 4500	8x4/4	41000	10380
ACTROS 4140K - 4800	8x4/4	41000	10420
ACTROS 4148AK	8x6/4	41000	11520
ACTROS 4148AK	8x8/4	41000	12030

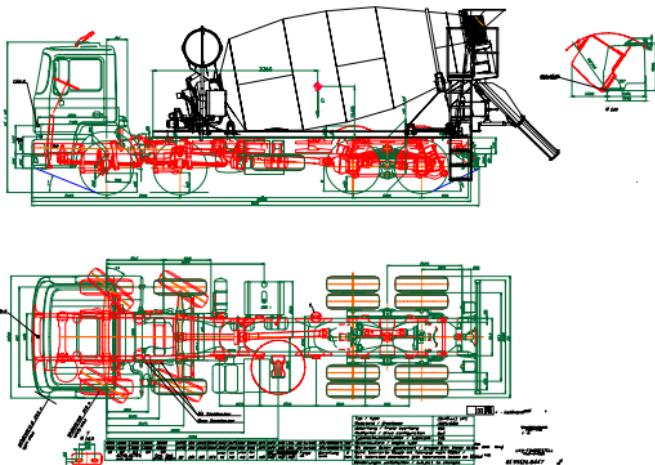
- porovnanie jednotlivých podvozkov podľa množstva prepravovaného betónu (tab. 7.2.5.)

Tabuľka 7.2.5.

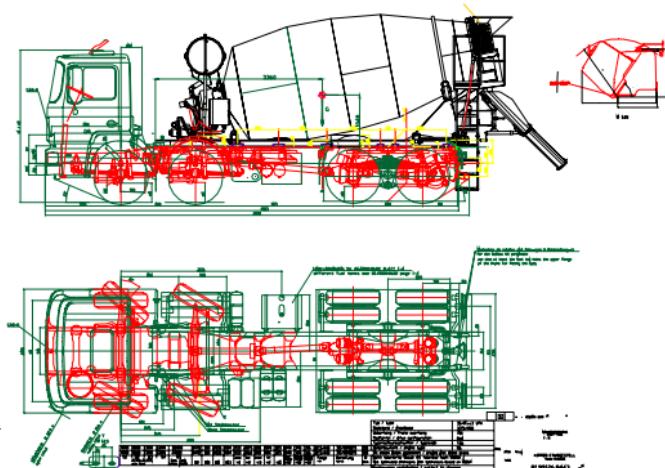
MNOŽSTVO PREPRAVOVANÉHO BETÓNU					
TYP PODVOZKU		Z.Z. č.116/1997 $m_{CELK} = 32000$ [kg]		MAXIMÁLNE ZAŤAŽENIE PODVOZKU	
		$\rho_{BET}=2350$ [kg.m <sup>-3</sup> ]	$\rho_{BET}=2150$ [kg.m <sup>-3</sup> ]	$\rho_{BET}=2350$ [kg.m <sup>-3</sup> ]	$\rho_{BET}=2150$ [kg.m <sup>-3</sup> ]
MAN <a href="#">41.364 VFK</a>	$m_{BET}$ [kg]	17690	17690	26690	26690
	$V_{BET}$ [m <sup>3</sup> ]	7,53	8,23	9	9
MAN <a href="#">41.364 VFC</a>	$m_{BET}$ [kg]	17525	17525	26525	26525
	$V_{BET}$ [m <sup>3</sup> ]	7,46	8,15	9	9
TATRA T815-2	$m_{BET}$ [kg]	15650	15650	18850	18850
	$V_{BET}$ [m <sup>3</sup> ]	6,66	7,28	8,02	8,77
TATRA T815-2 PR-7	$m_{BET}$ [kg]	16150	16150	20150	20150
	$V_{BET}$ [m <sup>3</sup> ]	6,87	7,51	8,57	9
MERCEDES ACTROS 3240K - 4800	$m_{BET}$ [kg]	17240	17240	20240	20240
	$V_{BET}$ [m <sup>3</sup> ]	7,34	8,02	8,61	9
MERCEDES ACTROS 4143K - 4800	$m_{BET}$ [kg]	17240	17240	26240	26240
	$V_{BET}$ [m <sup>3</sup> ]	7,34	8,02	9	9

### 7.3 ULOŽENIE NADSTAVBY NA PODVOZKU

- podvozok MAN 8x4/4 (VFC obr. 7.3.1. a VFK obr. 7.3.2.)

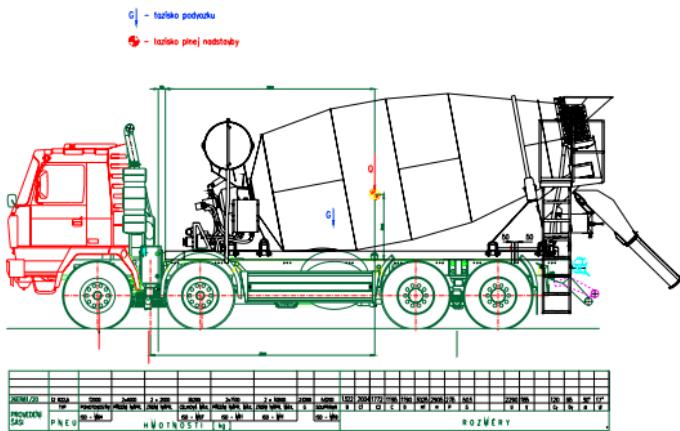


obr. 7.3.1.



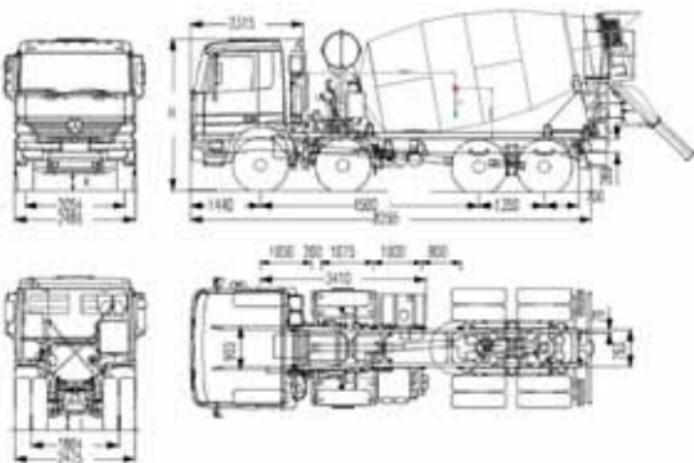
obr. 7.3.2.

- podvozok TATRA 815-2 8x8 (obr. 7.3.3.)



obr. 7.3.3.

- podvozok MERCEDES 4140K 8x4/4 (obr. 7.3.4.)



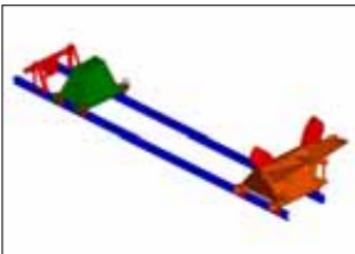
obr. 7.3.4.

- technické parametre, zostavy jednotlivých podvozkov a podvozkov s nadstavbou sú k dispozícii v prílohe CD1  
[DIPLOMOVKA\_CD2] ⇒ [AM-190\_SPRAVA] ⇒ [AM-190 PODVOZOK]
- miesta spojenia nadstavby s podvozkom pomocou skrutkových spojov bude možné určiť až pri montáži na konkrétny typ podvozku (na rámoch podvozkov sa nachádza dostatočný počet dier vhodných pre spojenie)
- výkresy niektorých podvozkov (MAN, TATRA) obsahujú polohu otvorov pre skrutky (zo skúsenosti však tieto hodnoty nie je možné považovať za presné)
- definitívna voľba podvozku bude závisieť od ceny jednotlivých podvozkov a požiadaviek konkrétneho zákazníka
- vzhladom k nízkej hmotnosti je najvhodnejším typom podvozku MAN 41.364 VFK (prípadne VFC)

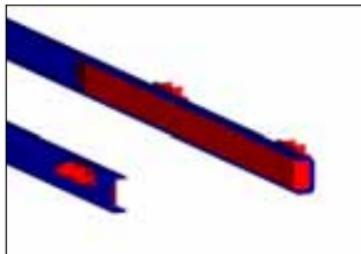
## 8. POMOCNÝ RÁM NADSTAVBY

### 8.1 ROZMERY POMOCNÉHO RÁMU

- rozmery a tvar pomocného rámu závisia od typu použitého podvozku pre prototyp AM-190 bol zvolený podvozok typu TATRA 815-2 8x8 s rovným rámom šírky 870 [mm] (obr. 7.3.3., 8.1.1.a,b)



obr. 8.1.1.a



obr. 8.1.1.b

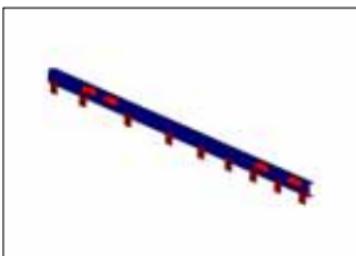
- v prípade podvozkov MAN a MERCEDES sa rám podvozku za kabínou vodiča rozširuje (obr. 7.3.1., 7.3.2., 7.3.4.), v najširšom mieste však neprekračuje 870 [mm] ⇒ zníženie napäti v priečnikoch v dôsledku priaznivejšieho namáhania na ohyb
- v prípade použitia rozšíreného rámu bude potrebná úprava držiaka pre pripojenie priečnikov pomocou strmeňov (kontakt na šikmej ploche)
- pomocný rám sa na nosný rám podvozku upevňuje pomocou skrutkových spojov
- miesta spojenia pomocného rámu s rámom podvozku boli určené na základe dostupnej technickej dokumentácie

## 8.2 VÝPOČTOVÝ MODEL

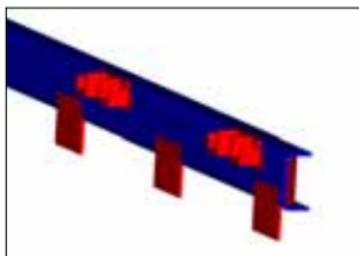
Pôvodný model rámu bol vytvorený v Pro/ENGINEER 2000i ako solid.

PÔVODNÝ MODEL /POMOCNY\_RAM\_ROVNY\_870/

⇒ pridanie dosiek simulujúcich spojenie s pomocného rámu s rámom podvozku  
(obr. 8.2.1.a,b)



obr. 8.2.1.a



obr. 8.2.1.b

⇒ spustenie modulu Pro/MECHANICA 2001

Applications → Mechanica → Structure

⇒ VOL'BA TYPU ELEMENTOV

ram\_rovny\_870 MIDSURFACE /Shell/

⇒ TRANSFORMÁCIA SOLID → SHELL

Model → Idealizations → Shells → Midsurfaces → New → Constant → Pick  
/horná a dolná plocha/

⇒ ÚPRAVA STREDNICOVÝCH PLÔCH

/orientácia/

Model → Idealizations → Shells → Midsurfaces → Edit

→ Pair Place /umiestnenie strednicovej roviny - Red, Yellow, Mid Srf, Select Srf/

→ Flip Pair /zmena orientácie/

→ Thick Type /špecifikácia hrúbky – Constant/

⇒ FEATURES

/pomocné prvky pre určenie polohy síl, väzieb a riadenie sietovania/

Model → Features

→ Coord System /užívateľský koord. systém pre silové okrajové podmienky/

→ Datum Curve /riadenie sietovania – počet bodov na krivku/

→ Surf Region /zadávanie geom. okrajových podmienok/

⇒ CONNECTIONS

/spájanie strednicových plôch - zvary/

Model → Idealizations → Connections

→ End Welds → New

⇒ CONSTRAINTS

/geometrické okrajové podmienky/

Model → Constraints → New → Surface → Single → Translation x,y,z

⇒ LOADS

/silové okrajové podmienky/

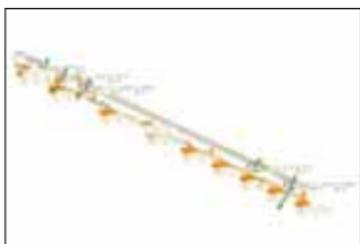
Model → Loads → New → Surface → Single → Force x,y,z

⇒ MATERIALS

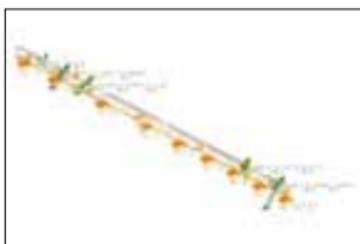
/materiál bol zadaný pri jednotlivých súčiastkách - PART/

Model → Materials

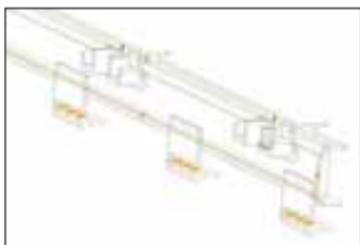
⇒ výpočtový model priečnikov Pro/MECHANICA 2001 (obr. 8.2.2.a,b,c,d)



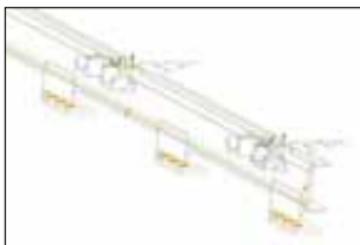
obr. 8.2.2.a



obr. 8.2.2.b



obr. 8.2.2.c



obr. 8.2.2.d

⇒ ANALYSES

/nastavenie analýzy – názov, zaľažovacie stavy/

Analyses → New

## ⇒ MESH - CONTROLS

/riadenie siete – hustota siete/

Mesh → Controls → New

→ Maximal Element Size /určenie max. veľkosti elementov/

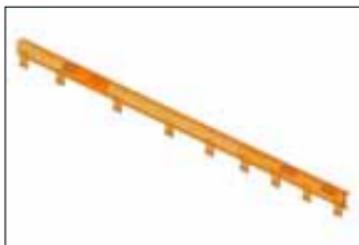
→ Minimal Element Size /určenie min. veľkosti elementov/

→ Edge Distribution /definovanie počtu uzlov na krivke/

## ⇒ MESH – CREATE (obr. 8.2.3.a,b)

/sieťovanie/

Mesh → Create → Midsurface /Quads/ → Start → Element Quality Checks → Checks → Close



obr. 8.2.3.a



obr. 8.2.3.b

## ⇒ RUN

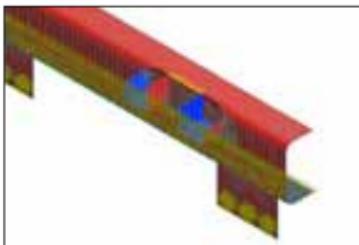
/export do COSMOS/M alebo spustenie analýzy Pro/MECHANICA 2001/

Run → Solver /Cosmos/M/ → Analysis /Structural/ → Analyses → Output To File → \*.cos

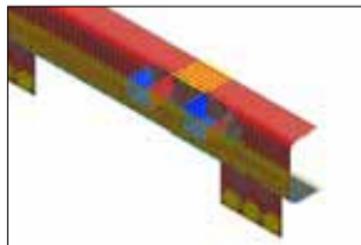
## ⇒ načítanie súboru \*.cos v module GEOSTAR

Open New Problem Files → File → Load → \*.cos → OK

## ⇒ výpočtový model COSMOS/M (obr. 8.2.4.a)



obr. 8.2.4.a



obr. 8.2.4.b

⇒ A\_STATIC,G,0,0,1E-006,1E+010,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0  
 /nastavenie lineárnej statickej analýzy s uvažovaním vlastnej tiaže priečnikov/

⇒ R\_STAT  
 /spustenie lineárnej statickej analýzy/

⇒ A\_BUCKLING,5,S,100,0,0,0,1E-005,0,1E-006,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0  
 /nastavenie analýzy lineárnej stability/

⇒ R\_BUCKLING  
 /spustenie analýzy lineárnej stability/

### 8.3 PEVNOSTNÁ KONTROLA POMOCNÉHO RÁMU

[DIPLOMOVKA\_CD1]

[FEM\_RAM\_ROVNY\_870]

→ [RAM\_ROVNY\_870\_] → RAM\_ROVNY\_870\_.gen (tab. 8.3.1.)  
 → [RAM\_ROVNY\_870] → RAM\_ROVNY\_870.gen (tab. 8.3.2.)

[DIPLOMOVKA\_CD2]

[FEM\_RESULTS]

→ [RESULTS\_AVI] → RAM\_ROVNY\_870.avi  
 → [RESULTS\_BUBON]

RAM\_ROVNY\_870\_ - alt.č.1 s uvažovaním vlastnej tiaže  
 RAM\_ROVNY\_870 - alt.č.2 s uvažovaním vlastnej tiaže

Tabuľka 8.3.1.

RAM_ROVNY_870_ C525MHz, 256MB RAM	
Počet uzlov	24825
Počet elementov	24678
Počet rovnic	135687
Čas riešenia /statika/	8 [min]
Čas riešenia /stabilita/	31 [min]

Tabuľka 8.3.2.

RAM_ROVNY_870 C525MHz, 256MB RAM	
Počet uzlov	24844
Počet elementov	24666
Počet rovnic	135801
Čas riešenia /statika/	8 [min]
Čas riešenia /stabilita/	27 [min]

### A. NAPÄTIA

- rozloženie napäti

RAM\_ROVNY\_870\_ ⇒  $\sigma_{MAX}=542$  [MPa] (obr. 8.3.1.a,b,c)

RAM\_ROVNY\_870 ⇒  $\sigma_{MAX}=269,3$  [MPa] (obr. 8.3.2.a,b,c)

- výpis napäti

RAM\_ROVNY\_870\_ ⇒ 25% maximálnych hodnôt (tab. 8.3.3.)

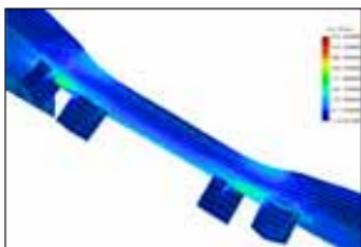
RAM\_ROVNY\_870 ⇒ 25% maximálnych hodnôt (tab. 8.3.4.)



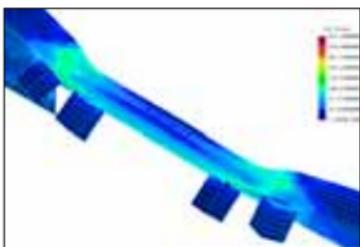
obr. 8.3.1.a



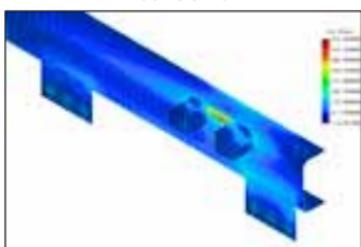
obr. 8.3.2.a



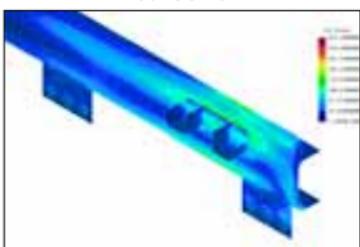
obr. 8.3.1.b



obr. 8.3.2.b



obr. 8.3.1.c



obr. 8.3.2.c

Tabuľka 8.3.3.

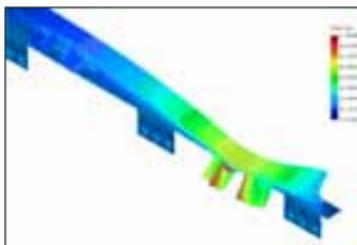
Napäťia - Zat. stav 1 - Horný povrch - 25%	
Č. uzla	Von Mises [MPa]
21786	541.995
21784	541.544
21787	534.522
21783	527.191
21789	515.953
21790	492.829
21781	489.5
21780	450.695
21792	429.949
21791	420.882
21788	417.765
21753	411.511
21785	408.299

Tabuľka 8.3.4.

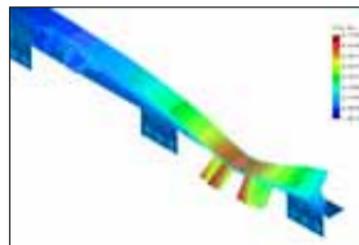
Napäťia - Zat. stav 1 - Dolný povrch - 25%	
Č. uzla	Von Mises [MPa]
16033	269.252
16029	260.262
16038	256.401
16034	226.087
16042	223.128
16032	218.725
16037	216.076
16035	215.807
16030	213.952
16031	212.984
16036	212.435
16028	207.298
16039	206.383

## B. POSUNUTIA

- znázormenie počtu posunutí  
RAM\_ROVNY\_870\_  $\Rightarrow \delta_{MAX}=1,05$  [mm] (obr. 8.3.3.)  
RAM\_ROVNY\_870\_  $\Rightarrow \delta_{MAX}=0,78$  [mm] (obr. 8.3.4.)
- výpis uzlových posunutí  
RAM\_ROVNY\_870\_  $\Rightarrow$  5% max. hodnôt (tab. 8.3.5.)  
RAM\_ROVNY\_870\_  $\Rightarrow$  5% max. hodnôt (tab. 8.3.6.)



obr. 8.3.3.



obr. 8.3.4.

Tabuľka 8.3.5.

Posunutia - Zať. stav 1 - 5%	
Č. uzla	Výsl. posunutia [mm]
21762	1.04984
21761	1.0458
21763	1.02984
21760	1.01729

Tabuľka 8.3.6.

Posunutia - Zať. stav 1 - 5%	
Č. uzla	Výsl. posunutia [mm]
21665	0.775629
21679	0.75607
21631	0.752331
21670	0.740059
21678	0.73986

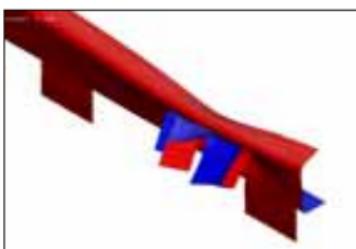
- výpis reakcií vo väzbách - kontrola (tab. 8.3.7.)

Tabuľka 8.3.7.

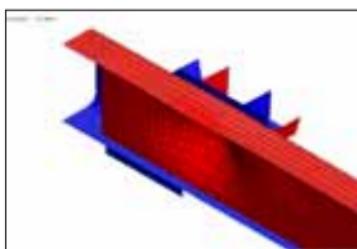
Load case 1				
Reakcie	RFX	RFY	RFZ	RFRES
Lavý rám	8.405e+002	1.294e+005	-8.545e+004	1.554e+005
Pravý rám	8.397e+002	1.244e+005	-8.545e+004	1.509e+005
Výsledné	1.680e+003	<b>2.542e+005</b>	1.709e+005	3.063e+005

### C. LINEÁRNA STABILITA - BUCKLING

- znázormenie deformovaného tvaru  
 RAM\_ROVNY\_870\_  $\Rightarrow$  47,5 násobok maximálneho zaťaženia (obr. 8.3.5.)  
 RAM\_ROVNY\_870\_  $\Rightarrow$  33 násobok maximálneho zaťaženia (obr. 8.3.6.)
- výpis násobku zaťaženia pri ktorom dojde k strate stability  
 RAM\_ROVNY\_870\_  $\Rightarrow$  5 najnižších hodnôt (tab. 8.3.8.)  
 RAM\_ROVNY\_870\_  $\Rightarrow$  5 najnižších hodnôt (tab. 8.3.9.)



obr. 8.3.5.



obr. 8.3.6.

Tabuľka 8.3.8.

	Násobok zaťaženia
1	-7.212926e+001
2	-6.823936e+001
3	4.748632e+001
4	6.076340e+001
5	7.275995e+001

Tabuľka 8.3.9.

	Násobok zaťaženia
1	3.308511e+001
2	5.025520e+001
3	6.223523e+001
4	7.232614e+001
5	7.575716e+001

**VYHODNOTENIE :**

- materiál pomocného rámu  $\Rightarrow 11523.1$  (tab. 3.7.5.)
- maximálny prevádzkový tlak (skúšobný) - 9 [ $m^3$ ] betónu

$$\sigma_{\text{MAX } 9 \text{ R.R.}_870} = 542 > Re = 355 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{\text{MAX } 9 \text{ R.R.}_870} = 269,3 < Re = 355 \text{ [MPa]}$$

- užitočný tlak - 8 [ $m^3$ ] betónu

$$\sigma_{\text{MAX } 8 \text{ R.R.}_870} = \sigma_{\text{MAX } 9 \text{ R.R.}_870} \cdot \frac{V_8}{V_9} = 542 \cdot \frac{8}{9} = 481,8 > Re = 355 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{\text{MAX } 8 \text{ R.R.}_870} = \sigma_{\text{MAX } 9 \text{ R.R.}_870} \cdot \frac{V_8}{V_9} = 259,3 \cdot \frac{8}{9} = 239,3 < Re = 355 \text{ [MPa]}$$

- výsledky jednotlivých analýz sú k dispozícii v prílohe CD1  
[DIPLOMOVKA\_CD2]  $\rightarrow$  [FEM\_RESULTS]  $\rightarrow$  [RESULTS\_RAM]

Z analýzy vyplýva výrazné zníženie napäťí pri kontakte priečnika s držiakom aj pomocným rámom (alt.č.2) oproti kontaktu len s držiakom (alt.č.1). Maximálne napäťia pri alternatíve č.1 výrazne prekračujú medzu klzu v mieste kontaktu držiaka s priečnikom (držiak je namáhaný na tlak aj ohyb). Pri alternatíve č.2 sa napäťia nachádzajú výrazne pod medzou klzu pretože dôjde k rozloženiu zaťaženia na dotykové ploche pomocného rámu.

Strata stability nastane pri zaťažení rovnajúcemu sa 47,5 (alt.č.1) a 33,1 (alt.č.2) násobku maximálneho prevádzkového zaťaženia.

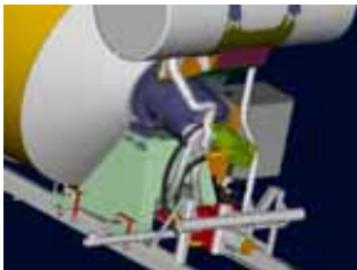
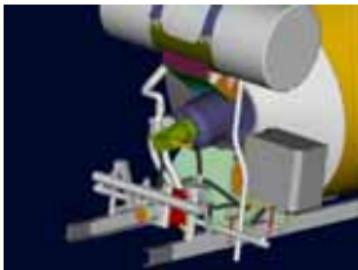
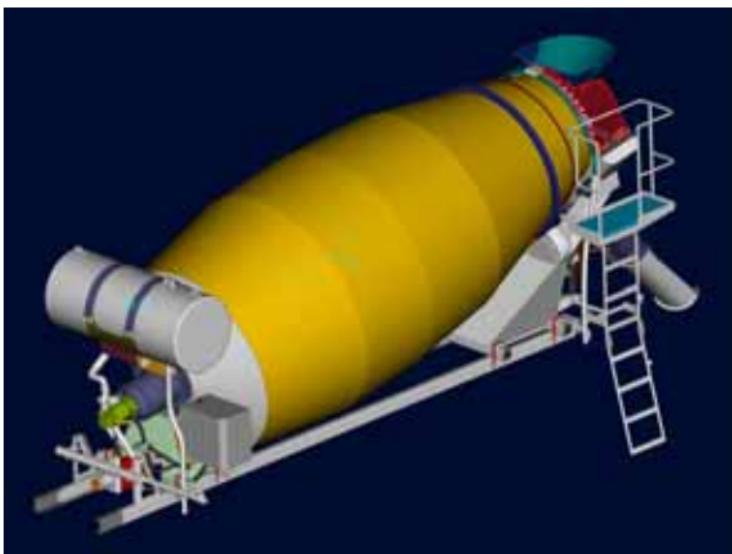
Tieto napäťia boli zistené statickou analýzou pri maximálnom možnom zaťažení hydrostatickým tlakom  $9 m^3$  betónu s hustotou  $\rho_{\text{BET}}=2350 \text{ [kg.m}^{-3}\text{]}$ .

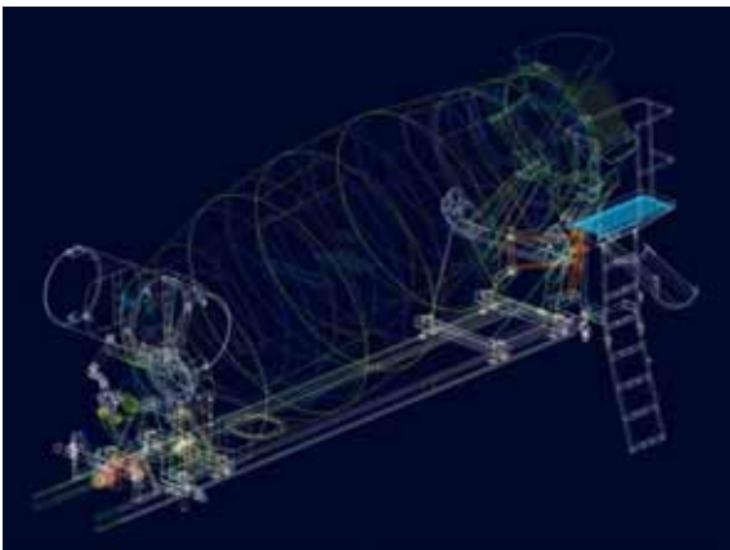
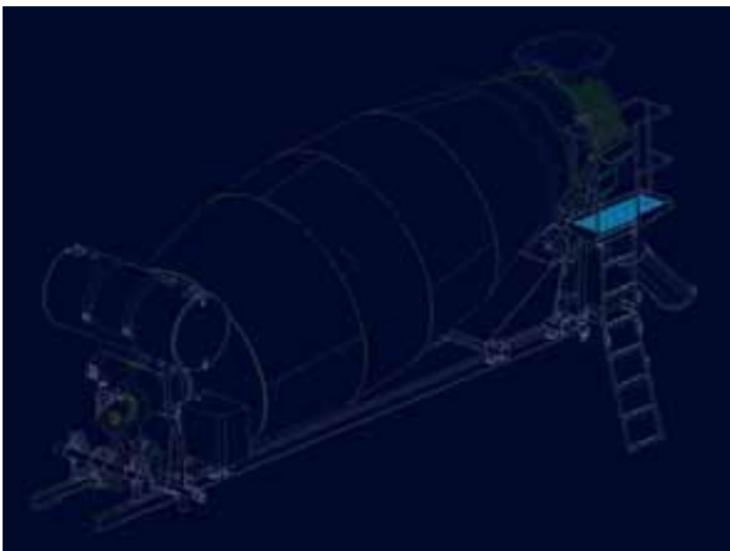
**$\Rightarrow$  pomocný rám vyhovuje pre alternatívu č.2**

Z výsledkov pevnostných analýz vyplýva výrazné zníženie namáhania pomocného rámu a priečnikov pri použití alternatívy č.2  $\Rightarrow$  toto uloženie priečnikov bude použité pre všetky typy automiešačov vyrábaných vo VSS a.s. Košice.

Pri kompletizácii nadstavby sa použili zvárané držiaky tvarovo podobné pôvodným odlievaným držiakom. Došlo k zmene hrúbky z 9 na 10 [mm]. Táto zmena nemá vplyv na namáhanie rámu a priečnikov pri uložení podľa alternatívy č.2.

## 9. MODEL ZOSTAVY





**10. KOMPLETIZÁCIA NADSTAVBY AM-190**



## 11. ZÁVER

### CHRONOLÓGIA PROJEKTU AM-190 :

február 2001	- zadanie projektu
	- výrobný príkaz 376-1-012 zo dňa 24.1.2001
jún 2001	- technická dokumentácia bubna (vydanie zákazky)
september 2001	- výroba miešacieho bubna
október 2001	- návrh pohonu
január 2002	- pevnostná kontrola priečnikov
apríl 2002	- pevnostný výpočet bubna a rámu
máj 2002	- návrh podvozku
	- začiatok kompletizácie nadstavby

Projekt automiešača betónu AM-190 dospel do štadia realizácie. K termínu odovzdania diplomovej práce prebehla montáž miešacieho bubna, prevodovky, priečnikov a pomocného rámu (kapitola 10). Ďalšou fázou bude voľba podvozku (kapitola 7), kompletizácia a funkčné skúšky prototypu. Prototyp s pravotočivou skrutkovicou je určený prevažne pre európsky trh. Na požiadanie zákazníka bude možné aj vyhotovenie s ľavotočivou skrutkovicou pre jazdu po ľavej strane cestnej komunikácie (Veľká Británia a Írsko) prípadne pohon bubna pomocou separátneho motora (napr. Zetor).

Pri výpočtoch metódou konečných prvkov boli použité rôzne typy prvkov a ich kombinácií (TETRA4R, SHELL4T, SHELL3T, GAP, RBAR).

Na základe výsledkov pevnostných analýz bolo rozhodnuté o použití navrhovaného uloženia priečnikov na pomocnom ráme (alt.č.2) pre všetky automiešače vyrábané vo VSS a.s. Košice.

## 12. ANNOTATION

The task of the diploma work is to design a concrete truck mixer superstructures with a 9 [m<sup>3</sup>] useful volume which is the last and the biggest one from the type series of mixer superstructures produced in VSS a.s. Košice. Universal superstructures AM-190 are used for transport and production of concrete. The designed construction is now produced in VSS a.s. Košice.

The main task was to design mixing drum (including helical with variable pitch - 62 blades), hydraulic system, front and back traverses, frame and selection of the best truck chassis for superstructure. The 3D model of the mixer superstructures was created in 3D CAD system Pro/ENGINEER 2001 and this model was used for generation of technical drawings. The stress and buckling analysis of mixing drum, frame, front and back traverses was carried out by engineering FEM programs Pro/MECHANICA and COSMOS/M.

### 13. PRÍLOHY

5090-1-0000-1	MIEŠACÍ BUBON - ÚPLNÝ + 2 LISTY KUSOVNÍKA
5090-3-0000-1	KUŽEL' BUBNA - PRI DNE
5090-3-0006-2	SEGMENT KUŽEĽA
5090-3-0016-2	LOPATKA 6
5090-3-0019-2	LOPATKA 9

**CD1** - [DIPLOMOVKA\_CD1]  
→ [AM-190\_SPRAVA]  
→ [FEM\_BUBON]  
→ [FEM\_RAM\_ROVNY\_870]

**CD2** - [DIPLOMOVKA\_CD2]  
→ [FEM\_PRIECNIK\_PREDNY]  
→ [FEM\_PRIECNIK\_ZADNY]  
→ [FEM\_RESULTS]

**CD3** - [DIPLOMOVKA\_CD3] - nie je súčasťou diplomovej práce z dôvodu ochrany technickej dokumentácie VSS a.s.  
→ [AM-190\_SPRAVA]  
→ [AM-190\_ProENGINEER\_2001]  
→ [AM-190\_FEM\_ProENGINEER\_2001]

## 14. POUŽITÁ LITERATÚRA

- [I] Fukasz, O.: Rozvinovanie telies z plechu. SVTL, Bratislava 1964
- [II] Ivančo, V., Kubín, K., Kostolný, K.: Program COSMOS/M. Elfa, Košice 2000
- [III] Predpis ADR – Európska dohoda o medzinárodnej cestnej preprave nebezpečných vecí
- [IV] ZŤS Výzkumný ústav stavebních a zemních strojů : Nástavba automíchače AM 160 a AM 260 /Technický projekt/. Brno 1988
- [V] ZŤS Sabinov : Planétové prevodovky PM45-PM60, PMK60 /katalóg/
- [VI] ZŤS Dubnica nad Váhom : Katalóg Hydrauliky. Dubnica nad Váhom 2000
- [VII] Strojárstvo 3/2002 : Media/ST Žilina
- [VIII] Fürbacher I., Macek K., Steidl J., a kol.: Lexikon technických materiálu 1.7 - CD verzia. Verlag Dashöfer nakladatelství, s.r.o., Praha 2000
- [IX] Zbierka Zákonov č.116/1997

### INTERNET :

- [X] [VSS Košice - Slovakia](http://www.vss.sk)  
http://www.vss.sk
- [XI] [MANTED® drawings and data](http://www1.mn.man.de/manted/epl/index.epl)  
http://www1.mn.man.de/manted/epl/index.epl
- [XII] [TATRA, a.s.](http://www.tatra.cz)  
http://www.tatra.cz
- [XIII] [Mercedes-Benz - Finland](http://www.mercedes-benz.fi/hyoty/kuorma/actros/tekes.asp)  
http://www.mercedes-benz.fi/hyoty/kuorma/actros/tekes.asp

**POĎAKOVANIE**

Za odborné rady a vedenie pri riešení diplomovej práce ďakujem Doc. Ing. Karolovi Kubínovi, Ing. Štefanovi Čarnogurskému a pani Barbore Pupalovej.