

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: Stavba výrobních strojů a zařízení

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Konstrukční návrh ingotového vozu o nosnosti 35 tun k lisu CKV 2500

Autor: **Kristýna Jaguláková**

Vedoucí práce: **Ing. Miroslav Duník**

Akademický rok 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Kristýna JAGULÁKOVÁ**
Osobní číslo: **S18B0102K**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Stavba výrobních strojů a zařízení**
Název tématu: **Konstrukční návrh ingotového vozu o nosnosti 35 t k lisu CKV 2500**
Zadávající katedra: **Katedra konstruování strojů**

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

Základní požadavky:

Cílem práce je vypracování rešerše možných konstrukčních uspořádání ingotových vozů pro vodorovnou manipulaci s výkovky u kovacích lisů. Dále se požaduje vypracování konstrukčního návrhu ingotového vozu pro nosnost 35 tun s pevnostními výpočty a výkresovou dokumentací v určitém rozsahu.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Vypracování rešerše na dané téma dle zadání, zhodnocení konstrukčních variant a optimalizovaný výběr.
2. Vypracování konstrukčního návrhu s výpočty pro zvolenou optimální variantu pro konkrétní zadání.
3. Zhotovení výrobního výkresu dle zadání.
4. Komplexní zhotovení práce.
5. Závěr.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

HOSNEDL, S. , KRÁTKÝ, J. *Příručka strojího inženýra Obecné strojí části 1. .*
Brno: Computer press, 1999

HOSNEDL, S. , KRÁTKÝ, J. *Příručka strojího inženýra Obecné strojí části 2. .*
Praha: Computer press, 2000


HOSNEDL, S. *Systémové navrhování technických produktů.* Plzeň : **Západočeská univerzita , 2017**

DUNÍK, M., CHVAL, Z. *manipulace s výkovky u velkých kovacích lisů(Doplnující učební text pro předmět KVS).* **Plzeň: Západočeská univerzita , 2013**

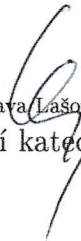
Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Miroslav Duník**
Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Miroslav Duník**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **16. října 2018**
Termín odevzdání bakalářské práce: **24. května 2019**


Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan




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

V Plzni dne 16. října 2018

Prohlášení o autorství

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

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu bakalářské práce Ing. Miroslavu Duníkovi, za cenné profesionální rady, konzultace, připomínky a příkladné vedení práce. Děkuji také Ing. Martinu Gorschenkovi za odbornou pomoc při řešení konstrukčního návrhu a cenné rady z praxe.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Jaguláková	Jméno Kristýna	
STUDIJNÍ OBOR	B2301 „Stavba výrobních strojů a zařízení“		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Duník	Jméno Miroslav	
PRACOVISTĚ	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Konstrukční návrh ingotového vozu o nosnosti 35 tun k lisu CKV 2500		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2019
----------------	---------	----------------	-----	------------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	84	TEXTOVÁ ČÁST	67	GRAFICKÁ ČÁST	17
---------------	----	---------------------	----	--------------------------	----

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Bakalářská práce obsahuje návrh ingotového vozu pro manipulaci s výkovkem o předepsané hmotnosti 35 tun, řešerši o manipulačních prostředcích, kovací souboru a procesu tváření. Návrh jednotlivých komponent při sestavování konstrukčního návrhu a výběr materiálu. Pevností výpočet metodou MKP a ekonomické zhodnocení konečného návrhu.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	Ingotový vůz, tváření, manipulace s materiálem, elektromotory, pohon, rám, MKP analýza

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Jaguláková	Name Kristýna	
FIELD OF STUDY	B2301 “Design of Manufacturing Machines and Equipment“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Duník	Name Miroslav	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Construction draft of ingot vehicle a load capacity 35 tons to the press CKV 2500		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2019
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	84	TEXT PART	67	GRAPHICAL PART	17
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	Bachelor work contains the draft of ingot vehicle witch being manipulated with forged piece of required weight of 35 tons, research of basic manipulation tools of big forging decives, integrated forging file and forming process. The draft of individual components of ingot vehicle and selection suitable material. Fortness calculation methods of MKP and economical evaluation of final proposal.
KEY WORDS	Vehicle for ingot, forming, material manipulation, electric motors, propulsion, frame, MKP analysis

Obsah

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	10
1 ÚVOD.....	12
2 TVÁŘENÍ.....	13
2.1 TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ	13
2.2 TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ DLE TEPLoty	13
2.2.1 <i>Tváření za studena</i>	<i>13</i>
2.2.2 <i>Tváření za tepla</i>	<i>13</i>
2.3 HISTORIE TVÁŘECÍCH STROJŮ.....	14
3 PŘEHLED TVÁŘECÍCH STROJŮ – ZÁKLADNÍ DĚLENÍ.....	15
3.1 TVÁŘECÍ STROJE PRO VOLNÉ KOVÁNÍ.....	15
3.1.1 <i>Pružinové buchary</i>	<i>15</i>
3.1.2 <i>Kompresorové buchary.....</i>	<i>15</i>
3.1.3 <i>Hydraulické lisy pro volné kování</i>	<i>15</i>
3.2 TVÁŘECÍ STROJE PRO ZÁPUSTKOVÉ KOVÁNÍ	15
3.2.1 <i>Padací buchary.....</i>	<i>15</i>
3.2.2 <i>Vřetenové lisy.....</i>	<i>15</i>
3.2.3 <i>Klikové kovací lisy</i>	<i>15</i>
3.2.4 <i>Hydraulické lisy pro zápusťkové kování</i>	<i>16</i>
4 KOVÁNÍ.....	17
4.1 VOLNÉ KOVÁNÍ.....	17
4.2 ZÁPUSTKOVÉ KOVÁNÍ	17
5 KOVACÍ LISY.....	17
5.1 POPIS LISŮ CKV	18
6 INTEGROVANÝ KOVACÍ SOUBOR.....	20
6.1 MANIPULAČNÍ PROSTŘEDKY	21
6.1.1 <i>Kovací manipulátory.....</i>	<i>21</i>
6.1.2 <i>Otočné pýchovací stoly</i>	<i>22</i>
6.1.3 <i>Jeřáby.....</i>	<i>23</i>
6.1.4 <i>Otočné zvedací stoly</i>	<i>23</i>
6.1.5 <i>Vahadlo.....</i>	<i>24</i>
6.1.6 <i>Kovářské kleště</i>	<i>24</i>
6.1.7 <i>Ingotový vůz</i>	<i>25</i>

7	HRUBÁ STAVEBNÍ STRUKTURA KONSTRUKČNÍHO NÁVRHU	27
7.1	RÁM	27
7.1.1	<i>Výroba rámu</i>	<i>27</i>
7.2	DVOJKOLÍ	27
7.2.1	<i>Charakteristika</i>	<i>27</i>
7.2.2	<i>Náprava</i>	<i>28</i>
7.2.3	<i>Kola.....</i>	<i>28</i>
7.3	NÁPRAVOVÁ LOŽISKA	29
7.3.1	<i>Kluzná nápravová ložiska.....</i>	<i>29</i>
7.3.2	<i>Valivá ložiska.....</i>	<i>30</i>
7.4	VYPRUŽENÍ POJEZDU	30
7.4.1	<i>Druhy vypružení.....</i>	<i>31</i>
7.5	POHON	31
7.5.1	<i>Rozdělení pohonů.....</i>	<i>32</i>
7.6	ELEKTROMOTORY.....	32
7.6.1	<i>Stejnoseměrné motory.....</i>	<i>33</i>
7.6.2	<i>Střídavé motory.....</i>	<i>33</i>
8	VLASTNÍ NÁVRH INGOTOVÉHO VOZU	35
8.1	PARAMETRY INGOTU	35
8.2	NÁVRH MATERIÁLU RÁMU	36
8.3	PŘEDBĚŽNÝ VÝPOČET HMOTNOSTI VOZU.....	36
8.4	NÁVRH POJEZDU.....	37
8.5	OTÁČENÍ TOČNY	38
8.6	NÁVRH MOTORU A PŘEVODOVKY PRO POJEZD	40
8.7	NÁVRH MOTORU A PŘEVODOVKY PRO OTÁČENÍ TOČNY	42
8.8	ENERGETICKÝ ŘETĚZ.....	43
8.9	NÁVRH RÁMU INGOTOVÉHO VOZU.....	45
8.10	NÁVRH DVOJKOLÍ A ODPRUŽENÍ	52
8.11	TOČNA INGOTOVÉHO VOZU	54
9	VÝPOČET POMOCÍ MKP METODY.....	55
9.1	VÝCHOZÍ MODEL PRO MKP ANALÝZU	55
9.2	PŘEDPOKLADY PRO VÝPOČET	55
9.3	OKRAJOVÉ PODMÍNKY	56
9.4	ZASÍŤOVÁNÍ MODELU.....	57
9.5	VÝSLEDKY SIMULACE	58
10	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	60
10.1	CENA MATERIÁLU	60

10.2	CENA SOUČÁSTÍ.....	60
10.2.1	<i>Cena U profilů</i>	<i>60</i>
10.2.2	<i>Cena motorů</i>	<i>60</i>
10.2.3	<i>Energetický řetěz.....</i>	<i>61</i>
10.2.4	<i>Kola.....</i>	<i>61</i>
10.3	CENA ČINNOSTÍ	61
10.4	CELKOVÁ CENA INGOTOVÉHO VOZU.....	62
10.5	ZHODNOCENÍ VÝSLEDKU EKONOMICKÉ ANALÝZY	62
11	ZÁVĚR	63
12	SEZNAM TABULEK.....	1
13	SEZNAM OBRÁZKŮ	1
14	SEZNAM PŘÍLOH	2
15	VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE	2
16	POUŽITÝ SOFTWARE	2
17	SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	3

Seznam symbolů a zkratek

Celková hmotnost kol	m_{kc}	[kg]
Celková hmotnost dvojkolí	m_{DV}	[kg]
Celková hmotnost	m_C	[kg]
Celkový moment setrvačnosti	I_C	[kg.m ²]
Deformační práce	L_p	[J]
Doba pojezdu (čas)	t	[s]
Gravitační zrychlení	g	[m/s ²]
Hmotnost ingotu	m_I	[kg]
Hmotnost kola	m_K	[kg]
Hmotnost nápravy	m_N	[kg]
Hmotnost odpružení	m_{ODP}	[kg]
Hmotnost točny	m_T	[kg]
Hmotnost ingotového vozu	m_V	[kg]
Hmotnost rámu	m_R	[kg]
Hustota materiálu	ρ	[g/m ³]
Moment setrvačnosti ingotu	I_I	[kg.m ²]
Moment setrvačnosti točny	I_T	[kg.m ²]
Mez kluzu	R_e	[MPa]
Modul pružnosti v tahu	E	[MPa]
Napětí	σ	[MPa]
Normálová síla	F_N	[N]
Objem	V	[cm ³]
Otáčky	n	[min ⁻¹]
Průměr	d	[mm]
Poloměr	r	[mm]
Pí	π	[-]
Potřebný moment	M_t	[MPa]
Potřebný výkon	P_t	[W]
Pissonova konstanta	μ	[-]
Výška	h	[mm]
Výkon	P	[W]
Rychlost vozu	v	[m/s]

Rameno valivého odporu	ξ	[-]
Součinitel tření	f	[-]
Setrvačná síla	F_D	[N]
Součinitel využití objemu	k	[-]
Třecí síla	F_t	[N]
Úhlová rychlost	ω	[ras/s]
Úhlové zrychlení	α	[rad/s ²]
Zrychlení	a	[m/s ²]
Reakce v podpoře A	R_a	[N]
Reakce v podpoře B	R_b	[N]
Zatěžující síla	F	[N]
Posouvající síla	T	[N]
Ohybový moment	M_o	[Nm]
Modul pružnosti v tahu	E	[Pa]
Moment setrvačnosti	J	[mm ³]
Průřezový modul v ohybu	W	[mm ³]
Skutečné napětí	σ_o	[MPa]
Dovolené napětí	σ_D	[MPa]
Bezpečnost	k	[-]

1 Úvod

První část této práce se zabývá rešerší na téma manipulace s materiálem. Jako první je však nutné si určit základní informace týkající se tváření, dále nás práce provází a seznamuje s možnostmi manipulace s materiálem. Hlavní částí je pak samotný návrh a konstrukční provedení ingotového vozu. V této části se seznamujeme s integrovaným kovacím souborem a funkcí ingotového vozu. Postupně přecházíme k analýze MKP, která poukazuje na zatížení ingotového vozu. Poslední částí rešerše je ekonomické zhodnocení. Druhá část práce je věnována již samotnému návrhu ingotového vozu, tedy jeho konstrukčnímu provedení.

Ingotový vůz je nedílnou součástí mnoha kováren, jeho hlavním posláním je převezení výkovku od pece ke kovacímu lisu. Ingotový vůz není nikterak zajímavý, jeho důležitost v celém kovacím systému je však značná. Manipulace s velice horkým ingotem je obtížná a díky tomuto manipulačnímu prostředku je snazší.

2 Tváření

2.1 Technologie tváření

Pod pojmem technologie tváření se rozumí výrobní proces, při kterém dochází ke změně tvaru výrobku. Může docházet také ke změně vlastností, a to v důsledku působení vnějších sil. Podstatou tváření je vznik plastických deformací, ke kterým dochází ve chvíli, kdy je dosaženo napětí na mezi kluzu pro konkrétní materiál. Tento výrobní proces je doprovázen změnami struktury daného materiálu, ale také změnami fyzikálními. Tyto změny pak samozřejmě ovlivňují výsledné mechanické vlastnosti materiálu. [1]

Technologie tváření má své nevýhody, ale také výhody. Mezi které bez pochyb patří produktivita práce, dobrá rozměrová přesnost výrobků a také velká škála materiálů, které je možné tvářet. Pokud nahlédneme i do nevýhod, jako první se ukáže vyšší cena stroje a také nástrojů. [1]

2.2 Technologie tváření dle teploty

Důležitou součástí technologie tváření je technologie ohřevu. Jedná se o nezbytnou součást tváření za tepla, kdy dochází k ohřevu materiálu, popřípadě pouze k dohřevu na vhodnou teplotu tváření. [2]

Tvářecí procesy se rozdělují dle teploty, přesněji podle vztahu teploty materiálu k teplotě rekrytalizace. Definice rekrytalizační teploty nám říká, že se jedná o teplotu, při které dochází k regeneraci zrn, která vznikla při tváření za studena a jejich zrna jsou značně deformovaná, ale krystalová mřížka zrn se nezměnila. Při změně teploty se mění deformační odpor materiálu proti tváření, při zvýšení teploty také dochází ke zlepšení plastických vlastností kovu. Technologie tváření dle teploty se rozděluje na tváření za tepla a tváření za studena. [2]

2.2.1 Tváření za studena

Tváření za studena se také nazývá lisovací technika. Tváří se pod rekrytalizační teplotou, zhruba pod hodnotou 30% teploty tání materiálu. Dochází ke zpevnování materiálu, vyčerpání plastičnosti, zrna se deformují ve směru tváření a dochází k anizotropii a změně mechanických vlastností. Pokud však opět zahřejeme materiál, dochází k obnově deformačních vlastností a materiál je možno tvářet. [2]

Při této technologii je dosahováno přesných rozměrů a kvalitních povrchů. Nevýhodou však je nutnost použití vysokých tvářecích sil, materiál se nerovnoměrně zpevňuje a má omezenou tvárnost. [2]

2.2.2 Tváření za tepla

Tváření za tepla probíhá nad rekrytalizační teplotou. Teplota samotného tváření je nad hodnotou 70% teploty tání daného materiálu. Z toho vyplývá, že rekrytalizace je vysoká a zpevnění, které je způsobeno tvářením, mizí již v průběhu anebo krátce po tváření. Materiál se nezpevňuje, proto se používají menší síly k tváření. Nevýhodou při tomto druhu tváření je, že hrubne zrno, což může vyvolat problémy u dalších technologických operací. Samotný proces je velice nákladný a zdlouhavý, ale výhodou je, že dochází k odstranění trhlin, bublin a dalších nežádoucích poruch materiálu. [2]

Tvářením za tepla vzniká tzv. vláknitá struktura, která kopíruje tvar samotného výkovku. Vláknitou strukturu nemůžeme změnit žádným dalším tepelným zpracováním ani tvářením. Vláknitá struktura vzniká v důsledku nečistot, které jsou obsaženy v povrchové vrstvě, z toho vyplývá, že ovlivňuje mechanické vlastnosti daného materiálu. Během tvářením tedy dochází k zpevnění tvářeného materiálu, pro ohřev se ve většině případů využívají komorové pece. [2]

2.3 Historie tvářecích strojů

První kov, který byl zpracováván, byl ručně kován za pomoci kovádky a kladiva. Tento způsob výroby byl již znám v době Homéra, tedy již přibližně v osmém století před Kristem. Jako první bylo tedy možné jednoduché ruční opracování, až s postupem času lidé začali využívat sílu zvířat, dále pak energii vody a větru. V dnešní době již máme velmi moderní a automatizovaná centra pro výrobu. [3]

První stroj byl vynalezen již 350 let před Kristem. Jednalo se o vřetenový lis s ručním pohonem, který vynalezli ve starém Řecku. Hydropneumatické systémy se začaly používat přibližně kolem roku 100 našeho letopočtu, kdy se používaly převážně lisy na olej či víno. [3]

Další pokrok byl v 9. století, kdy se používala jednoduchá mechanizovaná kladiva ke kování. V 11. století se již začala využívat energie tekoucí vody a vznikaly první mlýny, pily a hamry. Koncem 13. století se vynalezl střelný prach a pro výrobu zbraní byla potřeba větší síla, než byla ta lidská, proto docházelo k využití přírodních zdrojů. Postupně se začínala využívat energie vodní páry a později i elektrická energie. Od této doby začaly vznikat nové stroje. [3]

Do roku 1784 vznikaly válcovací stroje na válcování plechů, polotovarů a drátu. V roce 1784 byl patentován parní stroj a začínají se objevovat první konstrukce parních bucharů. [3]

V 18. století byl již sestaven první hydraulický lis s ručním čerpadlem. S tímto vynálezem přišel Joseph Braham, který při konstrukci lisu využil principu o rovnoměrném šíření tlaku v kapalinách. Tato konstrukce lisu se používala až do poloviny 19 století. Na přelomu 19 a 20 století docházelo ke značnému rozvoji hydraulických lisů. Roku 1928 byl postaven největší hydraulický lis na světě, tento stroj postavila firma Krupp, tomuto lisu se říkalo tzv. tříválec a jednalo se o lis se silou 15000×10^4 N. Postupem času byly lisy zdokonalovány a jejich síly byly zvětšovány. [3]

3 Přehled tvářecích strojů – základní dělení

3.1 Tvářecí stroje pro volné kování

3.1.1 Pružinové buchary

Pružinové buchary jsou jednodušší tvářecí stroje určené pro volné kování. Jsou poháněny za pomoci elektromotoru. Rychlost beranu u tohoto bucharu a také rázová energie je u tohoto bucharu zvětšena tím, že je horní dvouramenná páka odpružena pomocí pryžových špalíků nebo je vytvořena ze svazku listových pružin. [4]

3.1.2 Kompresorové buchary

Kompresorové buchary jsou vhodné pro kování středních a malých výkovků. Hlavní částí tohoto stroje je stojan a šabota. Stroj je poháněn za pomoci elektromotoru a klikového mechanismu, který uděluje pohyb pístu v kompresoru. Uder bucharu je možné měnit větším či menším sešlápnutím páky, popřípadě je možnost pootočení ruční páky. [4]

3.1.3 Hydraulické lisy pro volné kování

Hydraulické lisy slouží pro kování velkých výkovků z ingotů o váze až 350 tun. Lisy bývají svislé, dvoustojanové, ale častěji se používají čtyřstojanové. Menší hydraulické lisy jsou jednoplnžrové, ale větší lisy jsou tříplunžrové s možností zapínání jednotlivých plunžrů pro zvětšování tlaku. Pohon lisu pro rychlý posuv traverzy bez protitlaku je řešen za pomoci nízkotlakého akumulátoru, naopak pro zdvih s vysokým tlakem se využívá vysokotlaký akumulátor. [4]

3.2 Tvářecí stroje pro zápusťkové kování

3.2.1 Padací buchary

Padací buchary jsou jednoduché stroje, u kterých je beran zvednutý do určité výšky a poté se uvolní a volným pádem dopadá na kovadlinu. Rychlost dopadu poté bývá kolem 6m/s. Mezi tyto buchary patří řemenový buchar, u kterého je zdvih beranu řešen za pomoci řemenu. Řemenice je poháněna za pomoci elektromotoru, který beran vytáhne zpět nahoru a poté je opět spuštěn volným pádem. [4]

3.2.2 Vřetenové lisy

Vřetenové lisy jsou jednoduché tvářecí stroje, kde je pohyb řešen pomocí vřetene. Pracovním charakterem se podobají bucharům, protože energie, která je uložena v setrvačnicku je při tváření spotřebována až do chvíle, kdy se setrvačnick zastaví. Vřeteno má třichodový čtvercový závit a je uloženo v matici, která je upevněna v horním příčnicku stojanu. [4]

3.2.3 Klikové kovací lisy

Princip činnosti spočívá v klikovém mechanismu. Za pomoci otáčení klikového hřídele dochází k přeměně pohybu rotačního na pohyb přímočarý. Tyto stroje mají také konstantní zdvih beranu. Mají poměrně velké zdvihy. Kovací lisy se řadí mezi univerzální stroje, které je možné použít pro běžné tváření, ale také do tvářecích linek. Využívají se i pro plošné tváření jako je stříhání, ohýbání, děrování a další. [4]

3.2.4 Hydraulické lisy pro zápustkové kování

Hydraulické lisy do 500 MP se využívají k lisování velkých a dutých těles. Jejich výhodou je tichý a bezrázový chod. Hydraulické lisy od 630 do 3000 MP jsou určeny ke kování méně členitých výkovků. Lisy se provádějí obvykle čtyřsloupové s horním pohonem. Mohou být dále vybaveny i spodním hydraulickým vyrážecem. [4]

4 Kování

4.1 Volné kování

Volné kování je možné rozdělit na kování ruční a strojní. Při ručním kování se kove na kovářčině za pomoci ručního kovářského nástroje. Materiál se ohřívá v kovářských výhních, popřípadě v pecích menších rozměrů. V dnešní době se již ruční kování tolik nevyskytuje a nahradilo ho kování strojní.

Strojní kování je prováděno za pomoci bucharů, pokud je pro kování vyžadována větší váha beranu, kove se za pomoci hydraulických lisů. Polotovary ke kování je válcovaný materiál nebo ingot. [4]

4.2 Zápustkové kování

Technologie zápustkového kování neumožňuje dosáhnout takové vynikající kvality povrchu a přesnosti rozměrů, jaké jsou u součásti požadovány. Ovšem je snaha výkovky dělat s takovou přesností a jakostí povrchu, aby bylo možné výkovky použít jako hotovou součást. Tyto výkovky jsou známé pod označením přesné či velmi přesné, ale v mnoha případech je nutné i tyto výkovky dále ještě brousit. [4]

5 Kovací lisy

V první řadě je nutné si definovat pojem LIS. Jedná se o tvářecí stroj, který pracuje převážně tlakem, jenž vyvolává pracovní část, tato pracovní část koná přímočarý vratný pohyb a je také trvale spojena s hnacím ústrojím. [3]

Samotné lisy je možné rozdělit do několika kategorií a to dle použitého pohonného mechanismu, dále dle technologické operace, pro kterou jsou lisy konstruovány a také se dělí podle konstrukčního provedení stojanu. [3]

Rozdělení:

- a) Použitý pohonný mechanismus
 - Mechanické
 - Hydraulické
 - Mechanicko-hydraulické
- b) Technologické operace, pro které jsou lisy konstruovány
 - Volné kování
 - Zápustkové kování
 - Rovnání
 - Tažení ...

c) Konstrukční provedení stojanu – rámy neboli stojany můžeme dále ještě rozdělit na:

- *Dle přístupnosti pracovního prostoru*
 - Otevřené – jedná se o jedno stojanové a dvou stojanové kovací lisy.
 - Uzavřené – stojanové a sloupové kovací lisy.
- *Konstrukční provedení*
 - Lisy vyráběné pouze z jednoho kusu.
 - Lisy dělené na více částí.
- *Výrobní technologie*
 - Kombinované
 - Svařované
 - Odlévané

Konkrétně se budeme věnovat lisům s označením CKV. Jedná se o hydraulické horno-tlakové kovací lisy s jmenovitou silou tváření od 6.3 do 140 MN. Jsou určeny pro větší škálu využití, je možné na těchto lisech pýchovat, kovat i děrovat. Tyto operace je také možné provádět jak u ocelí, tak i u neželezných kovů. [3]

5.1 Popis lisů CKV

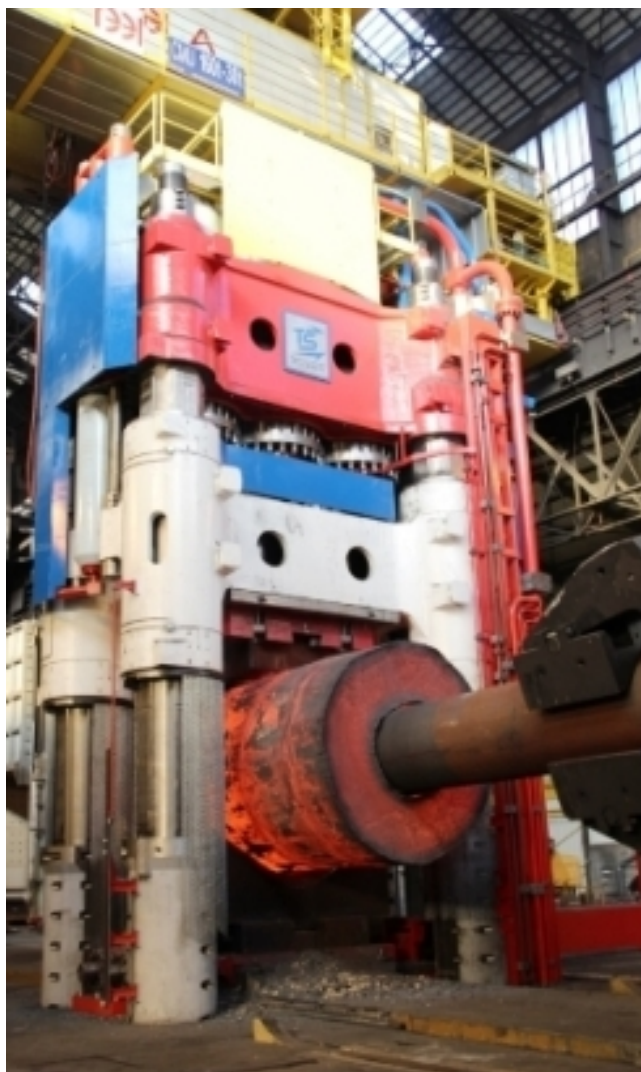
Jak již téma této práce napovídá, budeme se zde také věnovat popisu lisu, u kterého se ingotový vůz nachází. Jedná se o hydraulický lis řady CKV, tyto lisy mají robustní vertikální čtyřsloupovou konstrukci, v praxi je možné také vidat vertikální dvousloupové lisy. Lisovní válce jsou umístěny v horní traverze. U válců se nacházejí i plunžry, kvůli zvýšení životnosti jsou plunžry opatřeny tvrzeným povrchem a dále jsou spojeny s plunžrovou traverzou. Plunžrová traverza je vedena v pouzdech po sloupech lisu. [5]

Ve spodní části kovacího lisu se nachází traverza, ve které je umístěný podélně posuvný kovací stůl s vedením sloužící pro upevnění kovadel. Na lise nalezneme také horní kovadlo, které je umístěno v horní traverze a je uchyceno hydraulickými upínači. Pohon lisů je řešen akumulátorovou stanicí s emulzí (voda a olej). [5]

Díky tuhé konstrukci lisů je zajištěna bezpečnost provozu, dobrá životnost a spolehlivost funkce lisů, kování na přesný rozměr a samozřejmě také snížení potřeby energie. Toto je jen výčet těch nejdůležitějších hodnot, věřím, že dobrá konstrukce a precizně udělané výrobky ovlivní daleko více faktorů. [5]

Samotná konstrukce lisů a jejich dílů je ověřována výpočty. Konkrétně se využívá metoda MKP, kde je virtuální prototyp zatěžován centrickými i excentrickými silami v různých polohách pohyblivé traverzy. Simulují se tedy reálné pracovní podmínky, vše je tedy založeno na reálných základech. [5]

Ovládání lisu je řešeno dálkově pomocí elektro-hydraulického systému. Ovládání se provádí z pultu lisu a za pomoci tlačítek a ovladačů. [5]



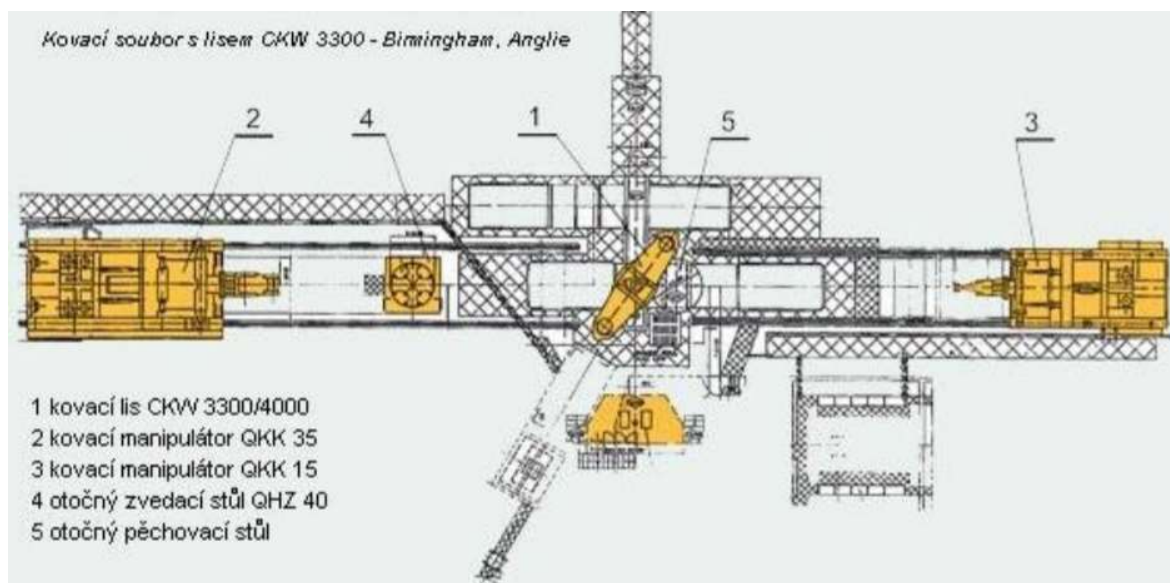
Obrázek 1 - Kovací lis [5]

6 Integrovaný kovací soubor

Integrovaným kovacím souborem se myslí kovací soubor pro volné kování, jenž tvoří kovací lis a kovací manipulátory, které mohou být dva případně pouze jeden. Kovací lis je převážně s hydraulickým pohonem. Elektrické zařízení souboru umožňuje ruční, poloautomatické a automatické řízení včetně lisu, jeho součástí je programovatelný automat. Tento soubor bývá na přání zákazníka doplněn o nářadový manipulátor a sadu nářadí, otočný nebo zvedací stůl a ingotový vůz, jehož hlavním úkolem je přemístění ingotu z pece k lisu. [6]

Pokud se zaměříme na ovládání kovacího souboru, tak je možné říci, že kovací soubor je ovládán pouze jedním pracovníkem od centrálního ovládacího pultu. Tento pult je umístěn v klimatizované, a hlavně odhlučněné místnosti, ale zároveň se nachází v bezprostřední blízkosti kovacího souboru. Kovací soubor je tedy ovládán za pomoci pedálů, tlačítek a pák, které má pracovník k dispozici. Pomocí ovládacího pultu má pracovník možnost vybrat vhodný režim ovládání. [6]

Každý z manipulátorů je vybaven řadou čidel, které neustále sledují pohyby, otáčení a pojezd zařízení kovacího souboru. [6]



Obrázek 2 - Dispozice integrovaného kovacího souboru [7]



Obrázek 3 - Ovládací pult [6]

6.1 Manipulační prostředky

Tato kapitola je věnována manipulačním prostředkům, které tvoří samotný kovací systém. Díky těmto prostředkům je chod celé výroby kován i plynulejší, lehčí a snadnější. Uspodňují nám práci, při manipulaci s výkovky velkých rozměrů a hmotností. [8]

6.1.1 Kovací manipulátory

Kovací manipulátory jsou manipulační prostředky pro kusová břemena. Slouží hlavně k manipulaci s výkovkem během kování. Jedná se o dvoučelistové kleště, které jsou umístěny na nosiči. Kleště tedy umožňují otáčení výkovku kolem osy rotace. Díky posuvu a pojezdu je zajištěn axiální pohyb výkovku. Nosič kleští je polohovatelný, jak výškově, tak stranově. Dále je umožněn také sklon nosiče pro lepší uchopení výkovku například z podlahy. [8]

Kovací manipulátory se rozdělují dle konstrukce provedení na kolejové, které jsou řízené z velínu lisu, dále je možnost kolejových manipulátorů, řízených řidičem a třetí možností jsou kovací manipulátory stacionární, které jsou součástí lisu. Pokud je ve firmě využíváno kolejové vozidlo, je opatřeno čidlem, jenž odměřuje délku pojezdu a je tím umožněno měření podélných rozměrů výkovku. [8]



Obrázek 4 - Kovací manipulátor [6]

6.1.2 Otočné pēchovací stoly

Otočné pēchovací stoly jsou zařizení využívaná pro pēchování polotovarů výkovků kotoučů a také ke srovnání čel při jejich kování. Na kovací desku lisu se umísťuje těleso pēchovacího stolu, kde se dále zafixuje. Další částí otočného stolu je vrchní kovací deska, která je otočná a to díky hydromotoru, který umožňuje její krokové otáčení. Otáčení desky je řízené řidičem lisu. [8]



Obrázek 5 - Otočný kovací stůl [6]

6.1.3 Jeřáby

Jeřáby jsou zdvihací zařízení, která slouží k přemístování výkovků. Pohyb jeřábů je vodorovný a svislý. Jeřáb je složen z nosné konstrukce a z pojezdového zvedacího nebo otáčecího strojního zařízení. Jeřáby jsou zařízení, u nichž je nutné dbát zvýšené bezpečnosti a pozornosti, aby nedošlo k nechtěnému nebezpečí. V kovárnách můžeme nalézt jeřáby různých nosností a konstrukcí. [8], [10]

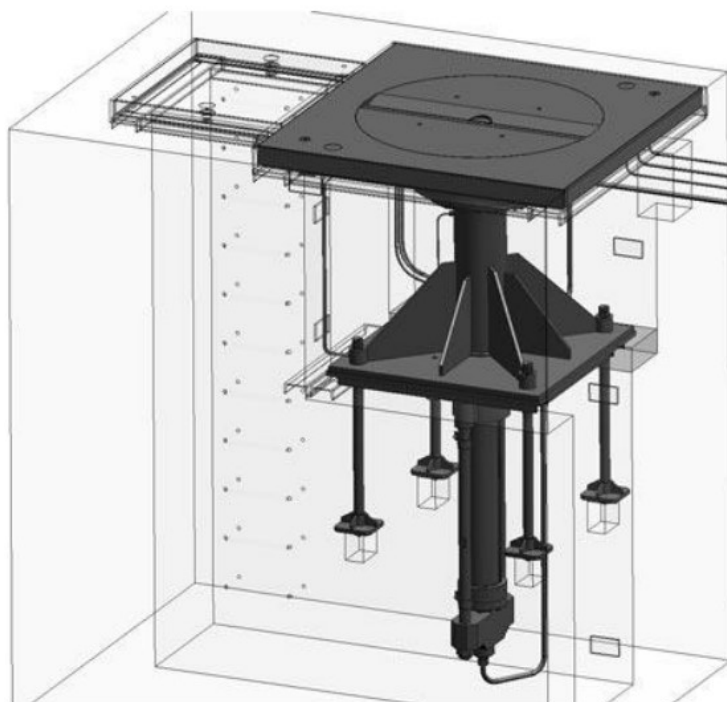
Nejčastěji jsou využívány mostové jeřáby, které jsou zhotoveny z ocelových mohutných konstrukcí s pojížděcím a zvedacím ústrojím. [8]



Obrázek 6 - Mostový jeřáb [10]

6.1.4 Otočné zvedací stoly

Otočné zvedací stoly jsou zařízení, která umožňují zvednutí a otočení výkovku při kování, aby mohl být výkovek dále uchopen manipulátorem nebo vahadlem. Otočení stolu je možné až o 180°. Zvedací stoly jsou pevně zabudovány a ukotveny v základu lisu, čímž umožňují lepší manipulaci s výkovkem. Pracovní deska je při kování zasunuta a je vodorovně s podlahou, vysouvá se tedy pouze v případě manipulace a otáčení s obrobkem. Otočný stůl je složen ze stojanu, ve kterém je hydromotor umožňující zvedání a otáčení desky stolu. [8]



Obrázek 7 - Otočný zvedací stůl [8]

6.1.5 Vahadlo

Vahadlo patří mezi starší manipulační prostředky, jedná se o vykovanou tyč a na jejím konci je vytvořen axiální otvor pro zasunutí čepu, který je předkovaný z hlavy ingotu. Ingot je díky čepu nasazen do vahadla, které je zavěšeno na řetěz jeřábového otáčedla. Tato manipulace se již využívá pouze zřídka, jelikož manipulace vyžaduje pozornost a velké nároky na obsluhu lisu. [8]

6.1.6 Kovářské kleště

Kovářské kleště jsou zařízení, která jsou využívána pro manipulaci a dopravu výkovků kruhového případně čtvercového tvaru. Kovářské kleště jsou spojeny s jeřábem za pomoci háku. Rozdělují se na ruční, samosvorné a automatické. [8]

Ruční kovářské kleště se používají při volném kování malých výkovků. Samosvorné se používají k přepravě výkovku mezi pecí a lisem. Samosvorné kleště jsou navrhovány až do nosnosti 50 tun. Automatické kleště mají stejný účel jako kleště samosvorné, svírací tíha je zde však vyvolána hydraulickými válci, u samosvorných je pak tíha vyvolána tíhou samotného břemene. Velká nevýhoda automatických kleští je vyšší cena zařízení. [8]



Obrázek 8 - Kovací kleště [6]

6.1.7 Ingotový vůz

Ingotový vůz je zařízení pro přemísťování ingotu od ohřívacích pecí k lisu, případně jiným kovacím souborům. Slouží tedy v kovárnách k přepravě ingotů určených ke kování případně válcování. Ingotové vozy mohou být opatřeny ochrannými poklopy, které jsou nad přepravovaným ingotem a brání tím jeho vychladnutí, jelikož je poklop vybaven šamotovou vyzdívkou a samozřejmě také slouží jako ochrana vozu. [9]

Vozy jsou používány a vyráběny různých nosností, vyrábějí se i vozy s nosností 260 tun. Ingotový vůz bývá převážně kolejového charakteru a jeho dráha je předem dána. Po dráze se pohybuje v obou směrech, tedy od pece k lisu a pak zase zpět. Ingot je položen na ingotový vůz za pomoci jeřábu případně kleští (kovacího manipulátoru). [8]

Vůz je složen z rámu, ten je posazen na čtyřech nápravách. Dále je na rámu točna, která souší k otáčení a uložení ingotu. Otáčení točny a pohon vozu je zajištěn pomocí elektromotoru s převodovkou. Přívod elektrické energie je u ingotového vozu zajištěn za pomoci navíjecího energetického kabelu, jinak známého také jako „kabelšlep“. [8]



Obrázek 9 - Ingotový vůz [6]

Základní parametry ingotového vozu k lisu CKV 2500:

<i>Technické parametry ingotového vozu QHK 35</i>	
Nosnost [kN]	350
Otáčky točny [min^{-1}]	0-2,5
Rychlost pojezdu [m/min]	0-20
Výška bez točny [mm]	650
Výška s točnou [mm]	1250
Příkon pro pojezd [kW]	13
Příkon pro otáčení [kW]	11
Průměr kol [mm]	560
Rozměr točny [mm]	1200x1800

Tabulka 1 - Parametry ingotového vozu [8]

7 Hrubá stavební struktura konstrukčního návrhu

7.1 Rám

Nedílnou součástí ingotového vozíku je rám. Rám představuje základní stavební část pojezdů, které rozdělujeme dle výroby na svařované, odlévané, případně se tyto technologie vzájemně kombinují. Dále můžeme rámy rozlišovat dle tvaru na uzavřené a otevřené. [12]

Hlavní úlohou rámu je přenášet zatížení, která vznikají mezi rámem a koly vozu, spojuje hnací soustavu a další příslušenství v jeden celek, nese náklad a hnací soustavu. Přenáší posuvnou a brzdou sílu podvozku na celý vůz. Dále se na rám připevňují další části, jež jsou nedílnou součástí vozu jako například motor, kola, točna a mnoho dalších. [12]

7.1.1 Výroba rámu

V dnešní době převažuje výroba rámu pomocí svařování. Díky této technologii se za pomoci plechů a polotovarů dané kvality zhotoví nejrůznější tvary a profily rámu. Dále je zde možné pracovat i s různými tloušťkami plechů. Rámy mohou být konstruovány jako otevřené, polouzavřené, tuhé a poddajné. Otevřené rámy jsou ty, které nemají čelník, jinak také označovány jako H rámy. Polouzavřené rámy se převážně používají pro lokomotivy nezávislé trakce, v tomto případě je vhodné, aby rám neměl jeden čelník, tím se otevře prostor pro kloubovou hřídel pro pohon dvojkolí. Poddajné rámy jsou takové, které se přizpůsobují nerovnostem koleje. [12]

7.1.1.1 Rám svařovaný

Svařované rámy se využívají mnohem častěji než rámy odlévané a to hlavně z důvodu, že je možné svařit plechy různých tloušťek podle toho, jak vyžaduje pevnostní dimenzování. Díky svařování lze dosáhnout nižší hmotnosti samotného rámu. [12]

7.1.1.2 Rám odlévaný

Odlévané rámy můžeme vidět spíše u nákladních vozů, kdy se zcela nedbá na hmotnost. Jsou využívány hlavně u velkosériové výroby, kdy je velký počet kusů optimální pro využití modelů. Výhodou této výroby je samozřejmě nižší pracnost, jelikož po odlití těchto rámu se opracovávají pouze nutné funkční plochy a otvory. [12]

7.2 Dvojkolí

7.2.1 Charakteristika

Dvojkolí považujeme za základní a hlavní díl samotného pojezdu vozu, přenáší síly mezi vozidlem a dráhou jízdy, tedy kolejnicí. Dvojkolí je tvořeno nápravou a dvěma koly, která jsou nalisována na nápravě. Další součástí dvojkolí jsou nápravová ložiska, ta umožňují vazbu s ostatními díly podvozku a také vazbu s rámem. Další přídatné zařízení mohou být brzdy a pohon. [11]

Pokud se zaměříme na hlavní parametry, patří sem rozchod kolejnice, na které má být dvojkolí provozováno a s tím je spojen tzv. rozchod dvojkolí, s tímto parametrem je vázaná vzdálenost styčných kružnic. Dalším důležitým parametrem dvojkolí je průměr kola. Průměr kol je dán průměrem styčné kružnice. [11]

7.2.2 Náprava

Náprava je válcového tvaru s odstupňovanými průměry, to je odvozeno od funkce, a hlavně namáhání jednotlivých míst nápravy. Nápravy je možné rozdělovat dle několika hledisek a to dle čepů, popřípadě průřezu nápravy. [11]

Nápravu můžeme tedy rozlišovat dle čepu, který slouží pro nasazení nápravových ložisek a také sedel pro nalisování kol. Rozlišujeme dvojkolí s vnějšími čepy a dvojkolí s čepy vnitřními. [11]

Dle svého průřezu poté rozlišujeme nápravy plné a duté. Duté nápravy jsou duté v celé své délce a využívají se převážně na hnací dvojkolí. Toto provedení umožňuje snadnější kontrolu trhlin a deformaci v kritických místech nápravy. Tyto trhliny a deformace se zjišťují pomocí ultrazvuku. [11]

Náprava je klasická součást, jenž je namáhána únavou z rotace s vlivem tvarové pevnosti. Materiál, který se používá pro výrobu nápravy je uklidňená ocel, která je vyrobena přednostně v kyslíkovém konventoru a vakuovaná. [11]

7.2.3 Kola

Kola pro dvojkolí se rozdělují dle své konstrukce:

- a) Celistvá kola - vyrábějí se z jednoho kusu a mají zesílenou obvodovou část, středovou část. Obvodová část se nazývá věnec a středová část je známa pod pojmem náboj.
- b) Obručová kola – obručová kola jsou složena ze dvou kusů a to z obruče, která je na středovou část kola natažená za tepla s přesahem, druhá část je kotouč nebo hvězdice. Celá sestava je zajištěna pomocí vzpěrných kroužků.
- c) Složená kola – u těchto kol nalezneme elastické a hluk tlumící prvky, které jsou mezi obvodovou a střední částí. [11]

7.2.3.1 Celistvá kola

U těchto kol je tvar věnce dán předepsaným jízdním obrysem. Šířka věnce u dvojkolí má zůstat v rozmezí od 133 mm do 140 mm. Minimální tloušťka kola je pak dána ryskou sjetí kola, jedná se o mez soustružení na vnějším čele věnce. Pokud se kola opravují, musí být tato ryska zcela zachována a musí být zcela viditelná. [11]

K věnci kola je dále možné připevnit tlumič hluku a vibrací. Jednoduché řešení tohoto případu představuje tlumící kroužek, který je vytvořený díky drátu o průměru 10 mm, jenž je vložený do drážek na vnitřní straně věnce. Tento drát je vyrobený z nerezové oceli. Plní funkci třecího tlumiče, jehož funkcí je tedy přeměna mechanické energie vibrací na energii tepelnou. V náboji kola dále nalezneme díru, která umožňuje nalisování kola na nápravu. [11]

Celistvá kola se vyrábějí převážně z uhlíkových ocelí, které jsou uklidňené a vakuované. [11]

7.2.3.2 Obručová kola

Jak již bylo zmíněno obručová kola jsou složena ze dvou kusů. Kotouč u obručových kol je složený z obvodového věnce a středového náboje, obě části jsou spojeny deskou. [11]

Tato kola mohou být tvářená, kovaná a litá. Pokud jsou kola tvářená, dodávají se v žíhaném stavu, popřípadě ve stavu zušlechtěném. [11]

U obručových kol se jako jmenovitý průměr uvádí průměr vnitřní. Stanovuje se zde také minimální tloušťka obruče. [11]

Pro výrobu obručí jsou využívány uhlíkové oceli, přednostně vakuované. Obruč se zahřívá na teploty 200-250 °C, nesmí se však přesáhnout teplota 300°C. Po ohřátí se na obruč nasadí kotouč nebo hvězdice a do drážky se co nejrychleji nasadí ocelový vzpěrný kroužek. Vzpěrný kroužek má plochý nebo profilový - lomený průřez. [11]

7.2.3.3 Složená kola

Složená kola se využívají hlavně díky svým pružným vlastnostem, jichž je dosaženo díky tlumícím a hlukově izolujícím účinkům pryže. Velká výhoda pryže je příznivá pružící vlastnost v tlaku a smyku. Bohužel pryž má i své nevýhody, mezi které patří ohřev pryže během jízdy, větší jízdní odpor a malá pevnost pryže. Složená kola se rozdělují na kola šroubovaná a kola nešroubovaná. [11]

Šroubovaná kola jsou tvořena věncem a deskou bez náboje. Středový celek je tvořen nábojem a dvěma kotouči. Jeden kotouč je vnitřní, ten tvoří s nábojem jeden celek a druhý kotouč je vnější, který je odnímatelný. Pryžové elementy jsou poté vloženy mezi desku a kotouč středové části. [11]

Nešroubovaná kola jsou typická tím, že pryžové elementy jsou nalisovány na obruč a věnec kola. Obruč je poté při jízdě dobře ochlazována proudícím vzduchem, a proto kolo snese menší oteplení. [11]

7.3 Nápravová ložiska

Hlavním cílem ložisek je přenos všech sil mezi dvojkolím a rámem podvozku. U ložisek je nutné zabezpečit přenos sil statických, dynamických, vodorovných, svislých a mnoha dalších sil. Dále je nutné mít malý součinitel tření a malé odpory. Důležitá je také životnost ložisek. [11]

Hlavní části ložiska jsou tedy - vlastní nápravová ložiska, která mohou být kluzná nebo valivá, dále skříň ložiska a těsnění. [11]

7.3.1 Kluzná nápravová ložiska

Kovy, které se používají na kluzná ložiska, jsou převážně slitiny cínu, antimonu a olova. Mazání u kluzných ložisek je zajištěno pomocí olejů, u kterých je vyžadován nízký obsah nečistot a stopový obsah vody. Průměrná pracovní teplota nápravového ložiska je 50°C. Mazání je velice důležité, jelikož zajišťuje správnou funkci ložiska. [11]

Výhody:

- Nižší cena
- Menší hmotnost
- Menší dynamické namáhání

Nevýhody:

- Velké rozjezdové odpory
- Ztráty oleje ve výklopnících
- Opotřebení pánví, čepů
- Nutnost častého mazání

7.3.2 Valivá ložiska

Valivá ložiska mají jednu velkou výhodu a tou je malý součinitel valivého odporu, oproti tomu nevýhodou je vyšší cena a hmotnost ložiska. V ložiskové skříni je umístěno jedno nebo dvě valivá ložiska, nejčastěji jsou válečková, soudečková anebo kuželíková. Valivá ložiska je taktéž nutné mazat, mazání vytvoří v ložisku nosný mazací film. Mazivo dále chrání ložisko před korozí a přispívá k těsnění ložiska proti vnikání nečistot a vlhkosti. [11]

7.3.2.1 Dvouřadá soudečková ložiska

Tato ložiska mají největší únosnost ze všech uvedených ložisek, mohou přenášet i značné osové síly. [11]

7.3.2.2 Jednořadá válečková ložiska

Taktéž zachycují osové síly, ale vyžadují větší průměry než ložiska dvouřadá. Pokud však na tyto ložiska působí osové síly dlouhodobě, mají na jejich chod nepříznivý vliv. [11]

7.3.2.3 Kuželíková ložiska

Jsou vhodná pro přenos osových sil, vyžadují však citlivé vymezení vůlí. [11]

7.4 Vypružení pojezdu

Do vypružení pojezdu spadají pružiny a tlumiče. Pružiny jsou charakterizované svou tuhostí a tlumiče jsou charakterizované svou tlumicí silou. Pružinou může být však upravené těleso, ale také závěs. Hlavním měřítkem pro posouzení pružících těles jako pružin je součinitel využití objemu, který je ve vztahu pro deformační práci pružiny. [11]

Součinitel využití objemu můžeme vypočítat dle základního vzorce:

$$L_P = k \times V \times \frac{\sigma^2}{E}$$

kde L_P deformační práce pružiny

k součinitel využití objemu pružiny

V objem pružiny

σ největší napětí při působení zatížení

E modul pružnosti v tahu (pro ocel se bere hodnota $E=2,1 \cdot 10^5$ MPa)

7.4.1 Druhy vypružení

Mezi základní vypružení pojezdu patří listová pružina, jinak také známá jako pružnice. Je tvořena jedním nebo dvěma svazky plochých listů, které jsou uprostřed sevřeny objímkou. Aby se sestava pružin neposouvala, je zajištěna pomocí klínu a příložky, dále aby se listy nenatáčely vůči sobě, mají na vrchní ploše vytvořenou drážku, která pohyb zamezuje. Nejdelší list této sestavy je také listem hlavním, který má na svých koncích úpravy pro zachycení nebo uložení vypružených částí. Průřez listu je charakterizován svou šířkou a výškou. Dle délky a průřezu listu se dále rozdělují pružnice na lichoběžníkové a parabolické. [11]

Lichoběžníkové pružnice mají na celé své délce neměnnou číšku ani výšku listu, tudíž listy na sobě po celé délce přiléhají a při vypružení vzniká mezi listy tření. Parabolické pružnice mají naopak proměnnou výšku průřezu a ta se mění dle paraboly. Mají také stejnou délku a šířku listů po celé své délce. U parabolických pružnic ještě rozlišujeme pružnice s lineární a lomenou charakteristikou. [11]

Další druh vypružení je přímá pružina neboli torzní tyč. Pružícího defektu se docílí především nakrucováním torzní tyče. Jeden konec tyče je pevně upnutý a druhý konec je uložen v ložisku. Torzní tyč je převážně kruhového průřezu. [11]

Velice známé a hojně využívané vypružení jsou šroubovitě válcové pružiny, jež jsou zároveň nejvhodnějším pružícím prvkem. Vždy se využívají v sestavě s tlumiči, jelikož jejich tlumení není dostačující, výhodou těchto pružin však je jejich nenáročnost na údržbu a malý prostor. Vyrábějí se z drátu kruhového průřezu a jsou vinuty za tepla. K pružinám je možné také zařadit pryžové pružiny, které se vyrábějí z kaučuku, dále jsou vulkanizované a to z důvodu dosažení lepší pružnosti, tepelné a chemické odolnosti. Vyznačují se schopností velkého pružného přetváření. [11]

Zajímavým typem vypružení je vzduchové, kde je pracovním médiem stlačený vzduch, kterým je vzduchová pružina vyplněna. Hlavní výhodou tohoto vypružení je, schopnost snižovat hlučnost, jsou lehčí než ocelová vypružení. Nutné je však tyto pružiny doplnit tlumiči, jelikož nemají žádné vnitřní tlumení. [11]

7.5 Pohon

Vozidlo musí mít vždy, alespoň jednu nápravu hnací. Hlavní funkcí pohonu je přenos točivého momentu z elektromotoru na dvojkolí. Pohon musí přenášet vysoké výkony, ale zároveň jsou elektromotory omezeny prostorem, jelikož jsou umístěny v rámu. Je tam velice vymezený prostor, proto je návrh pohonu tak důležitý a je nutné zohledňovat nejen výkonnostní parametry, ale také rozměry. Dále se také u pohonu požaduje nízká hmotnost. Rozhodující jsou také náklady na údržbu, opravy a provoz pohonu. [13]

7.5.1 Rozdělení pohonů

7.5.1.1 Centrální pohon spojnicový

Centrální spojnicový pohon pochází z parních lokomotiv, kde parní stroj poháněl dvojkolí po levé i pravé straně lokomotivy. Kola byla mezi sebou pevně sprážena. [13]

Výhody tohoto pohonu spočívají ve skutečnosti, že k prokluzu došlo jen v případě, že byl u všech kol překročen koeficient adheze. Pokud k prokluzu došlo na jednom dvojkolí, nemělo to žádný vliv na ostatní dvojkolí. Na druhou stranu nevýhodou těchto pohonů je potřeba vyvažování kol. [13]

7.5.1.2 Individuální pohon dvojkolí

Toto dvojkolí je charakterizováno motorem, který pohání individuálně každé dvojkolí. U tohoto řešení je velkou výhodou jednoduchá konstrukce a přívod energie. Nevýhodou je však možnost prokluzu ve chvíli, kdy dojde k odlehčení dvojkolí případně při změně adhezních poměrů. [13]

7.5.1.3 Skupinový pohon dvojkolí

Dvě či více dvojkolí jsou spojena do skupiny, která je poháněna od jednoho motoru. Nevýhodou je nutnost mechanické vazby mezi dvojkolími, což může vést ke komplikacím týkající se prostoru. Výhoda je zde ta, že při odlehčení dvojkolí nedojde k prokluzu, a to i v případě sníženého koeficientu adheze.[13]

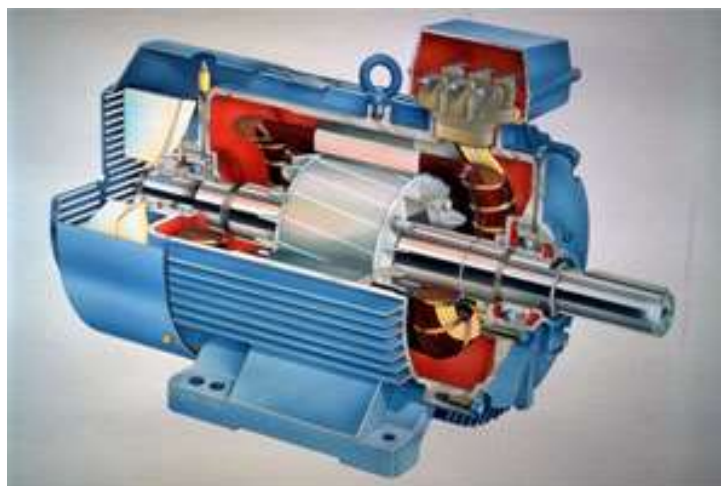
7.6 Elektromotory

Elektromotory se vyrábějí v mnoha provedeních s výkony od několika desítek W až po desítky MW. Dále také pro otáčky od desítek minut až do desítek tisíc minut. Podle druhu pracovního proudu se rozlišují elektromotory stejnosměrné a elektromotory střídavé neboli indukční. [14], [17]

U elektromotorů se elektrická energie mění v mechanickou práci. Každá energie může vykonávat práci a práce za jednotku je výkon. Výkonem a otáčkami se charakterizují veškeré motory a tyto dva parametry jsou při výběru motoru primární. Elektromotory pracují na principu využití silových účinků magnetického pole, dochází k odpuzování a přitakování elektromagnetů a železa. Sílu elektromagnetu a jeho polaritu je možné řídit za pomoci elektrického proudu, který do motoru vtéká. [15],[18]

Každý elektromotor má tři různé způsoby fungování a to režim motorický, generátorický a dále režim brzdy. [14]

Elektromotor se skládá z elektrického a magnetického obvodu. V elektromotoru nalezneme dvě točivé části – stator a rotor. Stator je pevná, vnější část stroje. Stator obsahuje cívky vinutí s magnetickým obvodem. Rotor je naopak točivá část stroje s magnetickým obvodem, dále hřídelí a vinutím, kde jsou nasazeny kroužky případně komutátor. [14],[17]



Obrázek 10 - Elektromotor [15]

7.6.1 Stejnosměrné motory

Stejnosměrný elektromotor se připojuje na stejnosměrné elektrické napětí. Stator je složen z vnitřních magnetů s budícím vinutím, popřípadě můžeme ve stejnosměrných motorech nalézt permanentní magnety. Cívky budícího vinutí jsou zapojeny sériově a střídavě, vytvářejí severní a jižní pól. [16]

Stator je zhotoven z ocelolitiný nebo elektromagnetických plechů. Rotor je složen z elektromagnetických plechů, na obvodu rotoru jsou vyhotoveny drážky, v kterých je uloženo vinutí. Začátek a konec cívek je vyveden na komutátor. Komutátor je válcového tvaru a je zhotoven z měděných lamel, které jsou odizolovány. [16]

Lamely jsou odděleny pomocí drážek. Na komutátor dosedají grafitové uhlíky, jež umožňují průchod proudu mezi pevným přívodem a rotujícími částmi v rotoru. Mezi státorem a rotorem je velmi malá vzduchová mezera. Činnost stejnosměrného elektromotoru se zakládá na silovém působení a účinku magnetického pole na vodič, kterým protéká elektrický proud. [16]

7.6.2 Střídavé motory

Střídavé elektromotory se rozdělují na jednofázové, třífázové a dále na synchronní a asynchronní. V případě, kdy se rotor otáčí současně s rotací magnetického pole, hovoříme o motoru synchronním. Pokud se však rotor zpožďuje za rotací magnetického pole, jedná se o motor asynchronní. [19]

Jednofázové elektromotory se napájejí jednoduše za pomoci střídavého elektrického napětí. Třífázové elektromotory využívají vlastností 3-fázové soustavy, kdy dochází k posunu 3 napětí na 3 fázích o 120° . [19]

7.6.2.1 Asynchronní motory

Asynchronní motory jsou v praxi nejvyužívanější. Jejich velkou předností je nízká cena, dobrá regulovatelnost a jednoduchá konstrukce. U těchto motorů prochází třífázový proud cívkami a vzniká rotující magnetické pole, které nutí rotor k pohybu. Cívky se nacházejí ve statoru a v rotoru je umístěno vinutí, kde se díky rotaci magnetického pole indukují proudy a tím vzniká vlastní magnetické pole statoru. U asynchronních motorů je možné cívky zapojovat dvojným způsobem – do hvězdy nebo trojúhelníku. [19]

Asynchronní motory je možné řídit několika způsoby. Nejmodernější a v dnešní době nejvyužívanější je změnou frekvence za pomoci frekvenčního měniče, kdy je možné regulovat velký rozsah otáček. Dále je možné využít řízení změnou skluzu, napětím nebo změnou počtu pól-párů. [19]

7.6.2.2 Synchronní motory

U synchronního motoru je rotor tvořen permanentními magnety nebo cívkami, které jsou napájeny pomocí stejnosměrného proudu. U těchto motorů nedochází ke skluzu jako je tomu u asynchronních motorů, rotor se zde otáčí současně s magnetickým polem statoru, magnetické pole se tedy u synchronních motorů neindikuje. [19]

8 Vlastní návrh ingotového vozu

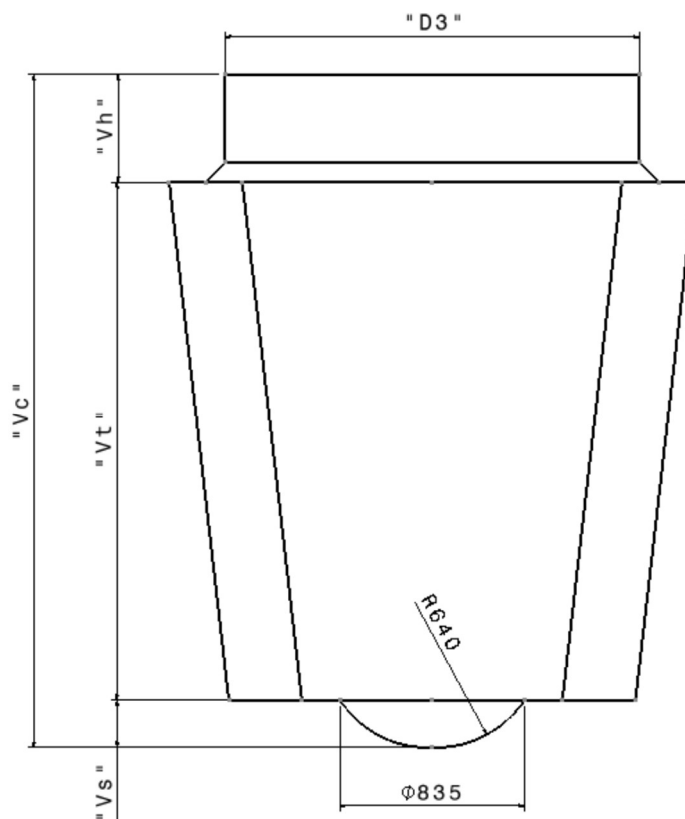
8.1 Parametry ingotu

Ingot je hutní materiál, který je určený k dalšímu zpracování, jedná se ztuhlou ocel, která je vytažena z formy tzv. kokily. V převážné většině má tvar komolého kužele případně hranolu. Ocel je možné odlévat třemi způsoby – odléváním horem, odléváním spodem a plynulým odléváním. [20],[21]

Odlévání horem je charakterizováno tím, že se ocel do kokil leje shora. Odlévání spodem je vhodné pro menší ingoty a kokily jsou spojené spodními kanálky. Plynulé odlévání, jinak známé také jako kontinuální, je využíváno hlavně ve větších ocelárnách. Vyrobena ocel vychází při tomto způsobu jako ztuhlý nepřetržitý pás. [20],[21]

Typ ingotu	Rozměry ingotu ve studeném stavu [mm]								
	Vc	Vh	Vt	Vo	Průměr				
					Dn	Ds	Dd	d3	d4
I35	2872	370	2357	145	1355	1262	1169	1188	1257

Tabulka 2 - Parametry ingotu



Obrázek 11- Rozměry ingotu

8.2 Návrh materiálu rámu

Rám vozu bude zhotoven z jednotlivých komponentů, konkrétně se bude jednat o tenké plechy a ocelové U profily. Jelikož se zvolil rám svařovaný, je nutné zajistit takový materiál, který je dobře svařitelný. Proto byl zvolen materiál 11 523 dle ČSN, jinak také označovaný jako S355J0 dle EN. Jedná se o nelegovanou konstrukční ocel třídy 11. [22]

Vlastnosti této oceli si shrneme v následující tabulce:

<i>Chemické složení konstrukční ocele 11523</i>						
<i>C</i>	<i>Mn</i>	<i>Si</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>N</i>	<i>Al</i>
max. 0,200	max. 1,600	max. 0,550	max. 0,050	max. 0,045	-	max. 0,015

Tabulka 3 - Chemické složení [22]

<i>Mechanické vlastnosti</i>	Provedení	
	Tepelně nezpracované	Normalizačně žíhané
Pevnost v tahu R_m [MPa]	-	510-680
Mez kluzu R_e [MPa]	-	min. 355
Tažnost A_{10} [%]	-	min. 22

Tabulka 4 - Mechanické vlastnosti [22]

8.3 Předběžný výpočet hmotnosti vozu

Konstrukční návrh je zaměřen na ingotový vůz o nosnosti 35 tun.

Hmotnost ingotu: $m_I = 35\,000\text{ kg} = 35\text{ tun}$.

Hmotnost kol:

Hmotnost kola je stanovena díky průměru a šířce kola. Průměr zvoleného kola je 650 mm a šířka kola 130 mm. Do výpočtu je dále nutná hustota materiálu, jelikož se uvažuje o kolech z oceli, můžeme říci, že potřebná hustota má hodnotu 7850 kg/m^3 .

$$V_K = \frac{\pi d^2}{4h} = \pi r^2 h = \pi * 325^2 * 130 = 43\,137\,994,12\text{ mm}^3 = 43\,137,99412\text{ cm}^3$$

$$m_k = \rho * V = 7,85 * 43\,137,99412 = 338\,633,2539\text{ g} = 338,633\text{ kg}$$

Kola jsou 4, proto je nutné tento výsledek vynásobit čtyřmi.

$$m_{kc} = 4 * 338,633 = 1\,354,53\text{ kg}.$$

Kola jsou součástí dvojkolí, které je složeno z nápravy, kol a odpružení.

Váha nápravy je v CAD systému CATIA určena takto, $m_N = 170,425\text{ kg}$. Váha odpružení, $m_{ODP} = 148,309\text{ kg}$.

Celková hmotnost dvojkolí:

$$m_{DV} = m_{kc} + m_N + m_{ODP} = 1\,354,53 + 170,425 + 148,309 = 1\,673,084 \text{ kg}$$

Hmotnost točny:

O točně budeme uvažovat jako o velkém válci o průměru 1800 mm a výšce 600 mm.

$$V = \pi r^2 h = \pi * 900^2 * 600 = 1526814030 \text{ mm}^3 = 1\,526\,814,030 \text{ cm}^3$$

$$m_T = \rho * V = 7,85 * 15\,268,030 = 11\,085\,490,13 \text{ g} = 11\,985,49 \text{ kg}$$

Hmotnost rámu vozu:

Rám vozu bude svařovaný z jednotlivých komponent, které budou odlévané. Za pomoci CAD systému byla určena váha rámu, který je složený z pravé a levé bočnice, U profilů výztuží a z dvou čel. Vypočtená hmotnost rámu je tedy $m_R = 9341,435 \text{ kg}$

Přibližná celková hmotnost vozu:

$$m_V = m_{DV} + m_T + m_R = 1673,084 + 11985,49 + 9341,435 = \mathbf{23\,000 \text{ kg}}$$

Váha ingotového vozu bude v konečné fázi v rozmezí 23-24 tun, jelikož je nutné k váze připočítat spojovací materiál, motory a energetický řetěz. Váha motorů se pohybuje kolem 300 kg a energetický řetěz má váhu 3,36 kg/m.

8.4 Návrh pojezdu

Parametry:

Hmotnost ingotového vozu

$$m_V = 23 \text{ tun}$$

Hmotnost ingotu

$$m_I = 35 \text{ tun}$$

Celková hmotnost:

$$m_c = m_V + m_I = 23 + 35 = 58 \text{ tun}$$

Gravitační zrychlení

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Rychlost vozu

$$v = 20 \text{ m/min} = 0,333 \text{ m/s}$$

Doba rozjezdu

$$t = 2 \text{ s}$$

Rameno valivého odporu

$$\xi = 0,001 \text{ m}$$

Průměr kola

$$\phi 650mm$$

Poloměr kola

$$r = 325mm$$

Výpočet:

Normálová síla

$$F_N = m_c * g = 58\,000 * 9.81 = 568\,980\,N = 568,98\,kN$$

Třecí síla od kol

$$F_t = \frac{\xi * F_N}{r} = \frac{0,001 * 568\,980}{0,325} = 1\,750,70\,N = 1,8\,kN$$

Zrychlení vozu

$$a = \frac{v}{t} = \frac{0,333}{2} = 0,1655\,m/s^2$$

Setrvačná síla

$$F_D = m_c * a = 58 * 0,165 = 9,57\,kN$$

Potřebná síla k tažení vozu

$$F = F_t + F_D = 1,8 + 9,57 = 11,37\,kN$$

Potřebný výkon k tažení vozu

$$P = F * v = 11\,370 * 0,333 = 3\,786,21\,W$$

Výkon motoru pro pojezd

$$P_M = P + 108\%P = 3\,786,21 + 4\,089,1068 = 7\,875,3168\,W \rightarrow 7,9\,kW$$

8.5 Otáčení točny

Parametry:

Hmotnost točny

$$m_T = 11\,985,49\,kg$$

Hmotnost ingotu

$$m_I = 35\,000\,kg$$

Otáčení točny

$$n = 2,5\,min^{-1}$$

Otáčení točny

$$t = 2\,s$$

Součinitel tření

$$f = 0,05$$

Poloměr točny

$$r = 900 \text{ mm}$$

Pomocné výpočty:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2 * \pi * 2,5}{60} = 0,262 \text{ rad/s}$$

$$\alpha = \frac{\omega}{t} = \frac{0,262}{2} = 0,131 \text{ rad/s}^2$$

Výpočet:

Normálová síla

$$F_N = m_l * g = 35\,000 * 9,81 = 343\,350 \text{ N} = 343,350 \text{ kN}$$

Třecí síla v ložisku

$$F_t = F_N * f = 343,350 * 0,05 = 17\,174 \text{ N} = 17,174 \text{ kN}$$

Třecí moment v ložisku

$$M_{tlož} = F_t * r = 17\,174 * 0,900 = 15\,456,6 \text{ N} = 15,46 \text{ kN}$$

Poloměr ingotu

$$R = \frac{D_S}{2} = \frac{1262}{2} = 631 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti ingotu

$$I_l = \frac{1}{12} (3 * R^2 + V_c^2) * m_l = \frac{1}{12} (3 * 631^2 + 2,872^2) * 35\,000 \\ = 27\,541,695 \text{ kg} * \text{m}^2$$

Moment setrvačnosti točny

$$I_t = \frac{1}{12} * m_t * r^2 = \frac{1}{12} * 11\,985,49 * 0,900^2 = 4\,854,123 \text{ kg} * \text{m}^2$$

Celkový moment setrvačnosti

$$I_c = I_t + I_l = 4\,854,123 + 27\,541,695 = 32\,395,818 \text{ kg} * \text{m}^2$$

Potřebný moment k otáčení točny

$$M_t = I_c * \alpha + M_{tlož} = 32\,395,818 * 0,131 + 15\,456,6 = 19\,700,452 \text{ Nm}$$

Potřebný výkon pro otáčení točny

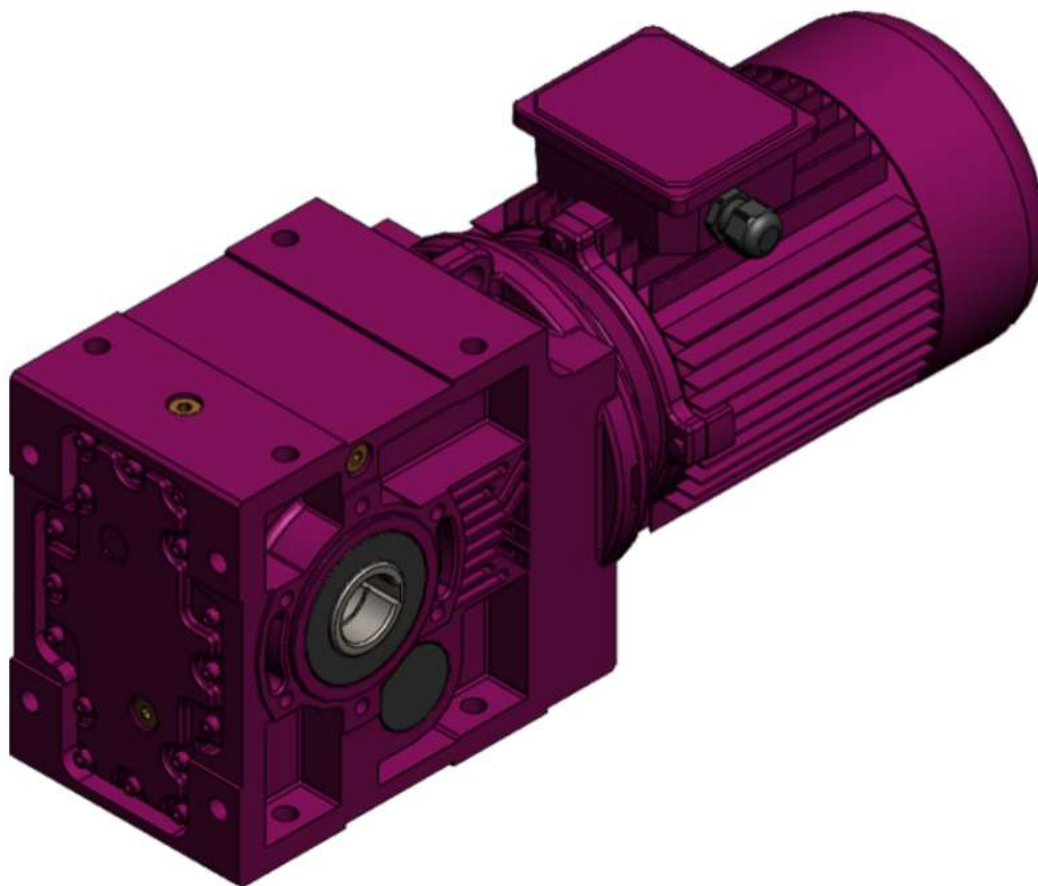
$$P_t = M_t * \omega = 19\,700,452 * 0,262 = 5\,161,518 \text{ W} \rightarrow \mathbf{5,2 \text{ kW}}$$

8.6 Návrh motoru a převodovky pro pojezd

Pro návrh převodovky a motoru na ingotový vůz je důležité vycházet z výpočtů týkajících se výkonu. Výkon při výpočtech vyšel na pojezd kolem 7.7kW. Abychom dosáhli správných hodnot, vůz se pohyboval rychlostí 2m/s a motor dokázal celý vůz rozhýbat, je lepší zvolit motor s vyšším výkonem. Dle výpočtů je vhodnější variantou vzít motor s výkonem 11 kW popřípadě 15kW, které jsou cenově přijatelné a na pohyb ingotového vozu dostačující.

Výběr motorů a návrh samotné převodovky byl doporučen a konzultován s firmou D2DRIVES, s.r.o. Tato firma se zabývá distribucí průmyslových pohonů, nejen zde v ČR, ale i v zahraničí. U této firmy byl poptáván motor s předovkou, díky ochotě zaměstnanců jsme dospěli k návržení nejvhodnějšího motoru pro ingotový vůz. Během výběru se vycházelo z výpočtů, dále se hodnotilo prostředí, ve kterém se bude vůz pohybovat, rychlost pohybu, zatížení, návrh kol a mnoho dalšího, jelikož škála faktorů, které ovlivňují výběr motoru a převodovky je velká.

První alternativa pro pohon pojezdu je motor od společnosti YILMAZ, kde byl zvolen motor s výkonem 11kW, otáčkami 60 rpm a výstupní kroutící moment 1662 Nm.



Obrázek 12 - motor s převodovkou od společnosti YILMAZ [25]

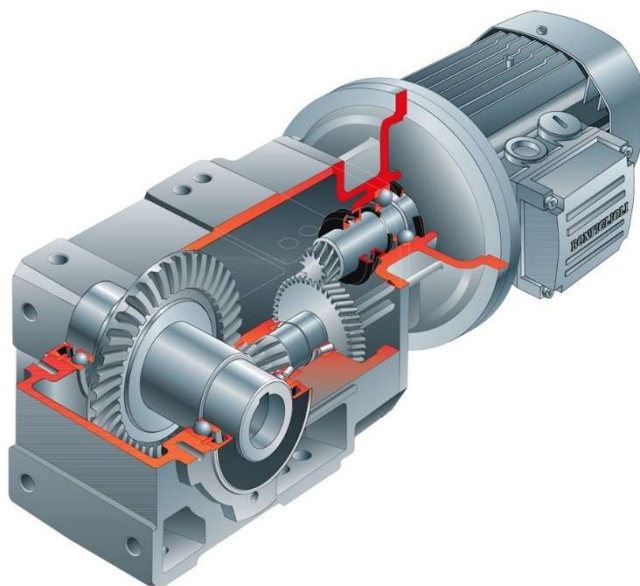
Podrobnější informace o zvoleném motoru jsou znázorněny v tabulce níže:

<i>Technické parametry</i>	
Typ	KR673-3E160M/4C
Typ vstupu	Přímá vazba
Napětí a frekvence	50 Hz -400 V
Třída účinnosti motoru	IE3
Výkon	11
Otáčky n_2 [rpm]	60
Výstupní krouticí moment [Nm]	1662
Ratio	24.38
Servisní faktor	2.6
F_{qam} (Std.) [N]:	42628
F_{ama} (Std+) [N]:	41900
Proud IE3 [A]	21
$\cos \phi_i$ IE3:	0.83
Efektivita motoru (4/4) IE3	91.4
Množství oleje	18
Váha [kg]	306

Tabulka 5 - Specifikace motoru YILMAZ [25]

Motor YILMAZ je uložen a přichycen k rámu ve voze horizontálně. V tomto případě je zvoleno řešení dutého hřídele na spojení nápravy a převodovky, uvnitř převodovky nalezneme drážkování, případně je možné využít spojení za pomoci svěrných kroužků.

Pohon je navržen s kuželo-čelní převodovkou, možné je také uplatnit šnekovou převodovku, ale z finančního hlediska je šneková převodovka dražší. Kuželo-čelní převodovka má velkou výhodu ve vysoké účinnosti, nízké hlučnosti a odolnosti vůči přehřátí.



Obrázek 13 - Kuželočelní převodovka [26]

Další variantou pro pohon vozu je motor s převodovkou od společnosti SIEMENS. Opět byl zvolen výkon motoru 11 kW, otáčky jsou v tomto případě 59.9 rpm a kroutícím momentem 1752.73 Nm.

Podrobnější informace:

<i>Technické specifikace</i>	
Typ	SIMOGGEARKAT129-LE-160MPB4P-L150NH
Typ vstupu	Přímá vazba
Napětí a frekvence	50 Hz -400 V
Převodový poměr	24.61
Výkon [kW]	11
Výstupní otáčky n [1/min]	59.9
Jmenovitý moment [Nm]	4400
Výstupní moment [Nm]	1752.73
Teplota okolí [°C]	-15...+40
Množství oleje [l]	17.05
Váha [kg]	226.7

Tabulka 6 - Specifikace motoru SIEMENS [25]

Pro pohon pojezdu byl v závěru zvolen motor YILMAZ s kuželo-čelní převodovkou. Výběr tohoto motoru je zdůvodněn tím, že rozměrově vyhovuje k uložení na rám vozu, dále je vyhovující a zcela dostačující kroutící moment a otáčky. Motor od společnosti Siemens nebyl vybrán z důvodu, že od této firmy by byl vhodnější motor spíše o výkonu 15 kW, tento údaj o vhodném výkonu byl určen díky programu kalkulace od společnosti siemens. Po konzultaci s odborníky z firmy D2DRIVES, s.r.o byl tento motor zamítnut.

8.7 Návrh motoru a převodovky pro otáčení točny

Pro převod točny byl zvolen motor o výkonu 7.5 kW. Motor bude umístěny pod točnou v oblasti rámu ingotového vozu. Motor bude taktéž uložen v horizontální poloze. Motor s převodovkou pro pohon točny bude dodán od společnosti Siemens, s.r.o.

Výkon motoru, jak bylo již zmíněno, bude 7,5 kW, jelikož tento výkon je na otáčení točny zcela dostačující. Díky tomuto motoru je vůz schopen točnou otáčet a díky tomu se bude snadněji manipulovat s výkovkem.

Stejně jako při návrhu motoru pro pohon, tak i při návrhu motoru pro otáčení točny se vycházelo s výpočtů, dále z požadavku na otáčky, průměr točny, zatížení, ale samozřejmě také prostředí ve výrobní hale, dále také uložení motoru a mnoho dalšího.

<i>Technické specifikace</i>	
Typ	1LE1001-1CB23-4AA4
Typ vstupu	Přímá vazba
Napětí a frekvence	50 Hz – 400V
Třída účinnosti motoru	IE2
Výkon	7.5
Otáčky n_2 [1/min]	1465
Výstupní kroutící moment [Nm]	49
Jmenovitý proud motoru [A]	14.7
Moment setrvačnosti [kg/m ²]	0,034
Teplota okolí [°C]	-20 až +40
Velikost rámu	132 M
Typ konstrukce	IM B3
Materiál rámu	Aluminium
Váha [kg]	49

Tabulka 7 - Specifikace motoru SIEMENS [25]

8.8 Energetický řetěz

Energetický řetěz je nedílnou a velice důležitou součástí ingotového vozu. Hlavním úkolem řetězu je přenos a ochrana kabelů, které jsou uvnitř řetězu uloženy a tím i chráněny před vlivy okolního prostředí. Bez těchto energetických řetězů by u kabelů docházelo k rychlému opotřebení a poškození. Abychom tedy těmto negativům předcházeli je dobré energetický řetěz zakomponovat také do návrhu ingotového vozu. [23];[24]

Technických provedení je nespočet. Prioritou pro výběr vhodného energetického řetězu bylo, aby materiál a celkově řetěz vyhovoval teplému a prašnému prostředí kovárny. Byl tedy zvolen řetěz zakrytovaný, aby ochrana kabelů byla maximální. Při použití je nutné samozřejmě dbát na uložení kabelů, aby nedocházelo k překrývání, k tahovým silám a kabely se mohly za všech okolností volně a správně pohybovat, dále jsou kabely také od sebe částečně odděleny, aby nedocházelo k vzájemnému odírání. [23]

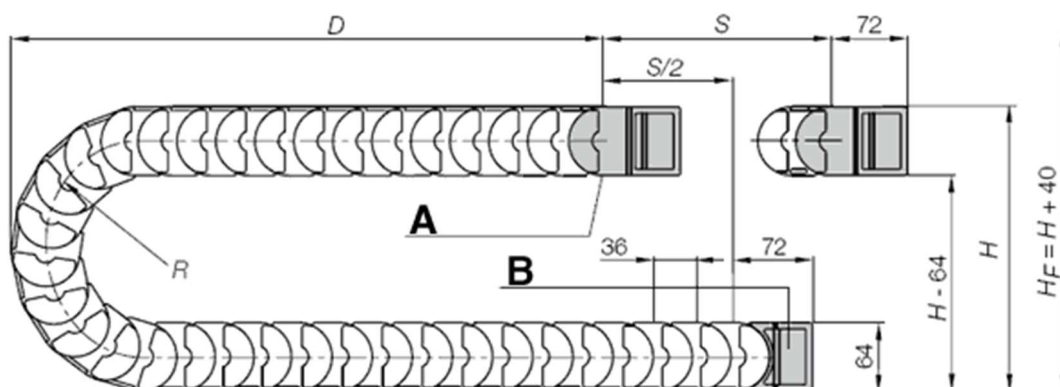
Energetické řetězy jsou vyráběny z materiálu známého jako igumid G, který má skvělé vlastnosti, jako je schopnost přenosu vysokých tlaků a namáhání, odolnost proti otěru a velké plus je stabilní chování materiálu při vysokých teplotách. [23];[24]

Montáž těchto řetězů je velice jednoduchá a rychlá. Možné je si zakoupit u dodavatele jednotlivé články a řetěz si svépomocí sestavit sám, případně je možné si řetěz zakoupit již složený. Velké plus vidím v tom, že je možné délku řetězu kdykoli upravit.

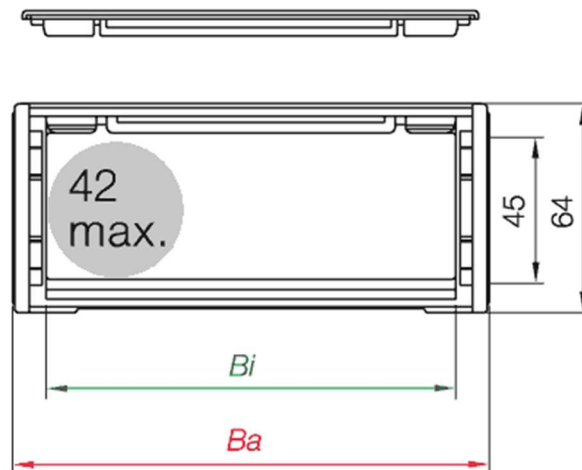
V následující tabulce se nachází shrnutí základních parametrů energetického řetězu, který byl vybrán pro konstrukční návrh. Energetický řetěz bude kouspen od společnosti HENNLICH s.r.o.

Energetický řetěz E2R řada R68	
Typ instalace	Bez podpory
Číslo dílu	68.175.300.0
Vnitřní šířka B_i [mm]	175
Poloměr ohybu R [mm]	300
Délka pojezdu S [mm]	22500
Délka řetězu [mm]	12276
Počet článků řetězu	341
Vnější šířka B_a [mm]	193
H [mm]	664
D [mm]	386
K [mm]	1015
H_2 [mm]	220
D_2 [mm]	1050
K_2 [mm]	1800
H_i [mm]	45
H_a [mm]	64
Hmotnost článků [g]	3204.52
Hmotnost [kg/m]	3.36

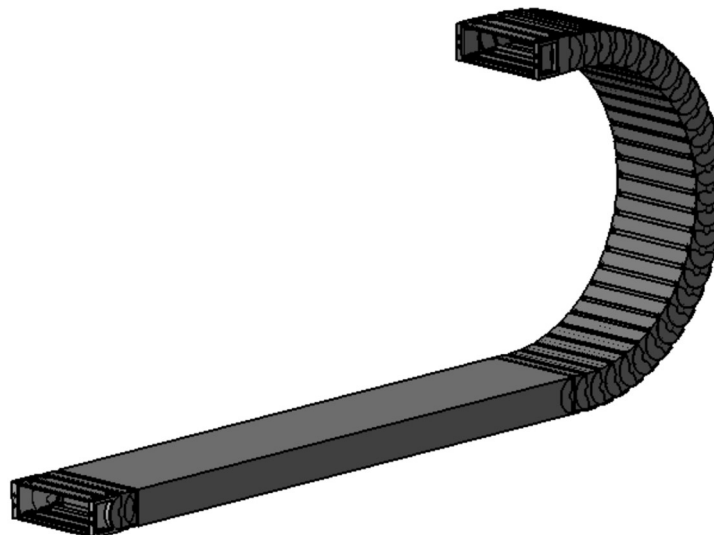
Tabulka 8 - Parametry energetického řetězu [24]



Obrázek 14 - Nákres s parametry [24]



Obrázek 15 - Detail článku řetězu [24]



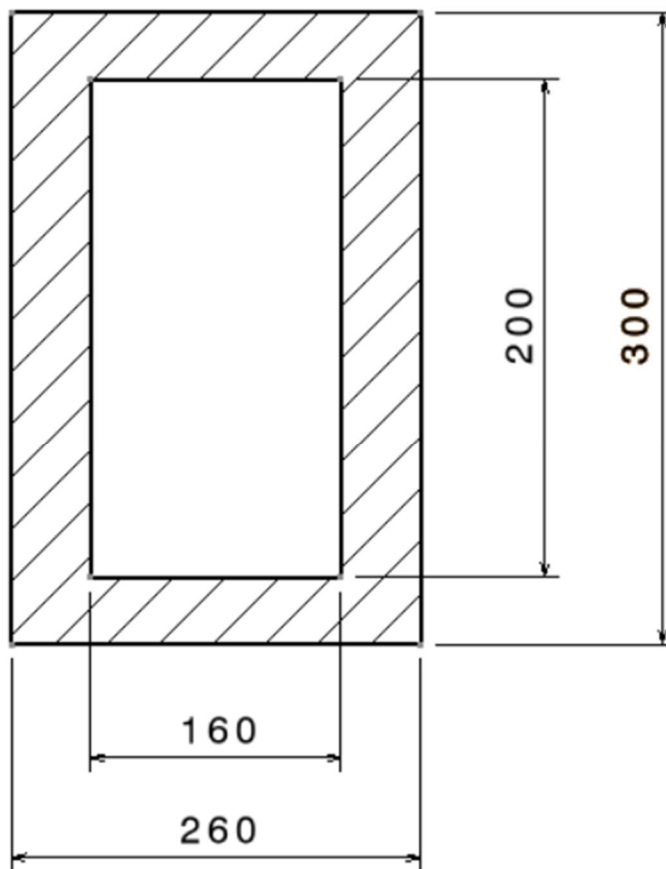
Obrázek 16 - Energetický řetěz 3D data

8.9 Návrh rámu ingotového vozu

Rám ingotového vozu bude zhotoven z materiálu 11523, který má zaručitelnou svařitelnost. Dalším krokem je pevnostní výpočet rámu ingotového vozu. Pevnostní výpočet bude proveden na bočnici rámu, která bude zatížena silou F .

Rám byl vytvořen jako nosník na dvou podporách, který zatěžuje osamělá síla F [kN]. Jedna z podpor je posuvná a druhá podpora pevná, tyto podpory charakterizují uchycení kol k rámu. Není zde uvažováno s proměnným průřezem nosníku, výpočet byl aplikován na zjednodušený případ.

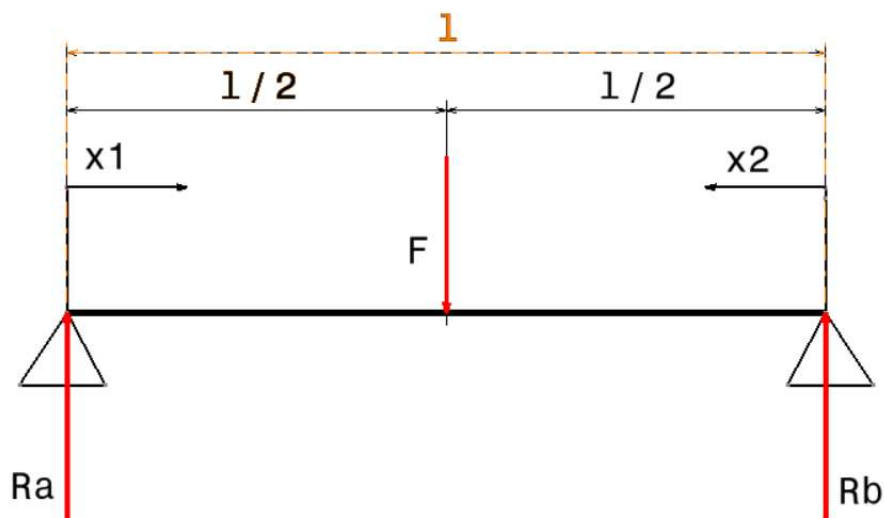
Kvadratický průřez nosníku je uzavřený ocelový profil čtvercového průřezu o tloušťce 50 mm. Výška $H=300$ mm, $h=200$ mm. Šířka $B=260$ mm, $b=160$ mm.



Pokud máme stanovený průřez nosníku, vypočítáme průřezový modul v ohybu W_o .

$$W_o = \frac{BH^3 - bh^3}{6H} = \frac{200 \times 300^3 - 160 \times 200^3}{6 \times 300} = 3\,188\,888,889 \text{ mm}^3$$

Po výpočtu průřezového modulu je nutné určit a vypočítat jednotlivé reakce v podporách, dále průhyb nosníku a stanovit maximální ohybový moment M_{Omax} .



Obrázek 17 - Nosník s reakcemi

Výpočet zatěžující síly. Hodnoty, které známe je zatížení rámu a gravitační zrychlení. Rám je zatěžován hmotností ingoty, tedy 35 tun a hmotností točny 11 tun. Celkové zatížení rámu je 46 tun, jelikož máme dvě bočnice, hodnota byla vydělena dvěma, tudíž celková zatěžující síla jedné bočnice je 23 tun. Celková délka nosníku $l = 3263 \text{ mm}$.

$$m = 23\,000 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$F = m \times g = 23\,000 \times 10 = 230\,000 \text{ N} = \mathbf{230 \text{ kN}}$$

Reakce v podporách:

$$R_a + R_b - F = 0$$

Určení reakcí:

$$\frac{l}{2} \times F - R_b \times l = 0$$

$$R_b \times l = \frac{l}{2} \times F \rightarrow R_b = \frac{F}{2}$$

$$R_b = \frac{230\,000}{2} = 115\,000 \text{ N} = \mathbf{115 \text{ kN}}$$

$$\frac{l}{2} \times F - R_a \times l = 0$$

$$R_a \times l = \frac{l}{2} \times F \rightarrow R_a = \frac{F}{2}$$

$$R_a = \frac{230\,000}{2} = 115\,000 \text{ N} = \mathbf{115 \text{ kN}}$$

Stanovení posouvající síly a ohybového momentu. Abychom mohli stanovit posouvající sílu T , určíme si, z jaké strany budeme reakce stanovovat, zde aby bylo jisté a ověřené jaké jsou vlastně hodnoty bude nosník prověřen z obou stran.

Jelikož je nosník zatížen osamocenou silou, nacházející se uprostřed nosníku, je možné nosníky rozdělit na dvě části vetknuté na jednom konci a zatížené silou F.

$$T(x) = R_a = \frac{F}{2}$$

$$M(x) = R_a \times x$$

Jako první půjdeme z levé strany. Pro interval od 0 do $l/2$, pro $x_1 = 0$:

$$T(x) = R_a = \frac{F}{2} = \mathbf{115 \text{ kN}}$$

$$M(x) = R_a \times x = \frac{230\,000}{2} \times 0 = \mathbf{0 \text{ Nm}}$$

Pro interval od $l/2$ do l , pro $x_1 = l/2$:

$$T(x) = -R_a + F = -\frac{F}{2} + F = \mathbf{115 \text{ kN}}$$

$$\begin{aligned} M(x) &= R_a \times x = \frac{F}{2} \times \frac{l}{2} = \frac{230\,000}{2} \times \frac{3,263}{2} = \mathbf{187\,662\,500 \text{ Nmm}} \\ &= \mathbf{187\,662,5 \text{ Nm}} \end{aligned}$$

Za druhé půjdeme z pravé strany. Pro interval od 0 do $l/2$, pro $x_2=0$:

$$T(x) = -R_b = -\frac{F}{2} = \mathbf{-115 \text{ kN}}$$

$$M(x) = -R_b \times x = -\frac{230\,000}{2} \times 0 = \mathbf{0 \text{ Nm}}$$

Maximální ohybový moment se nachází b místě zatěžující síly a má hodnotu:

$$M_{omax} = \mathbf{187\,662\,500 \text{ N} = 187\,662,5 \text{ Nm}}$$

$$T_{max} = \mathbf{230\,000 \text{ N} = 230 \text{ kN}}$$

Průhybová čára:

Díly rovnici průhybové čáry stanovíme, jaký prohyb způsobí daná zatěžující síla.

$$w(x) = \frac{Fl^3}{48EJ}$$

V tento moment je důležité si stanovit moment setrvačnosti J. výpočet opět vychází z profilu nosníku.

$$J = \frac{BH^3 - bh^3}{12} = \frac{200 \times 300^3 - 160 \times 200^3}{12} = \mathbf{478\,333\,333,3 \text{ mm}^3}$$

$$w(x) = \frac{Fl^3}{48EJ} = \frac{230\,000 \times 3263^3}{48 \times 2,15 \times 10^6 \times 478\,333\,333,3} = \mathbf{0,1619 \text{ mm} \rightarrow Wmax}$$

Pevnostní výpočet rámu:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{187\,662\,500}{3\,188\,888,889} = \mathbf{58,85\ MPa}$$

$$\sigma_D = \frac{Re}{k} = \frac{355}{2,5} = \mathbf{142\ MPa}$$

$$\sigma_o \leq \sigma_D$$

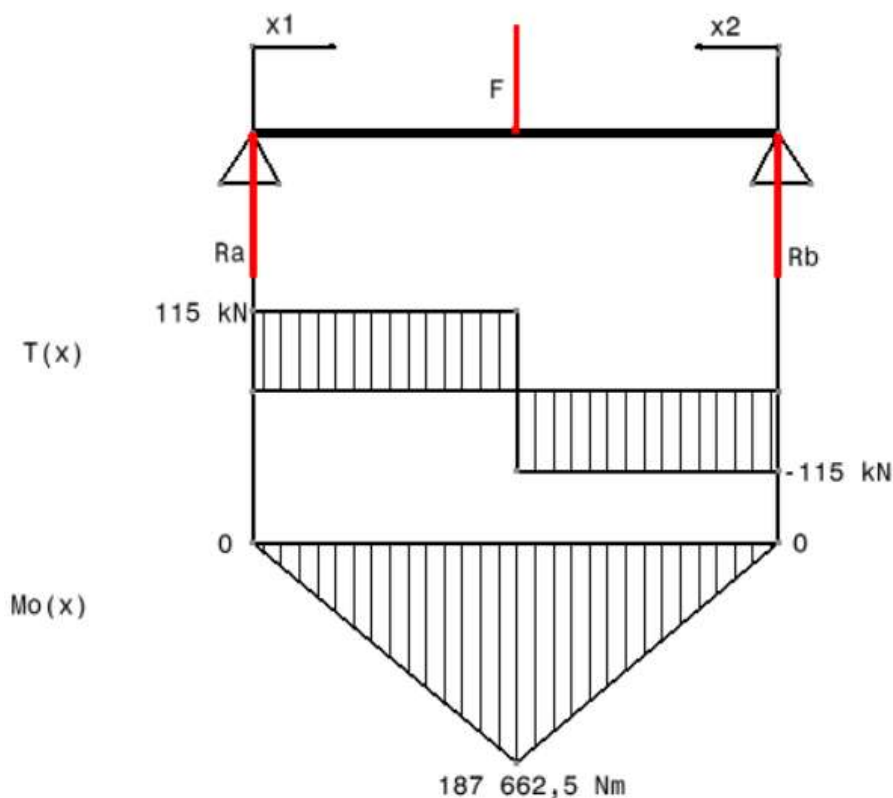
$$\mathbf{58,85\ MPa \leq 142\ MPa}$$

Podmínka je splněna → zatížení *vyhovuje*.

Při dimenzování strojních součástí se vychází z podmínky, že skutečné napětí musí být vždy menší případně rovno dovolenému napětí. Pokud tomu tak není je nutné strojní součást upravit, v tomto případě je podmínka splněna, pokud by však došlo k opačnému případu, můžeme zvětšit výšku průřezu profilu, protože výška je ve vzorci pro průřezový modul na třetí, tudíž nejvíce ovlivňuje skutečné napětí. Dále můžeme uvažovat i změně materiálu s lepšími vlastnostmi.

Bezpečnost byla zvolena 2,5 z důvodu, že na ingotový vůz a dochází k oteplení ostatních částí vozu. Výpočet je proveden ve zjednodušené formě, není zde počítáno s výztužemi a ostatními dosedajícími deskami, které samozřejmě také ovlivňují konečný výsledek. Abychom však získaly reálné hodnoty využila se možnost výpočtu pomocí MKP metody, jejíž výsledky jsou přesnější a více se přibližují realitě.

Grafické vyhodnocení výsledků:

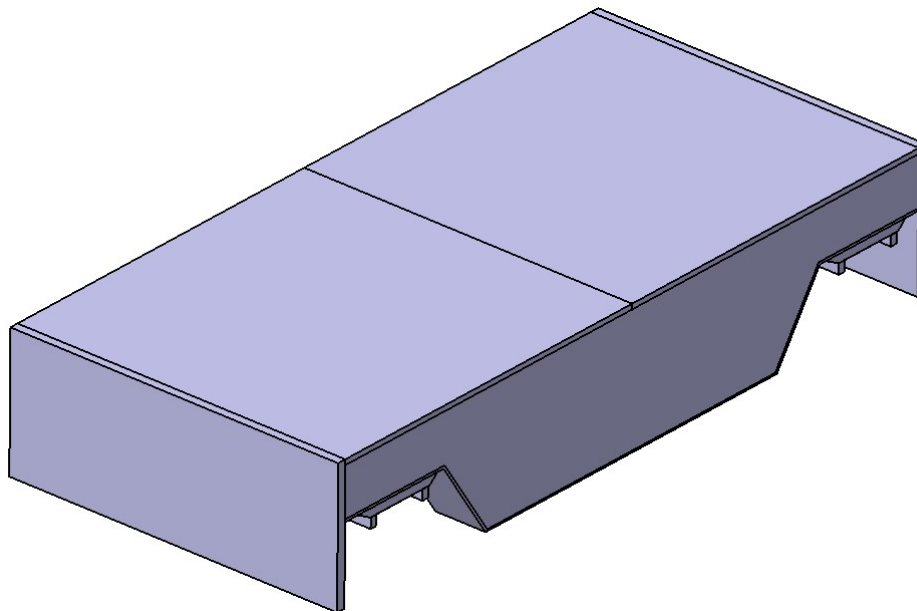


Obrázek 18 - Grafické vyhodnocení

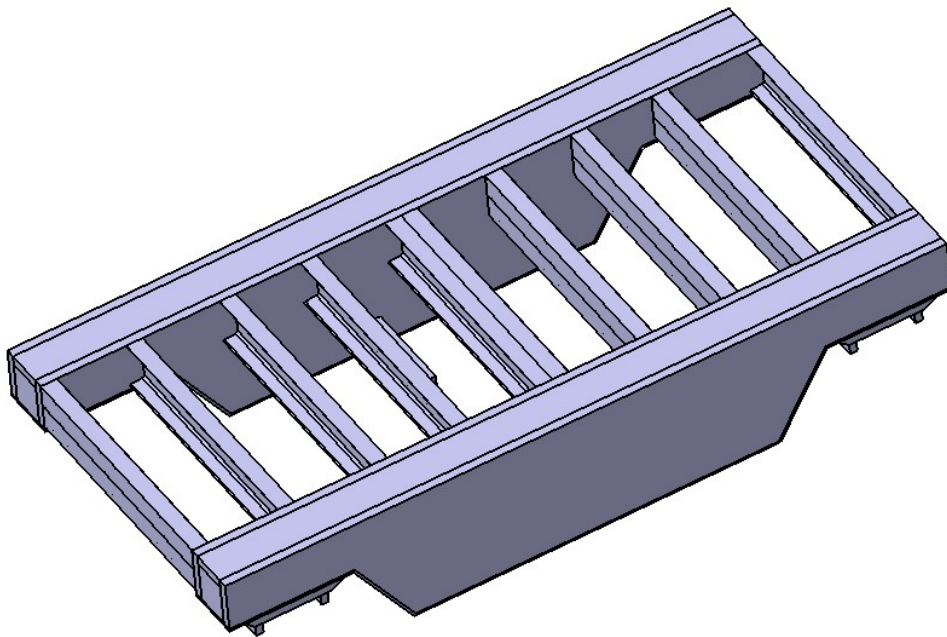
Samotný rám se svařuje z několika částí, hlavními částmi jsou dvě bočnice, které jsou spojeny za pomoci U profilů a tím tvoří kostru rámu. Bočnice a U profily jsou svařeny koutovým svarem. Na horní části rámu jsou dále uloženy dva silné plechy, které zakryjí U profily. Na tyto plechy dále dosedá točna. Z přední a zadní strany jsou na rám taktéž navařeny silné plechy, které slouží k zakrytí těchto částí. Jelikož jsou na rámu uchyceny motory pro pohon dvojkolí a točny, dbalo se při návrhu na to, aby byly tyto části alespoň částečně chráněny rámem. Motory s převodovkami jsou na rámu zavěšeny a rám je zcela pokrývá.

Motor s převodovkou na pohon je zavěšen a uložen na konstrukci ve tvaru L, která je uchycena k U profilům rámu. Na profilech je zachycena pomocí šroubů a drážek. Tento profil také částečně chrání motor, ale jeho hlavní funkci je uchycení motoru k rámu.

Celý rám je složený z několika součástí, které jsou k sobě svařené. Bočnice a horní a postranní díly jsou spojeny za pomoci půl V staru, horní část rámu je svařena V svarem. U profily, které tvoří kostru rámu, jsou k horní části rámu spojeny za pomoci koutových svarů. Veškeré svary byly navrženy vzhledem k tloušťce jednotlivých plechů. Žádný ze svarů však není extrémně zatížen.

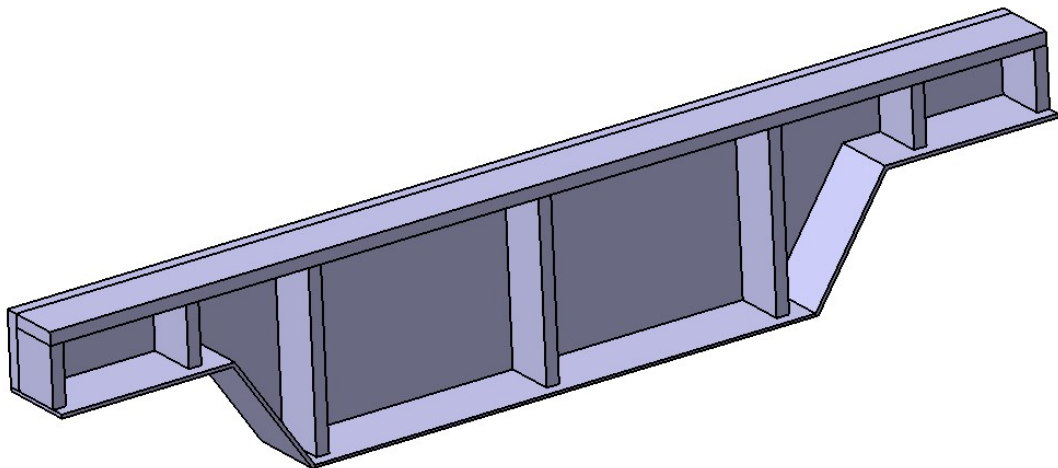


Obrázek 19 - Rám ingotového vozu - sestava



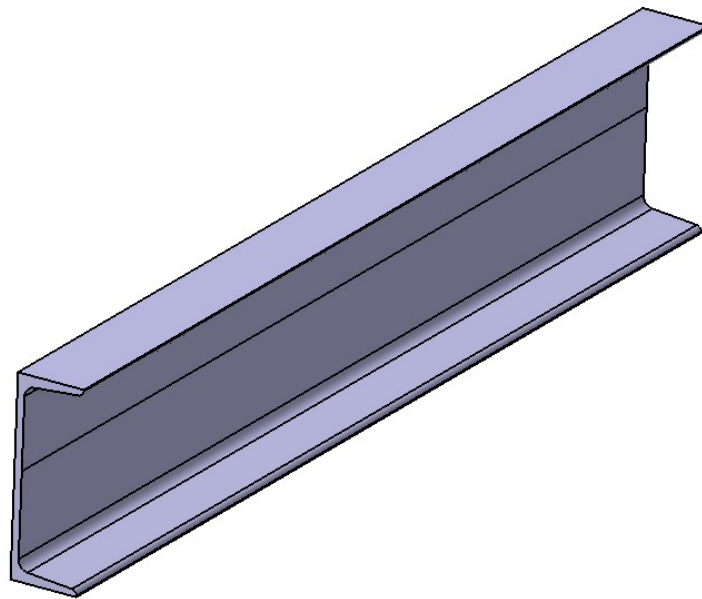
Obrázek 20 - Rám ingotového vozu - konstrukce

Bočnice jsou tvořeny ze silných plechů, které jsou k sobě spojeny pomocí koutových svarů. Mezi bočnicemi se nacházejí výplně, jež slouží k vyztužení bočnic, aby pod tlakem nedošlo k jejich zborcení. Výztuž je zhotovena z ocele, jedná se o obdélníkové bloky s tloušťkou 50 mm.



Obrázek 21 - Bočnice rámu

Téměř celý rám budeme vyrábět na míru. Jediné komponenty, které budou nakupovány jsou U profily (U260) válcované za tepla, které nakoupíme od společnosti Feron, a.s, jež je známá svou specializací na výrobu profilů, které využijeme ke konstrukci ingotového vozu. Dále se společnost zabývá výrobou a prodejem výztuží, tyčí a plechů. [27]



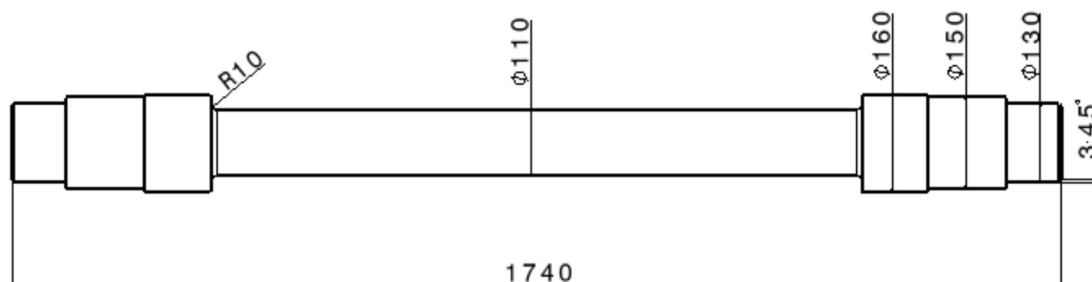
Obrázek 22 - U profil 260

8.10 Návrh dvojkolí a odpružení

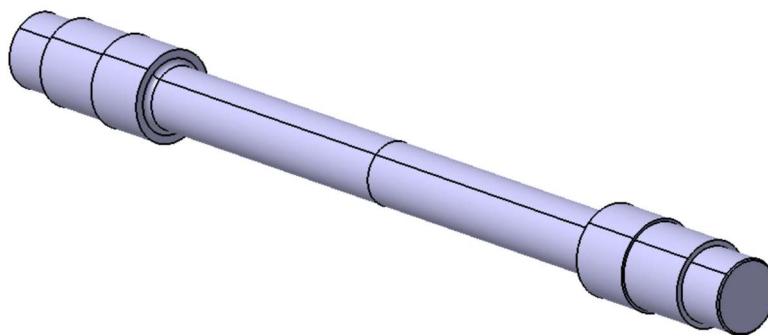
Dvojkolí je nedílnou součástí ingotového vozu. Dvojkolí je složeno z nápravy, dvou kol a odpružení. Celková stavba dvojkolí je velice podobná dvojkolí u lokomotiv. Ingotový vůz bude mít jednu hnanou nápravu a druhou hnací.

Náprava je odstupňovaná hřídel o několika průměrech. Hlavní průměr je 110 mm. Část nápravy, která vstupuje a zajišťuje spojení s koly je o průměru 150 mm. Mezi průměry 110 mm a 160 mm je zvolený rádius R10. Na konci nápravy je zvoleno zkosení 3x45°.

Náprava bude vyráběna na soustruhu. Drsnost na nápravě je zvolena Ra 1,6, této drsnosti je možné běžně dosáhnout při soustružení. Drsnost 1,6 je zvolena hlavně z důvodu toho, že náprava je spojena s převodovkou a s koly, kde je vyžadována velká přesnost, aby na sebe dané části správně doléhaly.



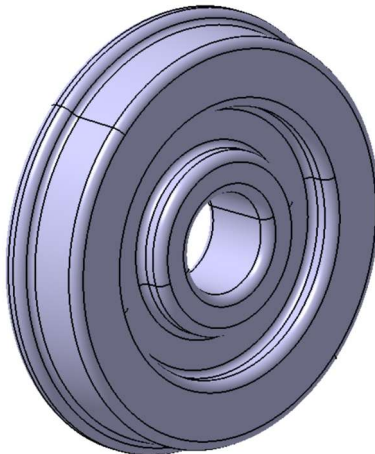
Obrázek 23 - Náprava vozu - základní rozměry



Obrázek 24 - Náprava vozu 3D data

Kola jsou zvolena celistvá z důvodu toho, že mají zesílenou obvodovou a středovou část. Veliké plus je také to, že se vyrábějí z jednoho kusu. Kola budeme taktéž nakupovat, jelikož samotná výroba kola by byla dražší než nákup. Nákup provedeme u firmy Rollenbau Gmb, která sídlí v Rakousku a specializuje se na výrobu a distribuci kol do celého světa. Výhodou těchto kol je, velká nosnost, dále jsou velice odolné vůči otěru a vysokým teplotám, což se velice hodí pro ingotové vozy, jelikož prostředí, ve kterém se vůz nachází, je velice teplé. Cena jednoho kola se pohybuje okolo 150 euro.

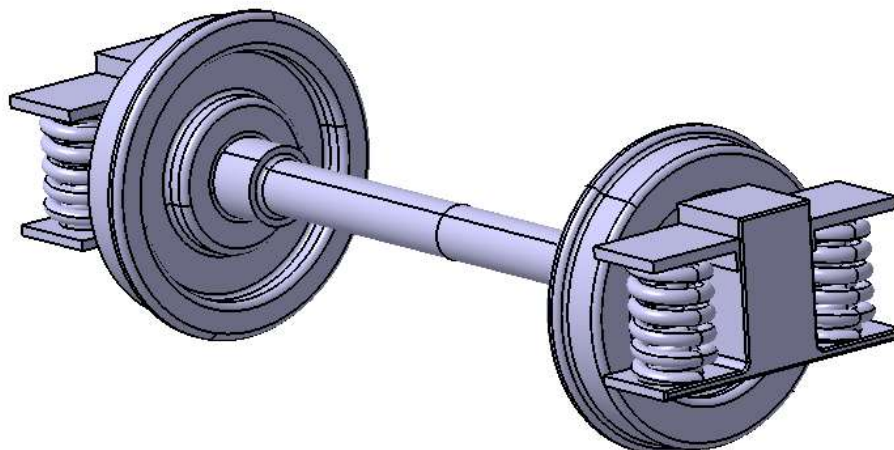
Vnější průměr kola je 650 mm, vnitřní průměr kola sloužícímu k dosedu nápravy je 150 mm. Šířka kola je 130 mm. Ingotový vůz má celkem dvě nápravy a čtyři kola. Samozřejmě mohou mít vozy i více náprav, v tomto případě byly zvoleny pouze dvě nápravy s většími a odolnějšími koly.



Obrázek 25 - Nápravové kolo 650 mm

Odpružení kol bylo navrženo z důvodu, že ingot je na vůz přepravován pomocí jeřábu, který ne v každém případě položí ingot na vůz z malé výšky. V některých případech se stává, že kleště ještě ingot nadzvednou trochu výš nad vůz a poté ingot padá z větší výšky. Proto bylo navrženo odpružení kol. V případě, kdy by byl ingot spuštěn na vůz z výšky, odpružení pomůže k tomu, aby se nepoškodily některé části vozu.

Odpružení je složeno z dvou šroubových válcových pružin. Pružiny jsou dvě, jedna s větším a druhá s menším průměrem. Při montáži je nutné dbát na umístění pružin, a hlavně na to, zda jsou levotočivé či pravotočivé, aby případně nedošlo k zaseknutí pružin do sebe. Tyto pružiny jsou nenáročné na údržbu. Vyrábějí se z kruhového drátu, který je vinut za tepla.

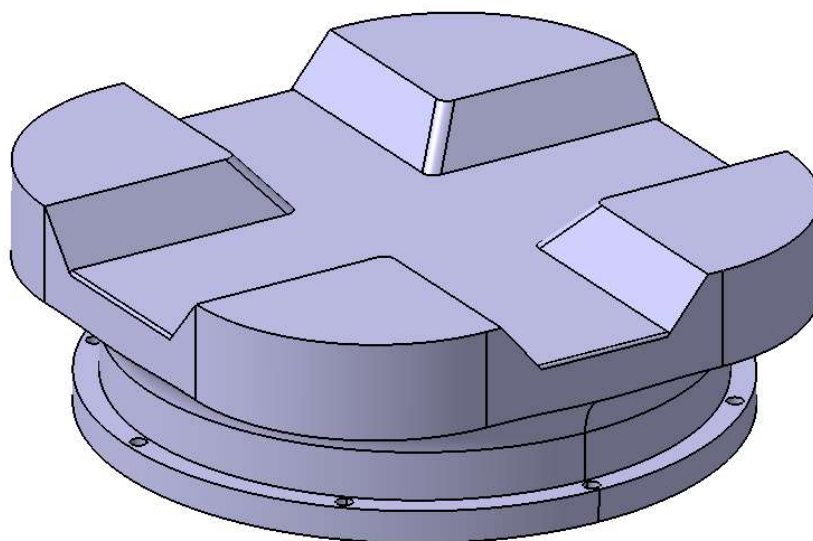


Obrázek 26 - Dvojkolí s odpružením

8.11 Točna ingotového vozu

Horní část točny byla navržena tak, aby mohl být výkovek uložen na točnu a bylo zamezeno pohybu výkovku během přepravy k lisu. Točna je mohutné otočné těleso dosedající na ingotový vůz. Spodní část točny je pevně spojena s ingotovým vozem pomocí šroubů a svarů. Zvolil se koutový svar po celé délce spodní části točny, aby nedocházelo k případnému uvolnění točny od vozu. Uvnitř točny je umístěn převod, který točnou otáčí. Motor, který pohání převodovku, je umístěn ve spodní části vozu. Točna je uložena na radiálně-axiálním ložisku.

Točna je důležitá část ingotového vozu, jelikož na točně dochází k přímému kontaktu s ingotem. Po vyndání ingotu z kokil se za pomoci jeřábu či kleští ingot usadí na točnu, díky tomu je možné s ingotem jakkoli manipulovat a otáčet dle potřeby. Na točně dochází samozřejmě ke značnému oteplení, jelikož ingot, který dosedá na točnu, má v průměru teplotu 530 až 750°C. [18]



Obrázek 27 - Točna

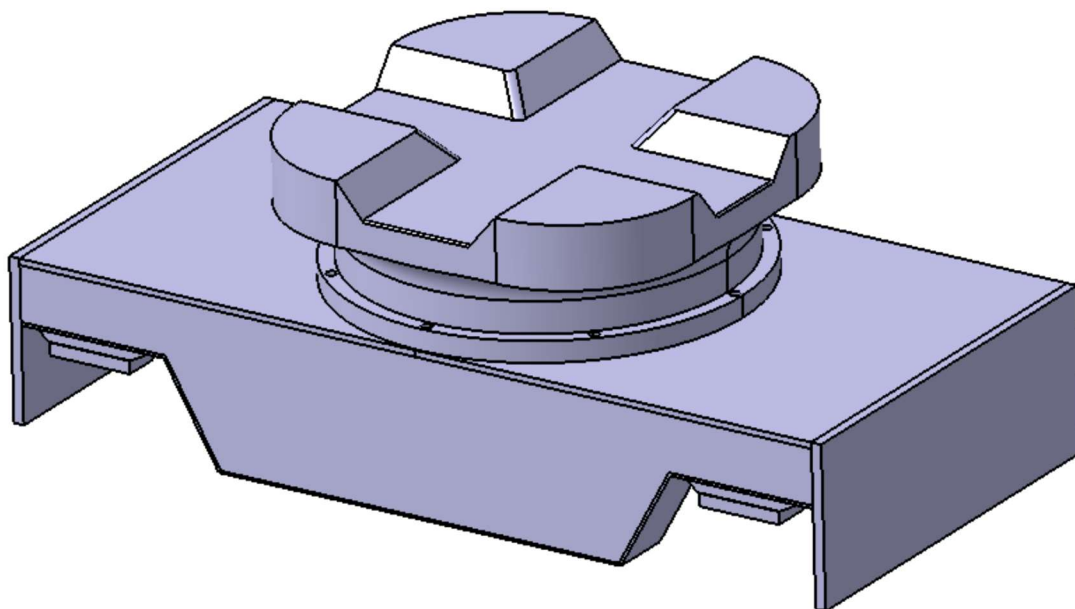
9 Výpočet pomocí MKP metody

Metoda konečných prvků je v dnešní době nedílnou součástí vše konstrukčních oddělení. Tato metoda slouží k simulaci jakýchkoli částí nebo sestav. Díky metodě MKP jsme schopni zjistit, zda zatěžovaná soustava vyhovuje stanoveným požadavkům a jak se bude chovat při reálném zatížení. Výsledky MKP metody zobrazují deformace ve všech osách (x,y,z), dále je nám schopna ukázat deformaci dané soustavy a rozložení napětí. Hojně je využívána hlavně pro kontrolu sestav, ale také na stanovení kritických míst soustavy.

MKP metoda byla použita pro zjištění zatížení a případné deformace rámu ingotového vozu, který je zatížený vahou točny a také vahou ingotu.

9.1 Výchozí model pro MKP analýzu

Samotný model ingotového vozu byl pro simulaci zjednodušen. Bylo důležité odstranit spojovací materiál, dvojkolí, motory s převodovkami a energetický řetěz. Ingotový vůz je tedy pro simulaci tvořen pouze rámem a točnou.



Obrázek 28 - Model ingotového vozu pro MKP

9.2 Předpoklady pro výpočet

Veškeré výpočty a simulace jsou provedeny jako prostorové modely v CAD systému SOLIDWORKS. Celá soustava ingotového vozu je zhotovena z ocele 11 523. Mez kluzu $R_e = 355$ [MPa]. Modul pružnosti v tahu pro ocel je $E_{ocel} = 2,1 \times 10^5$ [MPa], měrná hmotnost $\rho = 7850$ kg/m³ a poissonova konstanta $\mu = 0,3$ [-].

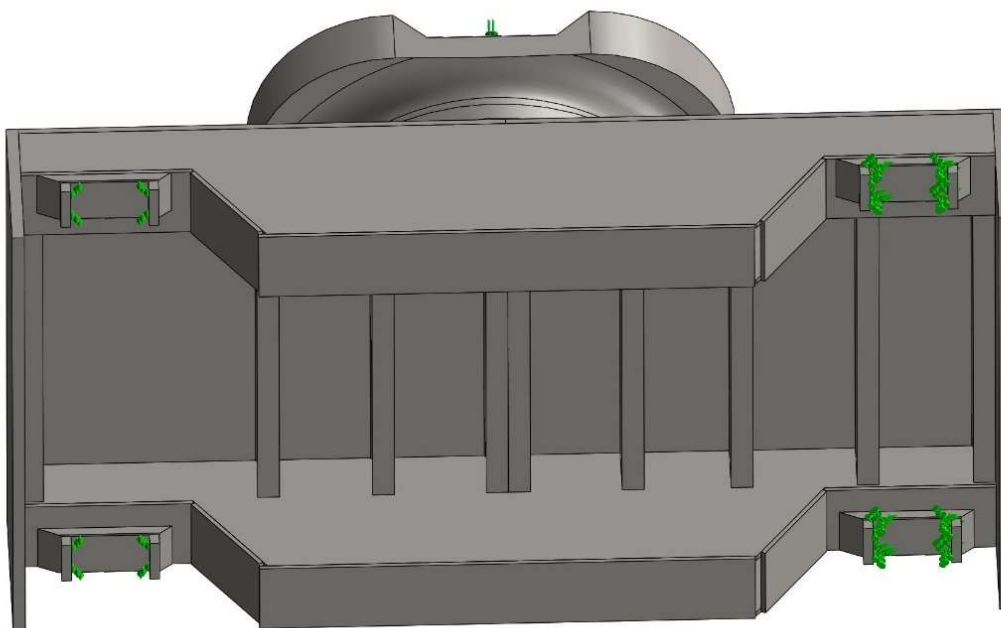
9.3 Okrajové podmínky

Simulace je řešena jako lineární úloha, veškeré vzniklé deformace nabývají nižších hodnot a také se v průběhu simulace nezmění žádná z okrajových podmínek. Vůz se v tomto případě považuje za stojící, tedy kola jsou zabrzděná.

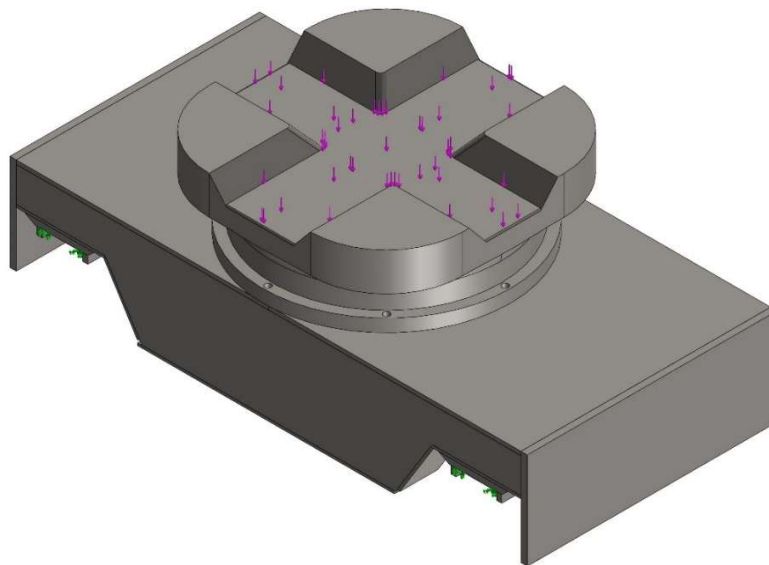
Okrajové podmínky byly stanoveny následujícím způsobem:

Fixní vazby byly umístěny na oblasti, kde vůz dosedá za dvojkolí. Na pravé straně vozu je tedy uvažována fixní pevná vazba a na levé části vozu byla zvolena vazba posuvná, jelikož při zatížení vozu může dojít k lehkému posunutí. Rám je uvažovaný jako provaření konstrukce. Fixní vazba na pravé části odeberá všech 6 stupňů volnosti. Posuvná vazba na levé straně odeberá pouze tři stupně volnosti.

Zatížení vozu působí na plochu horní části točny, jelikož zatížení ingotu, který dosedá na točnu, rozloží svou hmotnost rovnoměrně, po celé ploše točny. Zatížení bylo zvoleno 60 tun. Zatížení 60 tun je zvoleno vyšší, než bude ve skutečnosti, abychom zjistili, zda vůz uveze i těžší ingot, než je stanovený. Reálná hmotnost zatěžující vůz je 46 tun, tedy 35 tun ingot a 11 tun točna. zatěžující hmotnost může ovlivnit například i odlišný návrh převodového mechanismu v točně, ingot větších rozměrů a mnoho dalších faktorů.



Obrázek 29 - Umístění fixní a posuvné vazby

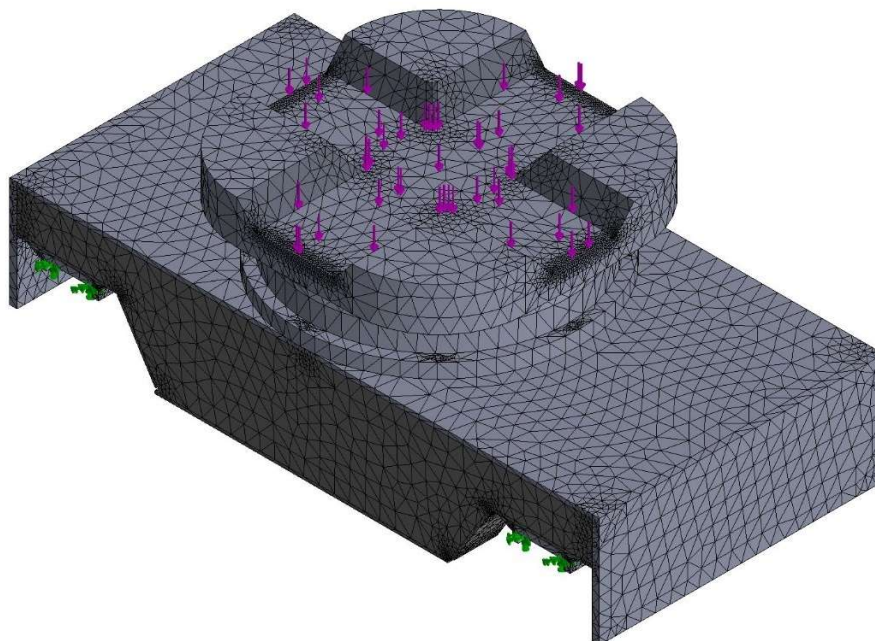


Obrázek 30 - Umístění zatížení 600 000 N

9.4 Zasítování modelu

Dalším důležitým krokem v simulaci je zasítování modelu. Síť modelu je vytvořena pomocí tetraedrů. Síť neboli MESH byla vytvořena zcela automaticky systémem SOLIDWORKS. V některých částech vozu bylo využito automatické zjemnění sítě.

Použitá byla objemová, standardní síť. Velikost elementu bylo 104,924 mm, tolerance byla stanovena na 5,2462 mm. Uzlů bylo během zasítování vytvořeno 39 532. Celkový počet elementů v síti je 128 559. Maximální poměr stran činí 113,72. Celá síť byla vytvořena během 14 sekund.

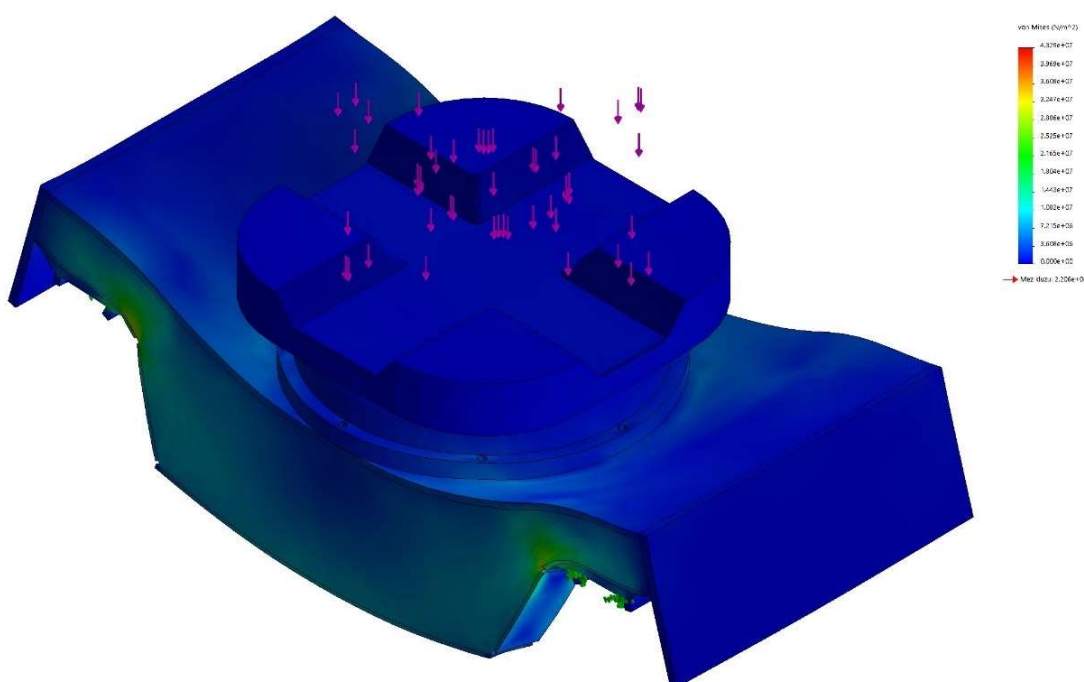


Obrázek 31 – Nasítovaný model sestavy

9.5 Výsledky simulace

Simulace celé sestavy proběhla zcela v pořádku, nedocházelo k žádným potížím a neřešitelným výpočtům. Výsledkem celé simulace je zpráva ve formátu PDF, kde se nachází shrnutí celého postupu vytváření a výpočtu simulace. Důležité informace v této části jsou pro nás napětí von Misses. Minimální napětí bylo stanoveno jako nulové a maximální napětí bylo stanoveno na hodnotu $4,27e+07$ N/m².

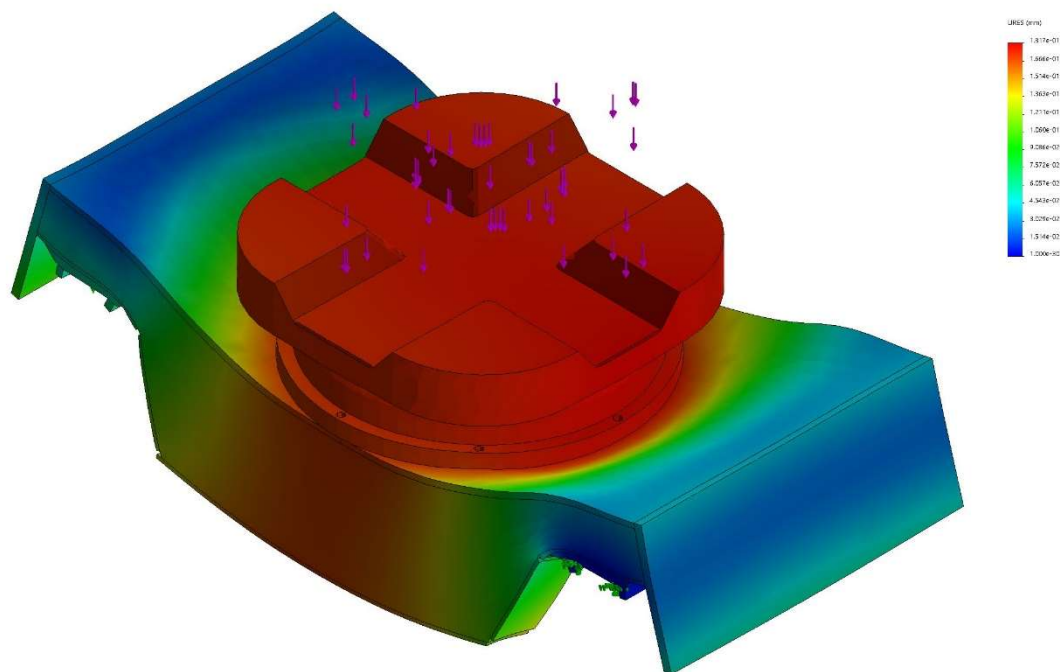
Z obrázku 29 je patrné, že je napětí v pořádku, pohybujeme se ve spodních hodnotách, téměř v žádné části vozu se nenachází kritické napětí. Jediná oblast, kde je koncentrace napětí vyšší se nachází v oblasti, kde rám dosedá na nápravu.



Obrázek 32 - Napětí von Misses

Další oblastí, která je pro návrh ingotového vozu významná, je posunutí. Minimální hodnota posunutí je nulová a maximální hodnota posunutí je $1,644e-01$ mm. Na obrázku 30 můžeme vidět výsledek posunutí. Kritické, a tedy červeně zbarvené posunutí je v oblasti zatížení, tento výsledek byl očekáván. Oblast točny a část rámu pod točnou je zbarvena červeně. Jelikož byl vůz zatížen 600 000 N, je vidět, že posunutí není tak veliké.

Hodnota 600 000 N byla stanovena záměrně vyšší, než bude skutečné zatížení, abychom viděli, jaký vliv má zatížení na rám vozu a zda vůz bude schopen přenést i zatížení vyšší. Zatížení, které bude na rám dosedat, se bude pohybovat kolem 46 tun, zde je tedy vidět, že rám udrží i zatížení 60 tun, což je pro nás pozitivní výsledek.



Obrázek 33 – Maximální posunutí

10 Ekonomické zhodnocení

Ekonomické zhodnocení a vyčíslení přibližné celkové ceny produktů je v dnešní době velice důležité. Ve většině případů se při nákupu zaměřujeme na cenu a kvalitu, tato sekce je rozdělena na dvě části. První část se týká jednotlivých komponent a cen za materiál, druhá část je zaměřena na zpracování. Veškeré informace v této části jsou určeny za pomoci katalogů a nabídek jednotlivých firem.

10.1 Cena materiálu

Ceny materiálu jsou určeny z velké části díky internetovým katalogům firem. Snahou bylo získat jednotlivé ceny materiálů a vypočítat přibližnou cenu celého ingotového vozu. Do této sekce byly započtené i jednotlivé produkty, které nevyrobíme, nýbrž nakupujeme.

Nejdůležitější materiál, který je při konstrukci vozu používán, je ocel 11 523, tento materiál je také znám pod názvem S235JR, toto označení je dle EN 10025-2. Přibližná cena oceli 11 523 je 19,30 Kč/Kg. Ingotový vůz bude vyhotoven pouze z této oceli, jelikož je nutné, aby vše bylo svařitelné. Dle výpočtů z CAD systému Catia V5 a dle výpočtů je celková hmotnost ingotového vozu 23 000 kg.

Cena za ocel 11 523 je tedy:

$$cena_{11523} = 23\,000 \times 19,30 = \mathbf{443\,900\,kč}$$

10.2 Cena součástí

V ingotovém voze máme součásti, které nebudeme sami vyrábět, ale obrátíme se na specializované prodejce, jedná se konkrétně o motory a převodovky, dále o U profily a energetický řetěz.

10.2.1 Cena U profilů

V ingotovém voze se nachází celkem 10 U profilů, které nakoupíme od společnosti Feron, a.s. Celková délka profilů je 13,69 metru. Cena za jeden metr je 982,74 Kč.

$$cena_U = 13,69 \times 982,74 = \mathbf{13\,719,05\,kč}$$

10.2.2 Cena motorů

Motory s převodovkami pro pohon nápravy i točny byly poptávány u společnosti D2DRIVES, s.r.o. touto firmou byly navrženy motory finančně dostupné a zajímavé. Cena motoru s převodovkou pro pohon byla vyčíslena přibližně na 100 759,94 Kč. Pokud bychom chtěli koupit pouze motor, tak ceny těchto motorů by se pohybovaly kolem 45 až 60 tisíce korunami.

Motor s převodovkou pro otáčení točny byl vyčíslen na 80 194,39 Kč to z důvodu složitosti převodovky a větším rozměrům radiálně-axiálního ložiska.

Celková cena za motory a převodovky:

$$cena_M = 100\,759,94 + 80\,194,39 = \mathbf{180\,949,33\,kč}$$

10.2.3 Energetický řetěz

Při zjišťování bližších informací o ceně řetězu bylo možné nahlédnout pouze do internetových katalogů. V tomto případě ceny byly uvedeny pouze orientačně. Cena jednoho dílu řetězu se pohybuje v rozmezí od 130 do 170 Kč. Jelikož byl zvolen řetěz, který je složitější, ale zároveň kabely lépe ochrání. Jeho cena se bude pohybovat kolem 150 Kč/článek. Řetěz, který je použitý u ingotového vozu, má celkem 341 článků.

$$cena_{ER} = 341 \times 150 = \mathbf{51\ 150\ Kč}$$

10.2.4 Kola

Kola, kterými je tvořeno dvojkolí ingotového vozu, budou taktéž nakupovaná. Kola byla vybrána velikosti 650 mm a šířce 130 mm. Budou nakupována a dodávána firmou Rollenbau Gmb, kde se cena jednoho kola vyšplhá na 150 euro. Momentálně se pohybuje kurz eura kolem 25,69Kč.

Cena jednoho kola:

$$cena_k = 150 \times 25,69 = 3\ 853,5\ Kč$$

Cena všech 4 kol:

$$cena_{4k} = 4 \times 3\ 853,5 = \mathbf{15\ 414\ Kč}$$

10.3 Cena činností

Ingotový vůz bude mít části odlévané, dále je nutné soustružení pro dosažení drsností, dle výkresu. Samozřejmě důležitou činností je svařování a samotná montáž.

<i>Druh činností</i>	<i>Odhadovaný čas [h]</i>	<i>Cena za hodinu [Kč]</i>	<i>Celková cena [Kč]</i>
Odlévání	200	900	180 000
Soustružení	90	1 200	108 000
Svařování	60	1 000	60 000

Tabulka 9 - Cena činností

Celková cena činní **348 000 Kč**.

Do celkové ceny ingotového vozu je nutné započítat cenu spojovacích materiálů, hlavně tedy v oblasti svařování a montáže. Přídavek na spojovací materiál zahrneme jako 10 % z ceny materiálu. Materiály pro svařování zohledníme také a zahrneme to jako procentuální podíl 15 % z ceny svařování.

Cena za spojovací materiál:

<i>Cena za materiál [kč]</i>	<i>10 % z celkové ceny [Kč]</i>
443 900	44 390

Tabulka 10 - Cena za spojovací materiál

Cena za materiál pro svařování:

<i>Cena za svařování [Kč]</i>	<i>15 % z celkové ceny [Kč]</i>
60 000	9 000

Tabulka 11 - Cena za svařovací materiál

10.4 Celková cena ingotového vozu

Předběžná cena ingotového vozu bez započítání montáže a dopravy:

$$cena_{PC} = 443\,900 + 13\,719,05 + 180\,949,33 + 51\,150 + 15\,414 + 348\,000 \\ + 44\,390 + 9000 = \mathbf{1\,138\,522,38\,Kč}$$

Dále je nutné započítat montáž, dopravu, případné skladování. Bohužel tyto činnosti nelze zcela vyčíslit, jako je to u jiných druhů, abychom však odhadli přibližnou cenu ingotového vozu, navýšíme cenu o 20 % z celkové ceny vozu.

<i>Cena vozu [Kč]</i>	<i>20 % z celkové částky</i>
1 138 522,38	227 704,476

Tabulka 12 - Cena za montáž a dopravu

Výsledná celková cena ingotového vozu:

$$1\,138\,524,38 + 227\,704,476 = \mathbf{1\,366\,226,859\,Kč}$$

10.5 Zhodnocení výsledku ekonomické analýzy

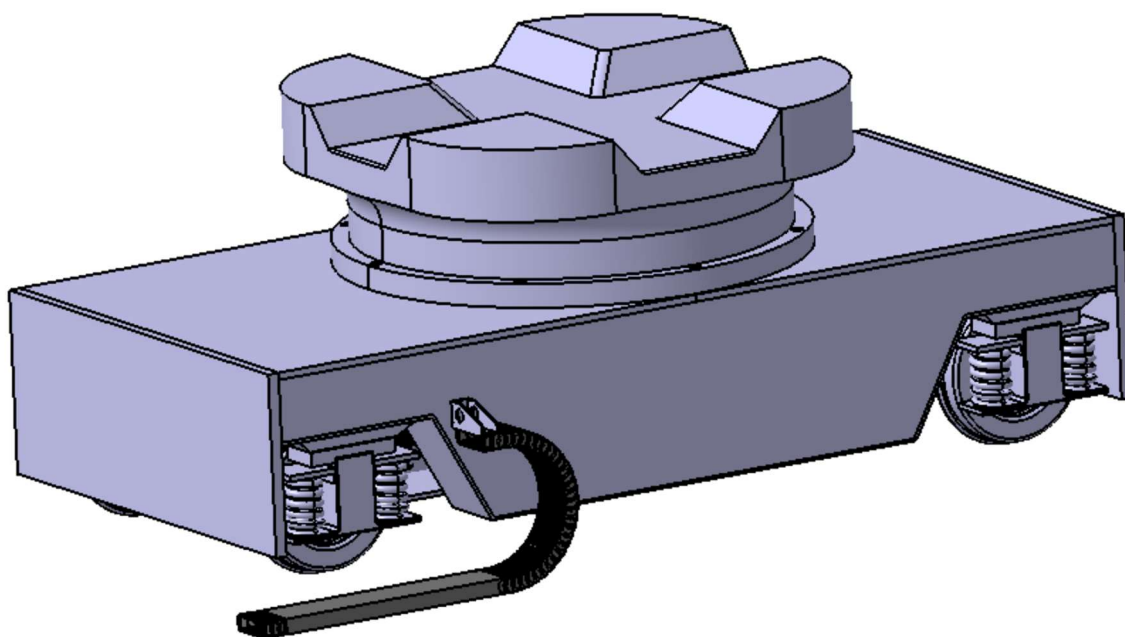
Ekonomická analýza posloužila k přibližnému vyčíslení ceny ingotového vozu. Nejedná se však o přesnou hodnotu ceny, jelikož ingotový vůz je vyráběn zcela individuálně a ceny jednotlivých činností či materiálů se mohou lišit. Je také velice složité přesně stanovit ceny za práci a materiál, jelikož každá firma má jiné ceny za materiály, dále se mohou lišit i hodinové sazby dělníků za práci.

11 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zpracování rešerše v oblasti manipulace s materiálem v kovárnách. Dále vypracování konstrukčního návrhu ingotového vozu pro manipulaci s výkovkem o hmotnosti 35 tun.

Část zabývající se rešerší seznamuje s tvářecím procesem a jeho základními pojmy, poukazuje také na možnosti manipulace s výkovky. Závěr rešerše je věnován samotnému návrhu ingotového vozu, MKP analýze navrženého modelu a ekonomickému zhodnocení.

Konstrukční část byla zhotovena za pomoci CAD systému CATIA V5, kde byl navržen a zkonstruován celý ingotový vůz. Za pomoci systému SOLIDWORKS byla provedena MKP analýza, díky níž bylo možné zkontrolovat zatížení vozu.



Obrázek 34 - Ingotový vůz o nosnosti 35 tun

12 Seznam tabulek

TABULKA 1 - PARAMETRY INGOTOVÉHO VOZU [8]	26
TABULKA 2 - PARAMETRY INGOTU	35
TABULKA 3 - CHEMICKÉ SLOŽENÍ [22]	36
TABULKA 4 - MECHANICKÉ VLASTNOSTI [22]	36
TABULKA 5 - SPECIFIKACE MOTORU YILMAZ [25]	41
TABULKA 6 - SPECIFIKACE MOTORU SIEMENS [25]	42
TABULKA 7 - SPECIFIKACE MOTORU SIEMENS [25]	43
TABULKA 8 - PARAMETRY ENERGETICKÉHO ŘETĚZU [24]	44
TABULKA 9 - CENA ČINNOSTÍ	61
TABULKA 10 - CENA ZA SPOJOVACÍ MATERIÁL	61
TABULKA 11 - CENA ZA SVAŘOVACÍ MATERIÁL	62
TABULKA 12 - CENA ZA MONTÁŽ A DOPRAVU	62

13 Seznam obrázků

OBRÁZEK 1 - KOVACÍ LIS [5]	19
OBRÁZEK 2 - DISPOZICE INTEGROVANÉHO KOVACÍHO SOUBORU [7]	20
OBRÁZEK 3 - OVLÁDACÍ PULT [6]	21
OBRÁZEK 4 - KOVACÍ MANIPULÁTOR [6]	22
OBRÁZEK 5 - OTOČNÝ KOVACÍ STŮL [6]	22
OBRÁZEK 6 - MOSTOVÝ JEŘÁB [10]	23
OBRÁZEK 7 - OTOČNÝ ZVEDACÍ STŮL [8]	24
OBRÁZEK 8 - KOVACÍ KLEŠTĚ [6]	25
OBRÁZEK 9 - INGOTOVÝ VŮZ [6]	26
OBRÁZEK 10 - ELEKTROMOTOR [15]	33
OBRÁZEK 11 - ROZMĚRY INGOTU	35
OBRÁZEK 12 - MOTOR S PŘEVODOVKOU OD SPOLEČNOSTI YILMAZ [25]	40
OBRÁZEK 13 - KUŽELOČELNÍ PŘEVODOVKA [26]	41
OBRÁZEK 14 - NÁKRES S PARAMETRY [24]	44
OBRÁZEK 15 - DETAIL ČLÁNKU ŘETĚZU [24]	45
OBRÁZEK 16 - ENERGETICKÝ ŘETĚZ 3D DATA	45
OBRÁZEK 17 - NOSNÍK S REAKCEMI	47
OBRÁZEK 18 - GRAFICKÉ VYHODNOCENÍ	49
OBRÁZEK 19 - RÁM INGOTOVÉHO VOZU - SESTAVA	50

OBRÁZEK 20 - RÁM INGOTOVÉHO VOZU - KONSTRUKCE.....	51
OBRÁZEK 21 - BOČNICE RÁMU	51
OBRÁZEK 22 - U PROFIL 260.....	52
OBRÁZEK 23 - NÁPRAVA VOZU - ZÁKLADNÍ ROZMĚRY	52
OBRÁZEK 24 - NÁPRAVA VOZU 3D DATA	53
OBRÁZEK 25 - NÁPRAVOVÉ KOLO 650 MM	53
OBRÁZEK 26 - DVOJKOLÍ S ODPRUŽENÍM.....	54
OBRÁZEK 27 - TOČNA	54
OBRÁZEK 28 - MODEL INGOTOVÉHO VOZU PRO MKP	55
OBRÁZEK 29 - UMÍSTĚNÍ FIXNÍ A POSUVNÉ VAZBY.....	56
OBRÁZEK 30 - UMÍSTĚNÍ ZATÍŽENÍ 600 000 N	57
OBRÁZEK 31 – NASÍŤOVANÝ MODEL SESTAVY	57
OBRÁZEK 32 - NAPĚTÍ VON MISSES.....	58
OBRÁZEK 33 – MAXIMÁLNÍ POSUNUTÍ	59
OBRÁZEK 34 - INGOTOVÝ VŮZ O NOSNOSTI 35 TUN	63

14 Seznam příloh

Příloha číslo 1 – Zadání přepravovaného ingotu

Příloha číslo 2 – Parametry motoru YILMAZ

Příloha číslo 3 – Parametry motoru SIEMENS pro pohon točny

Příloha číslo 4 – Závěrečná dokumentace MKP analýzy

15 Výkresová dokumentace

Dokument	Název	číslo výkresu	Formát
Výkres sestavy	Ingotový vůz	KKS-BP-000	A2
Výrobní výkres	Svařenec rámu	KKS-BP-001	A2
Výrobní výkres	Obrobek rámu	KKS-BP-002	A2
Dispozice integrovaného kovacího souboru			A2

16 Použitý software

Microsoft Office Word

CATIA V5 R2019

SOLIDWORKS 2017

17 Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] Tváření kovů: ohřev materiálu, kování a lisování za tepla : 3. učeb. sešit / Oldřich Modráček. -- [Praha]: MHD, 1961 (S[Č]T 113). -- 67, [1] s.: [40] s. obr. příl.; 4°
- [2] LENFELD, Petr. *Technologie tváření kovů* [online]. [Cit. 6.10.2018].
Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/01.htm
- [3] STANĚK, Jiří. *Základy stavby výrobních strojů: tvářecí stroje*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2001. 120 s. ISBN 80-7082-738-6.
- [4] HAŠEK, Vladimír a kol. *Kování*. 1.vyd. Praha: SNTL, 1965 (Brno: Tisk 1)
- [5] TS Plzeň a.s. *Kovací lisy* [online]. [Cit. 20.10.2018]. Dostupné z: <http://www.tsplzen.cz/kovaci-lisy/>
- [6] ŽĎAS. *Introduction - Zařízení pro volné kování*. ŽĎAS [online]. Copyright © 2017 ŽĎAS a.s. [cit. .12.2018]. Dostupné z: <https://www.zdas.com/cs/produkce/zarizeni-volne-kovani/>
- [7] BEDNÁŘ, Bohumír. *Technologičnost konstrukce I*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03268-X
- [8] DUNÍK, Miroslav a Zdeněk CHVAL. *MANIPULACE S VÝKOVKY U VELKÝCH KOVACÍCH LISŮ: (Doplňující učební text pro předmět KVS)*. Západočeská univerzita v Plzni. Plzeň, Říjen 2013
- [9] Parostroj moravský železniční občasník. *Železniční vozy hutních provozů – v ocelárnách* [online]. [cit. 12.02.2019] Dostupné z: https://www.parostroj.net/katalog/nv/clanky/Hutni_vozy/hutni_vozy_1.php3
- [10] GIGA. *Mostové jeřáby dvounosníkové*. GIGA [online]. Copyright © 2010 Giga s.r.o. [cit. 17.11.2018]. Dostupné z: <http://www.gigasro.cz/produkty-dvounosnikove-jeřaby.html>
- [11] HELLER, Petr. *Kolejová vozidla I*. 1. Západočeská univerzita v Plzni P.O.Box 314, univerzitní 8, 306 14 Plzeň: Knowlimits Dienzenhoferovy sady 1, 150 00 Praha 5 - Smíchov, 2017. ISBN 978-80-261-0693-7.
- [12] HELLER, Petr a DOSTÁL, Josef. *Kolejová vozidla II*. Vyd. 1. V Plzni: Západočeská univerzita, 2009. 391 s. ISBN 978-80-7043-641-7.
- [13] HELLER, Petr a DOSTÁL, Josef. *Kolejová vozidla III*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2011. 223 s. ISBN 978-80-261-0028-7.
- [14] KOPÁČEK, Jaroslav. *Pohony a převody*. 2. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2009. ISBN 978-80-248-1967-9. Skripta. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
- [15] OPRAVY ELEKTROMOTORŮ PLZEŇ. *Co je elektromotor* [online]. Copyright © 2019 eStránky.cz [cit. 16.02.2019]. Dostupné z: <http://www.navijarna.com/clanky/co-je-elektromotor.html>
- [16] Střední škola automobilní Kyjov, příspěvková organizace [online]. Copyright © [cit. 16.02.2019]. Dostupné z: http://www.sossoukyjov.cz/data/File/VY_32_INOVACE_6a13.pdf

- [17] Elektrické motory a pohony: příručka techniky, volby a užití vybraných druhů/ Ota Roubíček. – 1. vyd.—Praha: Ben – technická literatura, 2004 – 191s.: ISBN 80-7300-092X
- [18] Isoma - Elektromotory. ISOMA - prodej a opracování tvrzených kompozitů [online]. Copyright © 2017 [cit. 16.02.2019]. Dostupné z: <http://www.isoma.cz/aplikace/elektricka-izolace/elektromotory.html>
- [19] ŠKOLA HELLEBRAND, *Střídavé elektromotory* [online]. Copyright © [cit. 16.02.2019]. Dostupné z: http://skola.hellebrand.cz/text0910/ele/motory_str.pdf
- [20] HOREJŠ, Jan a Vladimír BERNÁŠEK. *Technologie slévání*. 2. vyd. upr. Plzeň: Západočeská univerzita, 2000. ISBN isbn80-7082-640-1
- [21] Optimalizace výroby těžkých kovářských ingotů. *Nejčtenější strojírenský časopis - MM spektrum* [online]. Copyright © 2019 www.mmspektrum.com [cit. 19.04.2019]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/optimalizace-vyroby-tezkych-kovarskych-ingotu.html>
- [22] CZ FERRO STEEL – hutní materiál, ocelové trubky kalibrované, tažené, uzavřené profily [online], Dostupné z: <http://www.czferrosteel.cz/pdf/trubky1-11523.pdf>
- [23] Průvodce návrhem systémů energetických řetězů: špičková kvalita HENNLICH. LIN-TECH HENNLICH – *specialista na lineární kluzná vedení IGUS, THO* [online]. Dostupné z: <https://lin-tech.hennlich.cz/produkty/energeticke-retezy-pruvodce-navrhem-systemu-energetickych-retezu-8544.html>
- [24] Igus® - Řada R68 nová. *energy chains, flexible cables, polymer bearings* [online]. Dostupné z: https://www.igus.cz/iPro/iPro_01_0030_0013_CZcs.htm?iprokonfid=462815&iakonfid=0&n=1&i=7980164A50FBEA22702803BA874F5C172885930
- [25] Elektromotory.cz. Elektromotory.cz [online]. Copyright © 2019 D2DRIVES S.R.O. [cit. 21.04.2019]. Dostupné z: <https://www.elektromotory.cz/>
- [26] OPIS Engineering k.s, Série A, Kuželočelní převodovky. [online]. Copyright © [cit. 21.04.2019]. Dostupné z: http://opis.cz/prevodovky-bonfiglioli/apres_cz.html
- [27] Feron online - Profil U válcovaný za tepla, DIN 1026-1,|U|260. Feron online - Vítejte [online]. Copyright © 2017 Feron a.s. [cit. 21.04.2019]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/26207/profil-u-valcovany-za-tepla-din-1026-1-u-260>

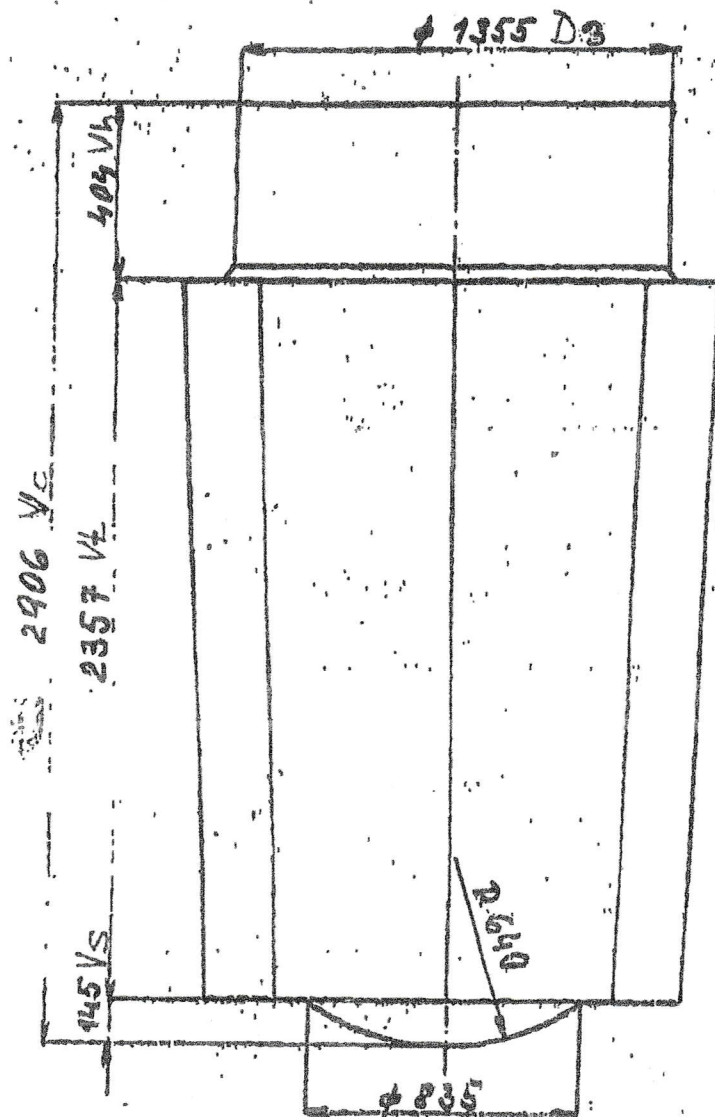
Příloha č. 1

Zadání přepravovaného ingotu

Příloha č. II: Rozměrové parametry ingotů s novou konstrukcí hlavového nástavce

Typ ingotu	Rozměry ingotů ve studeném stavu [mm]									
	V ₀	V _h	V _t	V _s	Průměr					Pozn.
					D _h	D _s	D _d	d _s	d _d	
I 3,4	1574	157	1262	145	617	661	606	640	590	B*)
I 3,7	1744	190	1409	145	619	663	606	640	590	B*)
I 4,7	1796	187	1453	145	680	621	662	699	658	B*)
I 5,7	1870	219	1507	145	732	670	609	699	658	B*)
I 6,6	1874	196	1473	205	771	706	638	687	756	D*)
I 8	2249	237	1807	205	786	707	628	687	756	D*)
I 10	2483	265	2013	205	864	776	687	776	845	D*)
I 13	2401	265	1861	275	988	914	841	894	962	M*)
I 16	2418	277	1866	275	1060	984	908	972	1041	M*)
I 20	2634	287	2072	275	1119	1040	962	1011	1080	M*)
I 22	2718	260	2180	275	1165	1084	1004	1080	1150	M*)
I 23	2012	247	1620	145	1394	1315	1237	1188	1257	O*)
I 25	2575	270	2160	145	1277	1179	1080	1188	1257	O*)
I 30	2812	310	2357	145	1331	1228	1124	1188	1257	O*)
I 36	2872	370	2357	145	1355	1262	1169	1188	1257	O*)
I 40	2906	404	2357	145	1493	1402	1311	1355	1435	O*)
I 45	3128	430	2553	145	1642	1458	1375	1445	1522	O*)
I 55	3390	495	2750	145	1625	1615	1404	1512	1591	O*)
I 70	3506	611	2750	145	1787	1679	1571	1615	1640	O*)

*) ingoty odlévané spodem; B, D, M, O představuje příslušný typ spodka



Parametry ingotu J 40
studený stav

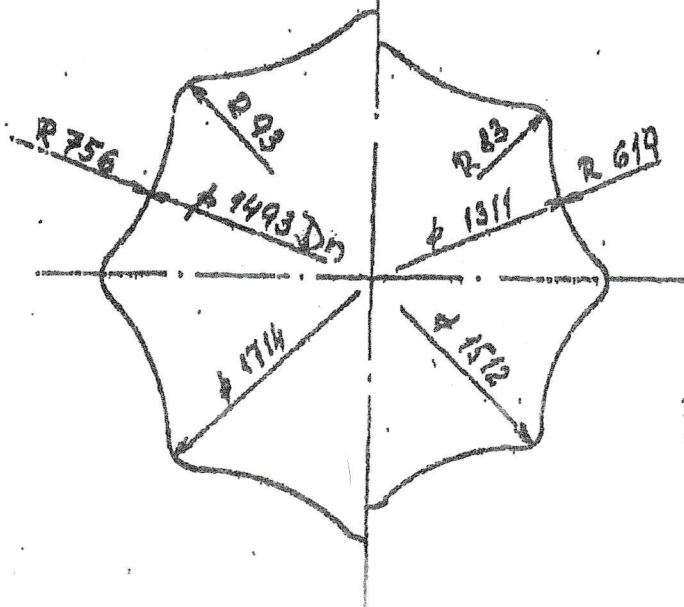
Hlava Hattingen JHP 40-45
vločka 40/700
4.570 kg - 12,4 %

Čelo stávající kokila
č. mod. OC 734
32.060 kg - 86,7 %

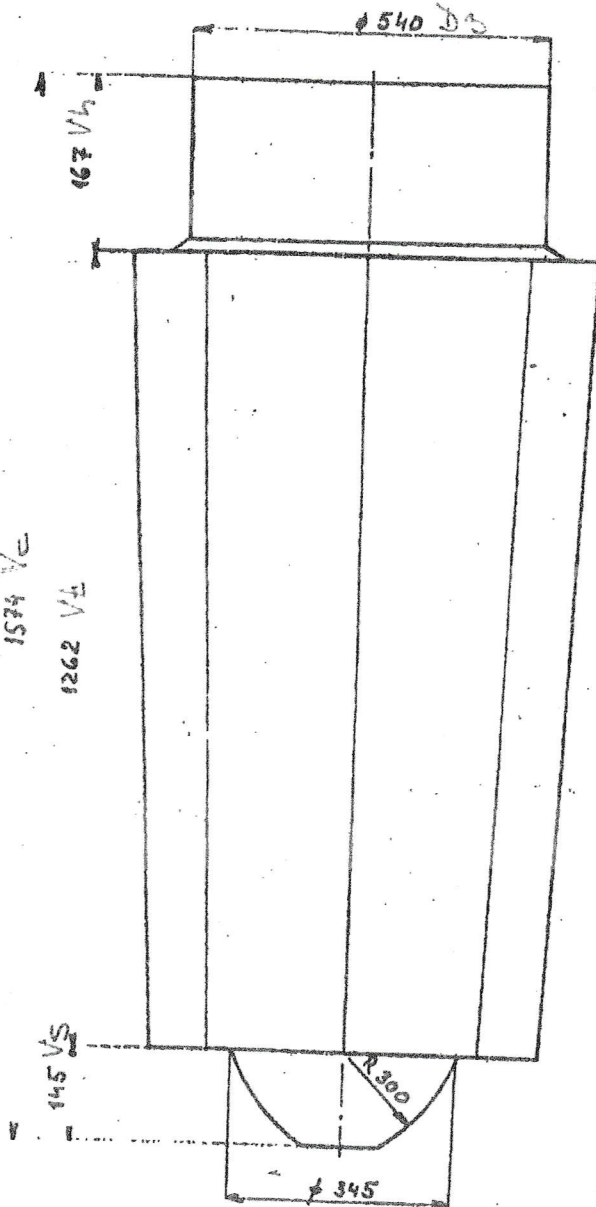
Spodek stávající
č. mod. OC 1073
350 kg - 0,9 %

Ingot 36.980 kg - 100 %

86,6 %



1 4.9.94
Škrdlík



Parametry ingotu J 3,4
studený stav

Hlava upravená J 3,4
 číslo modelu OC 511
 vložky 30/350
 28,8 ks (3 + 1,8)
 300 kg - 9,6 %

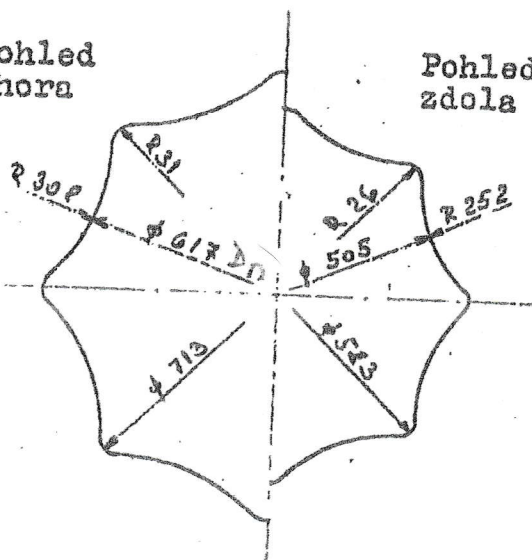
Tělo stávající kokila J 3,4
 číslo modelu OC 507
 2.750 kg - 87,9 %

Spodek stávající J 2,2 - 5,7
 číslo modelu OC 744
 80 kg - 2,5 %

Ingot J 3,4 - 3.130 kg - 100 %

Pohled
shora

Pohled
zdola



92,6%

30.9.94
Škrdlík 4042

Příloha č. 2

Parametry motoru YILMAZ

YILMAZ REDUKTOR GST FORM - 1

F-59.00/0216
14.02.2019 13.46.16

Technical Specifications

Type:	KR673-3E160M/4C
Input Type:	Direct Coupled
Voltage and Frequency:	50 Hz - 400 V
Motor Efficiency Class:	IE3
Motor Power [kW]:	11
n2 [rpm]:	60
Output Torque [Nm]:	1662
Ratio:	24.38
Service Factor:	2.6
Output Bearings:	Standard
Fqam (Std.) [N]:	42628
Fama (Std+) [N]:	41900
Current IE3 [A]:	21
Cos Fi IE3:	0.83
Motor Efficiency (4/4) IE3:	91.4
Oil Quantity:	18
Weight [kg]:	306

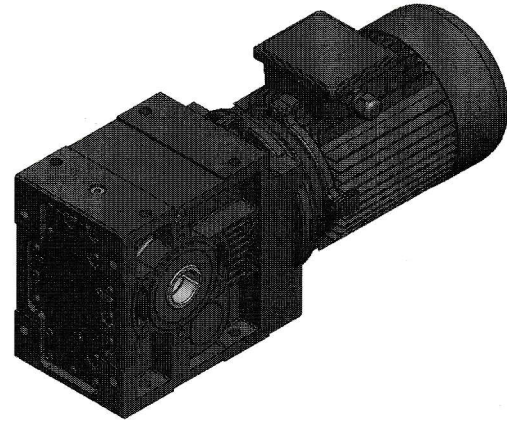
Gearbox Options

Painting Type: Epoxy Topcoat TL
Color: RAL Standart TL
Lubrication: Synthetic ISO VG 320 TL

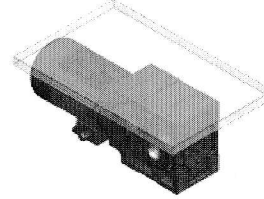
Motor Options

Brake Hand Release : With Hand Release 100 Nm TL
Brake Voltage : 400 V Brake Voltage 100 Nm TL
Brake : 100 Nm With Cooling 160 Type (Travelling) TL
Thermal Protection : 3PTC(F) TL

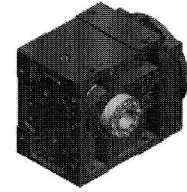
Drawings



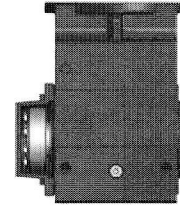
Gearbox Type: KR



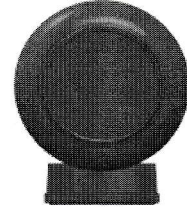
Mounting Position: M3



Output: 0S-With Schrink Disc



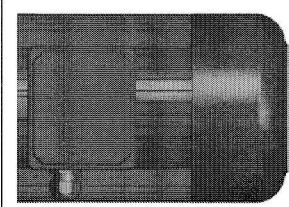
Arrangement: Right Output



Terminal Box: Poz. 3



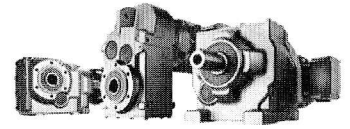
Input Type: Direct Coupled



Cable Side: A

Příloha č. 3

Parametry motoru SIEMENS pro pohon točny



0.19.55

Datasheet for SIMOGEAR Geared Motors

MLFB-Ordering
data:

2KJ3512-9JR23-2AL1-Z
B28+C02+C26+C47+D13+G25+G34+H4A+K01+K08+L03+L75+M10+M65+N53

Client order no.:
Order no.:
Offer no.:

Item no.:
Consignment no.:
Project:

Geared motor basic data

Type designation:	SIMOGEARKAT129-LE160MPB4P-L150NH
Gearbox type:	Bevel gearbox
Installation size(s):	129
Application:	Standard
Light-duty sector acc. VDI 3643:	-
Transmission ratio:	24.61
Relation of number of teeth:	2584 // 105
Service factor:	2.51 // 2.64
Nominal torque:	4400 Nm
Output torque:	1752.73 Nm // 1668.35 Nm
Output speed:	59.9 rpm // 72.1 rpm
Environment temperature:	-15 ... +40°C
Specification:	CE (Europe / other countries)
Additional specifications:	-
Weight without oil:	226.7 kg
Oil quantity:	17.05 l

Motor options

Thermal class:	Temperature class 155 (F)
Motor protection:	[M10] PTC thermistor for disconnection
Motor plug:	-
Ventilation:	Standard fan
Degree of protection:	[K01] IP55
Terminal box position:	[M65] 3C
Increased air humidity/temperature:	-
Counter Plug:	-
Cable gland:	metric
External ground screw:	[N53] External ground screw
Motor connection:	Standard
Terminal box potted:	-
Term. Box neutr.:	-
Backstop Motor:	-
Rot. dir. outputshaft	-
Second shaft end:	-
Canopy:	-
Internal corrosion protection:	-
Corrosion protect. for motor fittings:	-
Anti-condens. heating:	-

General options

Surface treatments:	painted
Coating:	[L03] Coating for low environmental stress C2
RAL Color:	[L75] 7016 anthracite gray
Pretreatment:	-
Coating on Flange:	-
Conservation:	-
Rating Plate stainless steel:	-
Second rating plate:	-
Packaging:	Standard packing
Fast lane:	-
Enclosed documentation:	-
Additional documentation (E-Mail):	-

Gearbox options

Mounting position:	[D13] M3 output side A
Special installation (Angle):	-
Permissible mount. position deviation:	-
Mount. pos. deviation (Angle):	-
Mounting type:	Foot-mounted design
Position of torque arm:	-
Flange diameter:	-
Output flange tightened:	-
Output shaft:	N70
Output shaft bearing:	Standard bearing
Hollow shaft cover:	Sealing cap
Gear oil:	[K08] Synthetic oil CLP PG VG460
Output shaft sealing:	[G25] High temperature resistant seal
Gearbox breather:	Pressure breather valve
Oil level control:	[G34] Oil sight glass
Electr. oil temperature monitoring:	-
Disconnecter unit, 24 V param.:	-
Adapter cable USB/jacks:	-
Oil level gauge:	-
Separation switch gear:	-

Oil drain:	Oil drain plug
Housing material:	Cast iron
Backlash Design:	-
Relubrication:	-
Drywell:	-
24 V Drywell switch disconnecter:	-
Flange-Figure:	-

Performance data motor

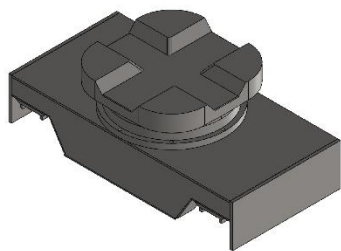
Rated power PN:	11.0 // 12.60 kW / 15.0 // 16.90 hp
Efficiency class:	Motor with Premium Efficiency - IE3
Operating mode:	S1
Frequency, Voltage Power:	50//60Hz 400VD/690VY // 460VD 50 // 60
Circuit (start):	D/Y (Y-D/Y) // D (Y-D)
Rated speed nN:	1475 rpm // 1775 rpm
Number of poles:	4-pole
Rated current IN:	20.50 / 11.84 // 2- A
Rel. starting current IA / IN:	6.90 // 7.10
Power factor cos φ:	0.84 // 0.85
Load efficiency 4/4-Load η:	91.40 % // 92.40 %
Load efficiency 3/4-Load η:	91.40 % // 92.40 %
Rated motor torque:	71.22 Nm
Rel. starting torque TA / TN:	2.20 // 2.0
Average acceleration torque TH / TN:	2.80 // 2.80
Brakedown torque TK / TN:	3.20 // 3.20
Moment of inertia Jmot:	0.08300 kgm ²

Brake data

Function Rectifier:	-
Brake:	[B28] L150
Braking torque:	150.0 Nm
Control voltage:	[C47] 400V AC +-10%
Wear:	Standard
Manual brake release lever:	[C02] Manual brake release lever
Safety factor (Brake):	2.11
Design:	Standard
Position manual release lever:	[C26] 1
Working capacity:	2295 MJ
Corrosion protection:	Standard

Příloha č. 4

Závěrečná dokumentace MKP analýzy



Simulace INGOTOVÝ VŮZ

Datum: čtvrtek 4. dubna 2019

Designer: Solidworks

Název studie: Statická analýza 2

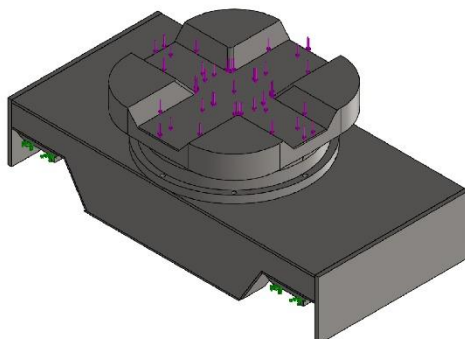
Typ analýzy: Statická analýza

Osah

Informace o modelu	2
Vlastnosti studie	2
Jednotky	3
Vlastnosti materiálu.....	3
Zatížení a uchycení.....	3
Kontaktní informace	4
Informace o síti	5
Výsledné síly.....	6
Výsledky studie.....	7



Informace o modelu



Název modelu: Ingotový vůz
Aktuální konfigurace: PRO VYPOCET

Vlastnosti studie

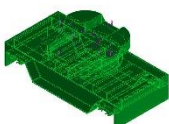
Název studie	Statická analýza 2
Typ analýzy	Statická analýza
Typ sítě	Objemová síť
Teplotní účinek:	Zapnuto
Možnost teplotních účinků	Včetně teplotního zatížení
Teplota nulového napětí	298 Kelvin
Včetně účinků tlaku z proudění ze SOLIDWORKS Flow Simulation	Vypnuto
Typ řešiče	FFEPlus
Účinek předpětí:	Vypnuto
Měkká pružina:	Vypnuto
Vnitřní síly:	Vypnuto
Nekompatibilní možnosti spojení	Automatický
Velké posunutí	Vypnuto
Vypočítat reakční síly v pevném spoji těl	Zapnuto
Třecí	Vypnuto
Adaptivní síťování:	Vypnuto
Složka výsledků	Dokument SOLIDWORKS



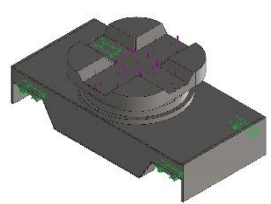
Jednotky

Systém jednotek:	SI (MKS)
Délka/Posunutí	mm
Teplota	Kelvin
Úhlová rychlost	rad/s
Tlak/Napětí	N/m ²

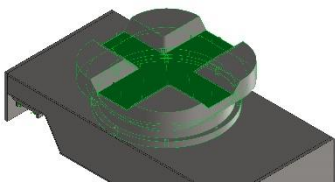
Vlastnosti materiálu

Odkaz modelu	Vlastnosti	Součásti
	<p>Název: S235JR Typ modelu: Lineární elastický izotropní Výchozí kritérium selhání: Max. von Mises napětí Mez kluzu: 2.20594e+08 N/m² Pevnost v tahu: 3.99826e+08 N/m² Modul pružnosti: 2.1e+11 N/m² Poissonova konstanta: 0.28 Hustota: 7800 kg/m³ Modul pružnosti ve smyku: 7.9e+10 N/m² Součinitel tepelné roztažnosti: 1.3e-05 /Kelvin</p>	
Data křivky:N/A		

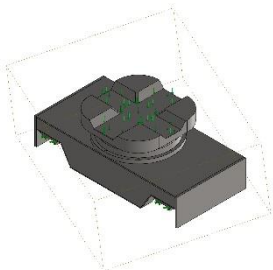
Zatížení a uchycení

Název uchycení	Obrázek uchycení	Detaily o uchycení		
Fixní-1		<p>Entity: 4 ploch Typ: Fixní geometrie</p>		
Výsledné síly				
Součásti	X	Y	Z	Výsledný
Reakční síla(N)	-28589.4	78577	594148	600003
Reakční moment(N.m)	0	0	0	0



Název zatížení	Načíst obrázek	Detaily o zatížení
Síla-1		Entity: 1 ploch Typ: Použit normálovou sílu Hodnota: 600000 N

Kontaktní informace

Kontakt	Obrázek kontaktu	Vlastnosti kontaktu
Globální kontakt		Typ: Spojený Součásti: 1 součástí Možnosti: Kompatibilní síť



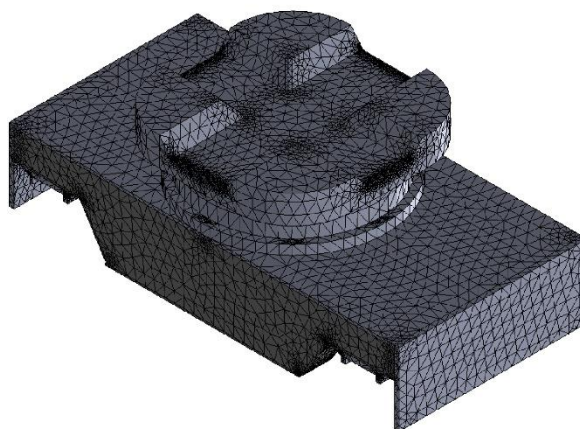
Informace o síti

Typ sítě	Objemová síť
Použité síťování:	Standardní síť
Automatické zjemnění:	Zapnuto
Včetně automatického cyklování:	Vypnuto
Jakobiho body	4 Body
Velikost elementu	104.924 mm
Tolerance	5.2462 mm
Obrázek kvality sítě	Síť konceptové kvality
Pro selhané díly generovat nekompatibilní síť	Zapnuto

Informace o síti - Detaily

Uzlů celkem	39532
Elementů celkem	128559
Maximální poměr stran	113.72
% prvků s poměrem stran < 3	57.4
% prvků s poměrem stran < 10	9.45
Doba dokončení sítě (hh:mm:ss):	00:00:14
Název počítače:	ST5

Název modelové sestavy: rzok_sitel
Název sítě: Stručná analýza 24PRO VFO3ET
Typ sítě: Objemová síť



Výsledné síly

Reakční síly

Sada výběru	Jednotky	Součet X	Součet Y	Součet Z	Výsledný
Celý model	N	-28589.4	78577	594148	600003

Reakční momenty

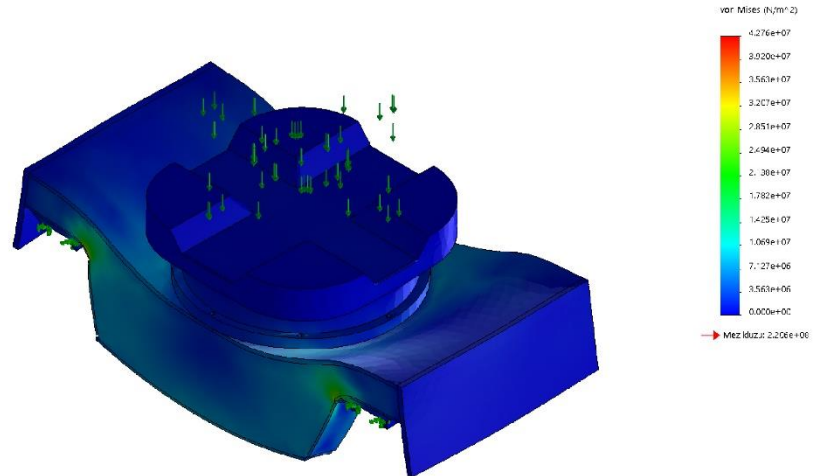
Sada výběru	Jednotky	Součet X	Součet Y	Součet Z	Výsledný
Celý model	N.m	0	0	0	0



Výsledky studie

Název	Typ	Min	Max
Napětí1	VON: von Mises napětí	0.000e+00 N/m ² Uzel: 28544	4.276e+07 N/m ² Uzel: 21520

Název modelu: castov-vuzi_cad.e
 Název studie: Statická analýza 2-PRO VYPOČET
 Typ obrázku: Statická analýza uvolně napětí Nap11
 Měřítko deformace: 2799,25

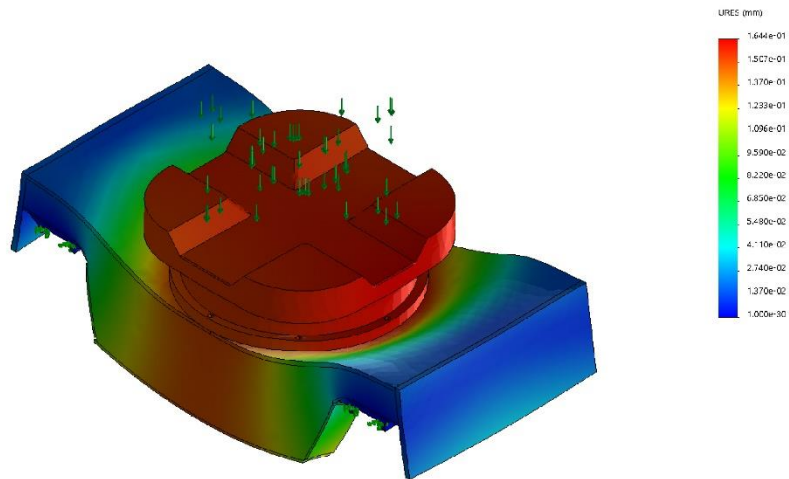


Ingotový vůz-Statická analýza 2-Napětí-Napětí1

Název	Typ	Min	Max
Posunutí1	URES: Výsledné posunutí	0.000e+00 mm Uzel: 19977	1.644e-01 mm Uzel: 33250



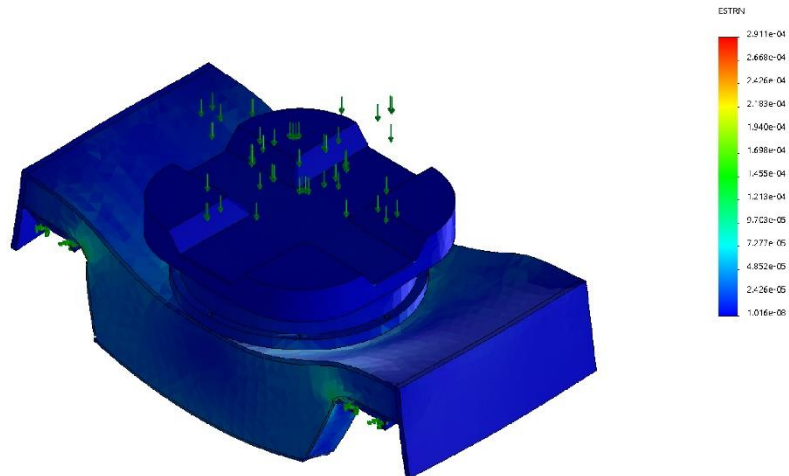
Název modelu: sestava-vozik_celc
 Název studie: Statická analýza 2-PRO VÍPOZET
 Typ obrázku: Statické posunutí-Posunutí1
 Měřítko deformace: 279925



sestava-vozik_celc-Statická analýza 2-Posunutí-Posunutí1

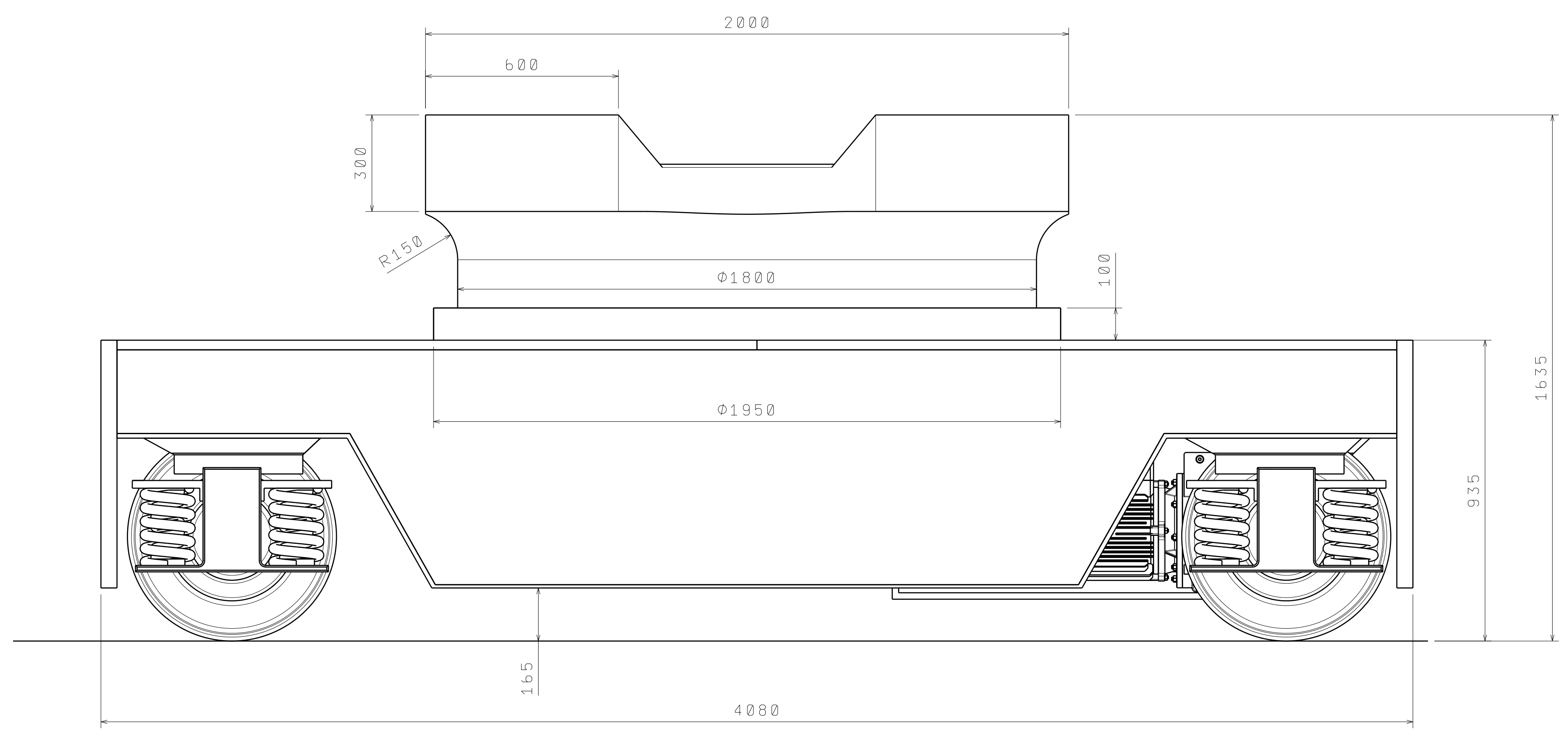
Název	Typ	Min	Max
Poměrná deformace1	ESTRN: Ekvivalentní poměrná deformace	1.016e-08 Element: 48652	2.911e-04 Element: 68145

Název modelu: sestava-vozik_celc
 Název studie: Statická analýza 2-PRO VÍPOZET
 Typ obrázku: Statické poměrné deformace-Poměrná deformace1
 Měřítko deformace: 279925

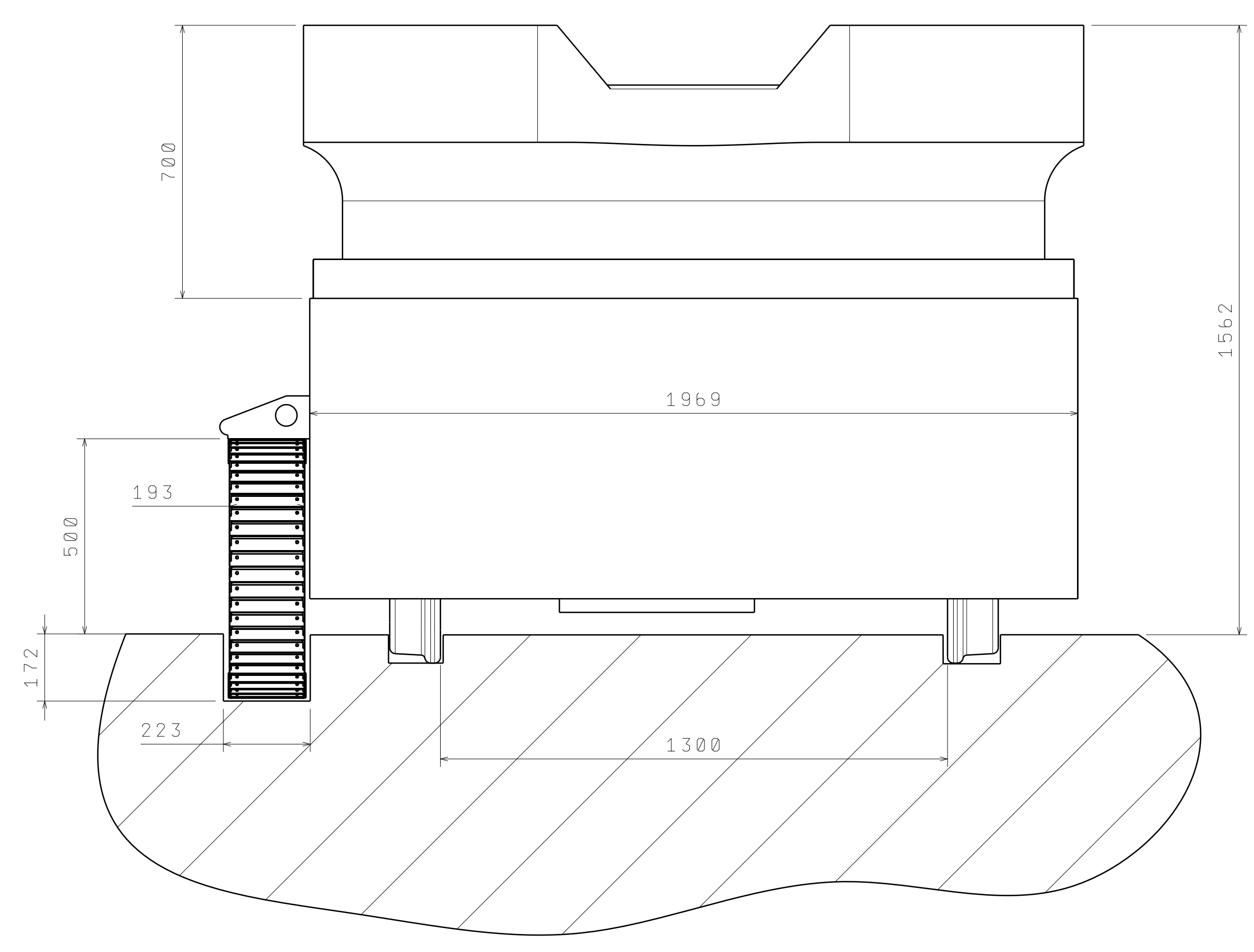


Ingotový vůz-Statická analýza 2-Poměrná deformace-Poměrná deformace1

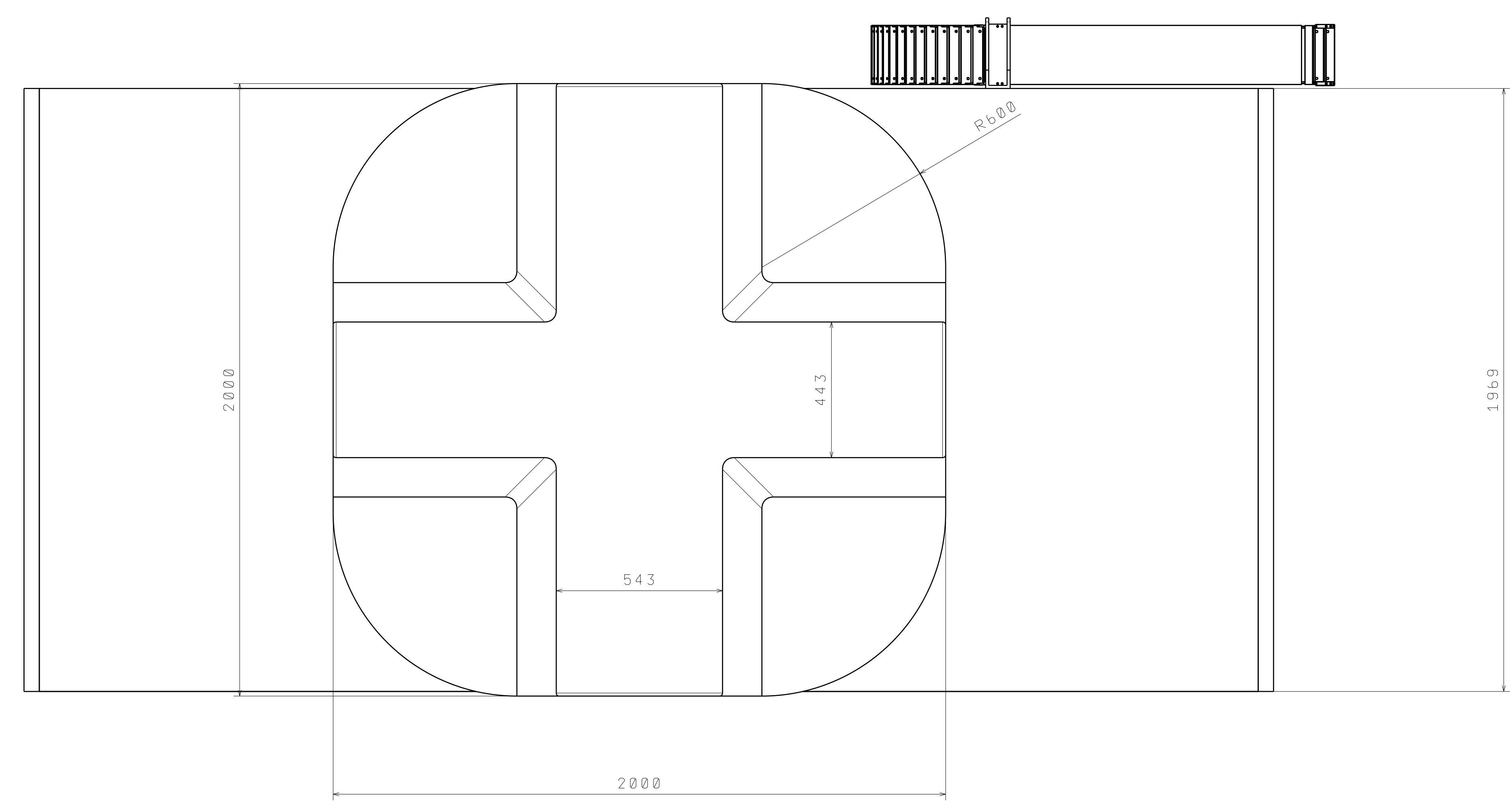




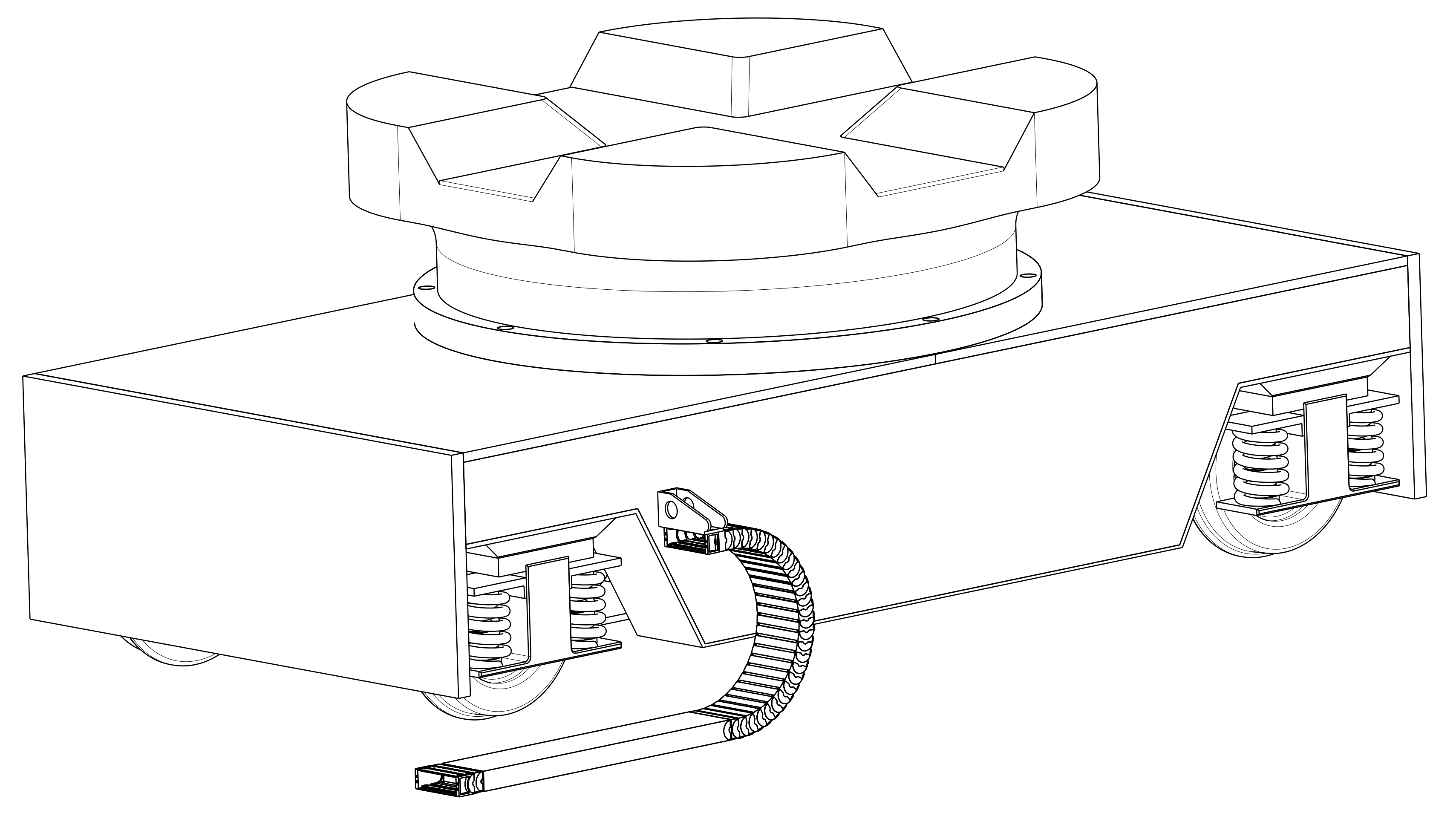
Front view (without energy chain)
Scale: 1:10



Left view
Scale: 1:10

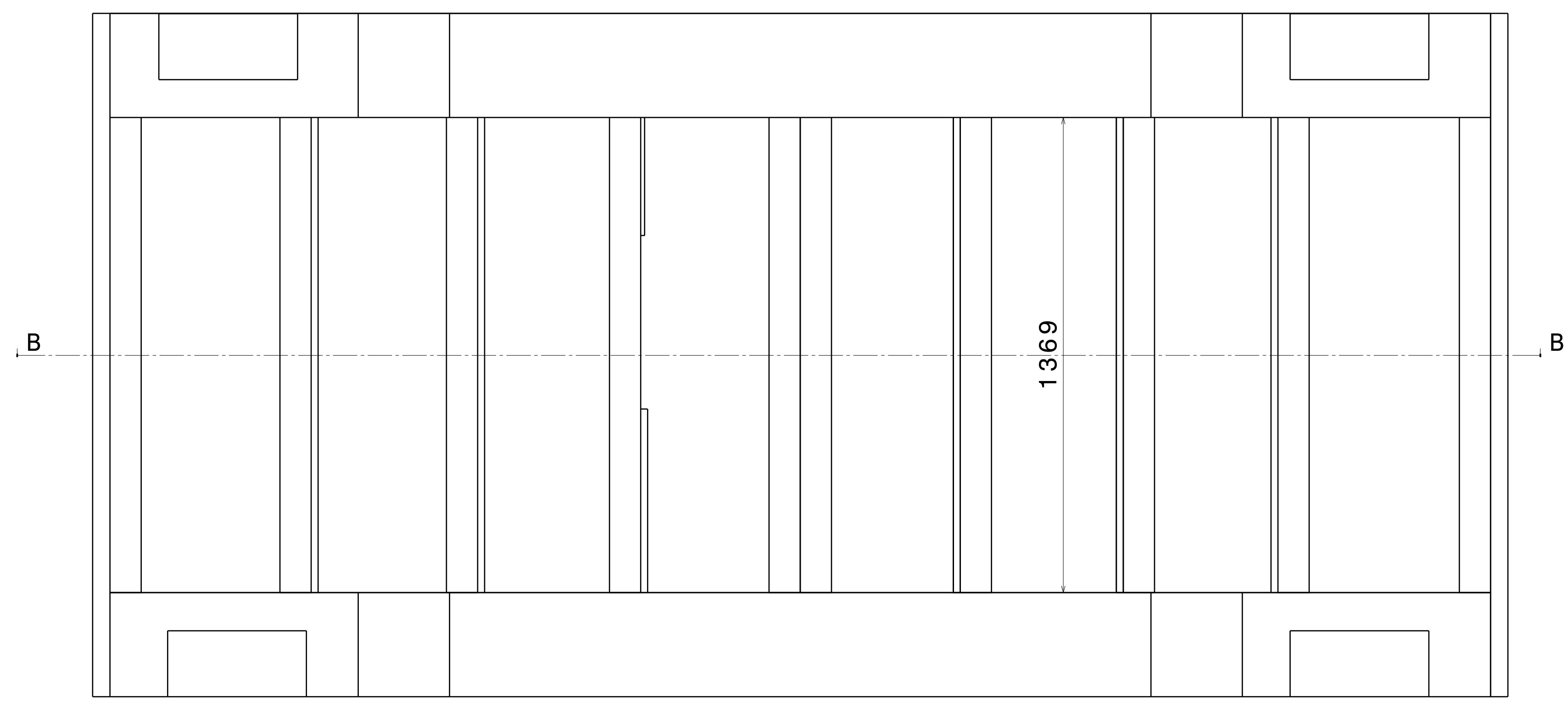


Top view
Scale: 1:10

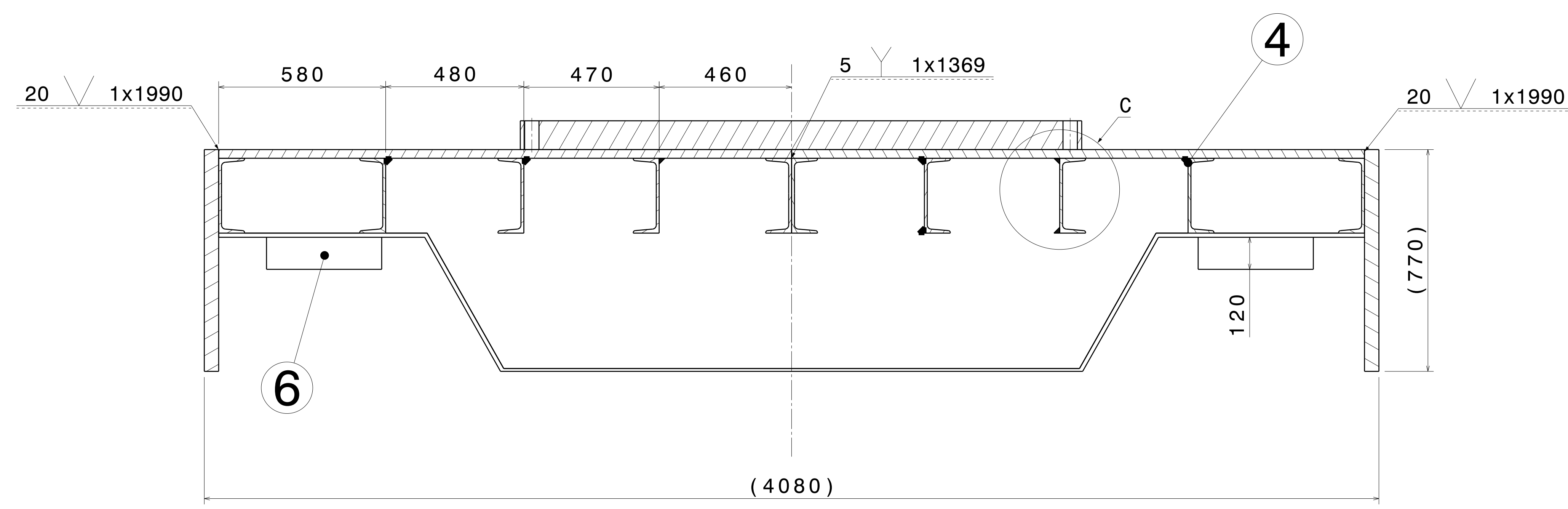


Isometric view
Scale: 1:10

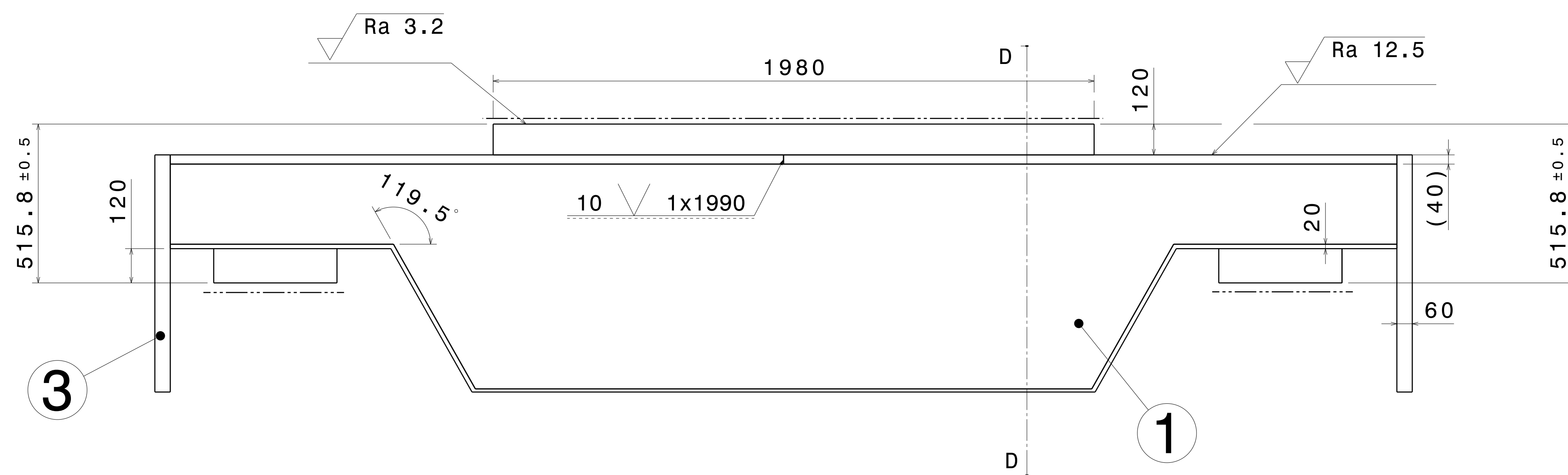
This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.		DASSAULT SYSTEMES	
DRAWN BY K.Jaguláková	DATE 08.12.2018	DRAWING TITLE SESTAVA INGOTOVEHO VOZU	
CHECKED BY XXX	DATE xxx	SIZE A0	DRAWING NUMBER KKS - BP - 000
DESIGNED BY XXX	DATE xxx	SCALE 1:10	WEIGHT (kg)
			SHEET 1/1



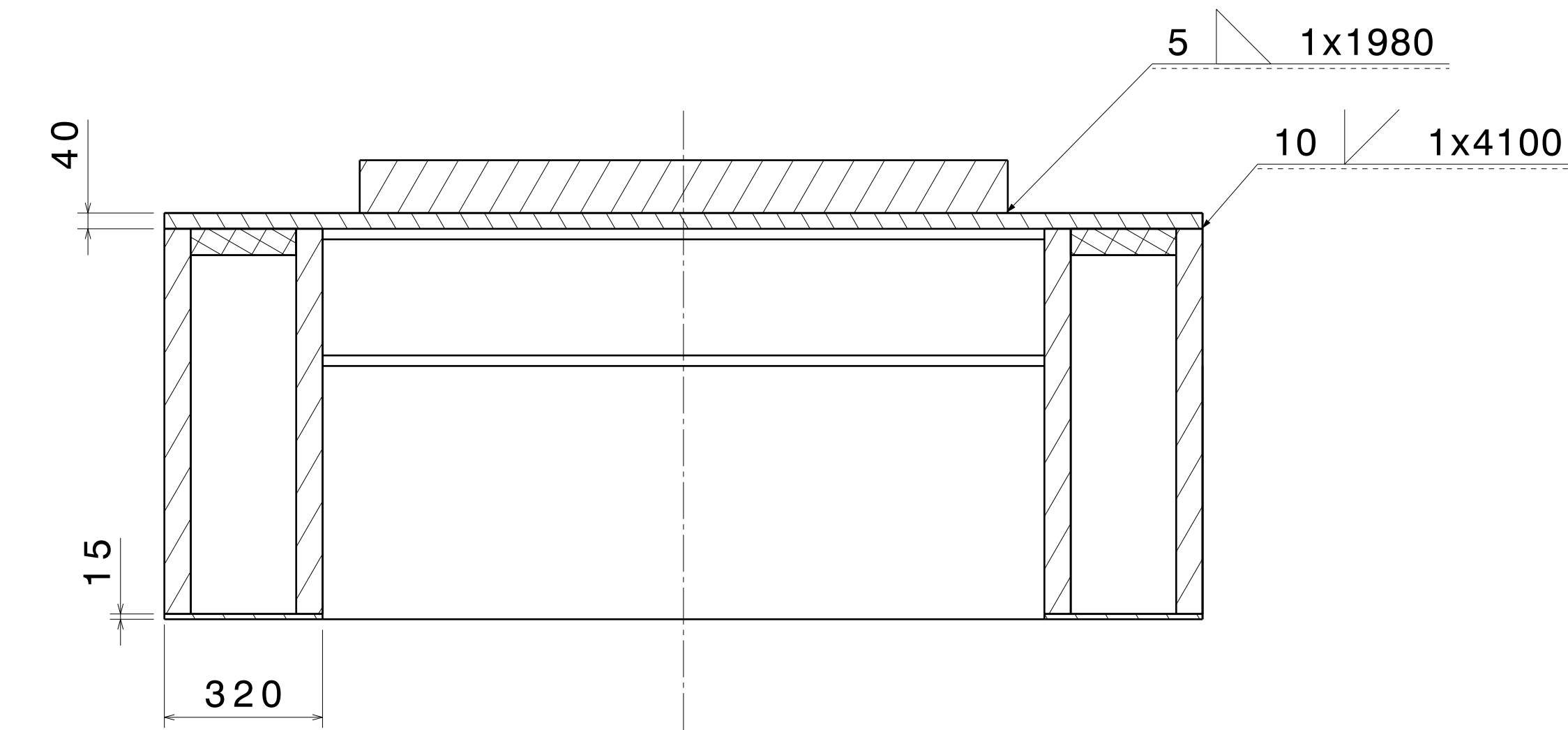
Bottom view
Scale: 1:10



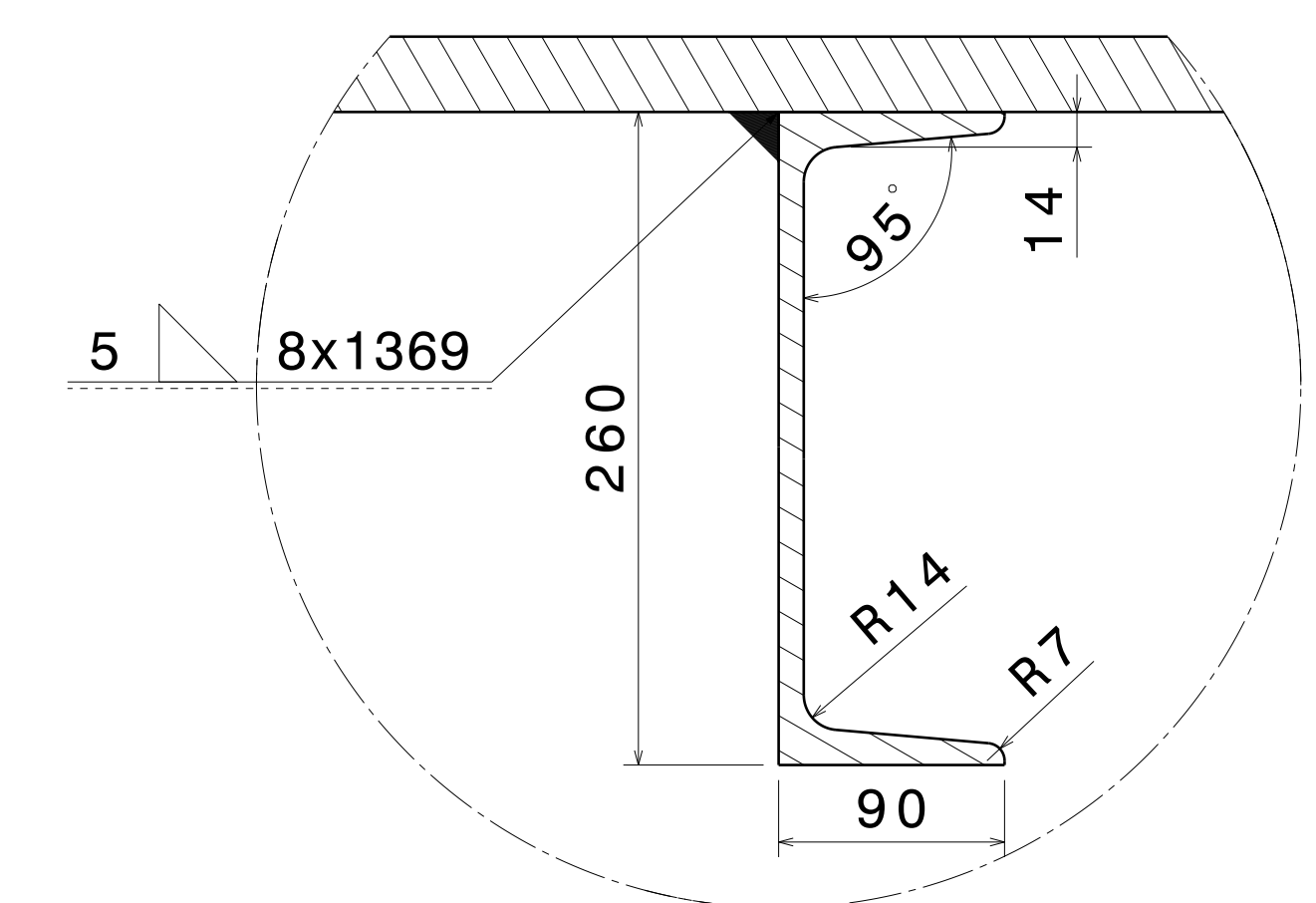
Section view B-B
Scale: 1:10



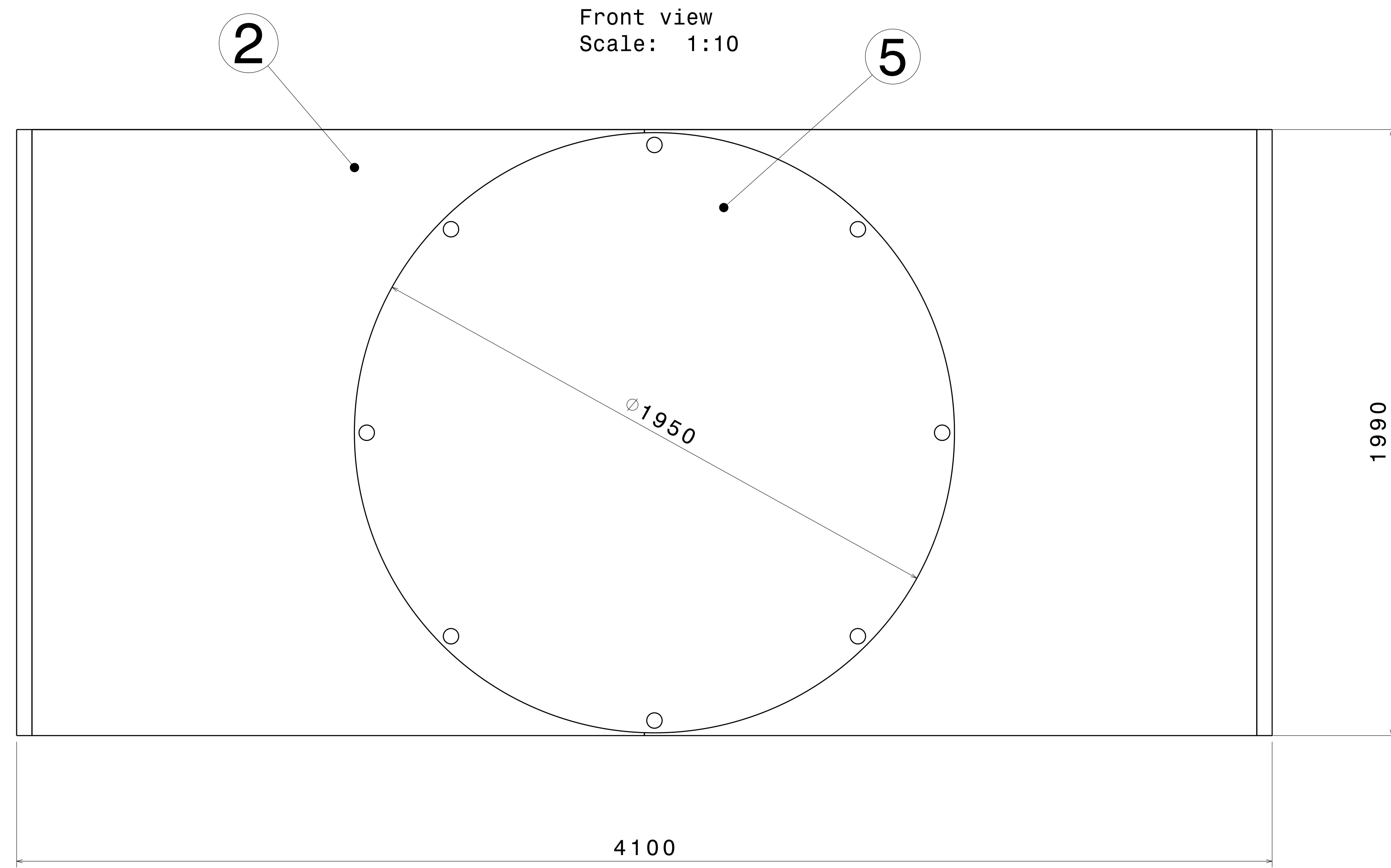
Front view
Scale: 1:10



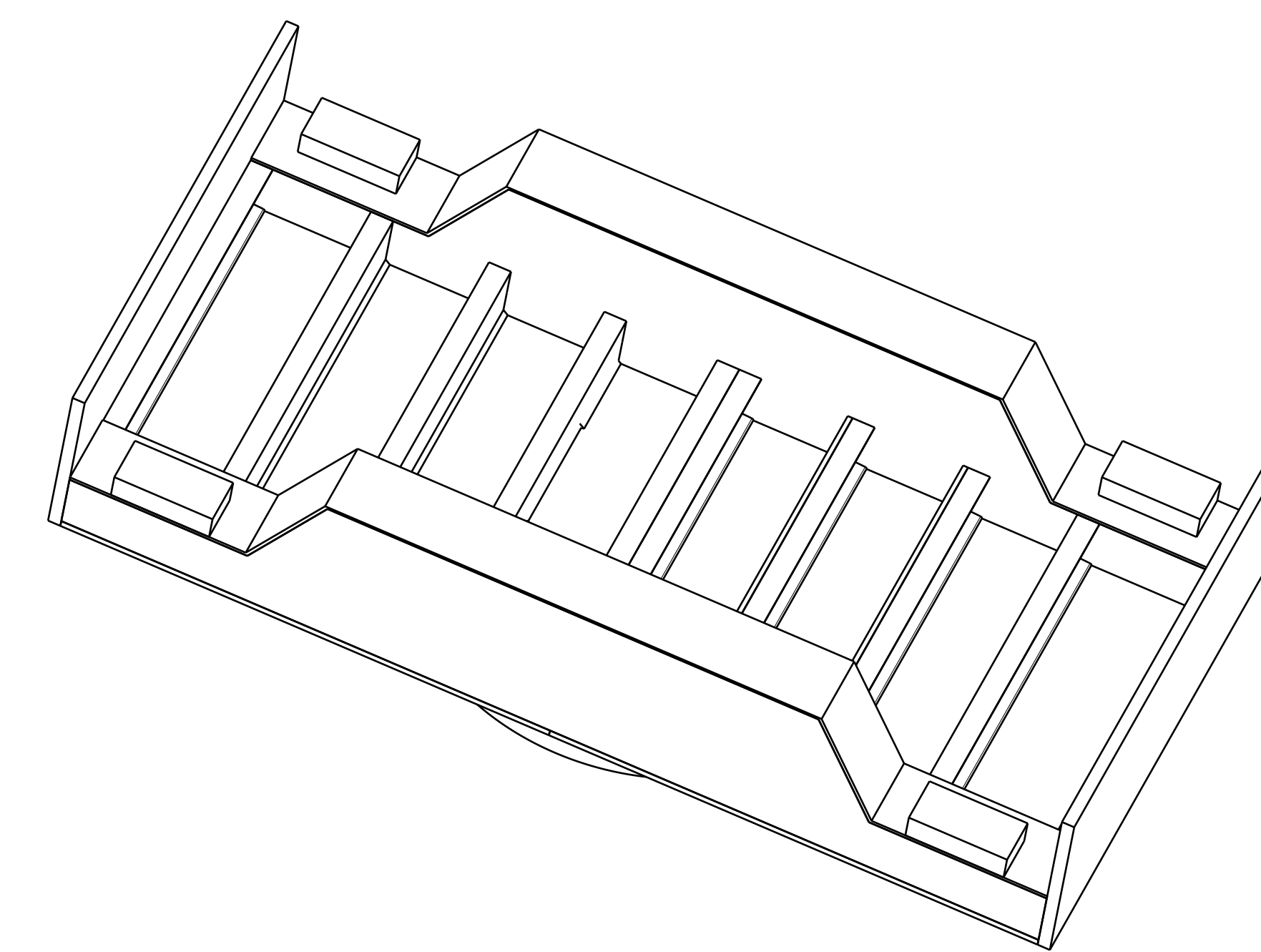
Section view D-D
Scale: 1:10



Detail C
Scale: 1:3



Top view
Scale: 1:10

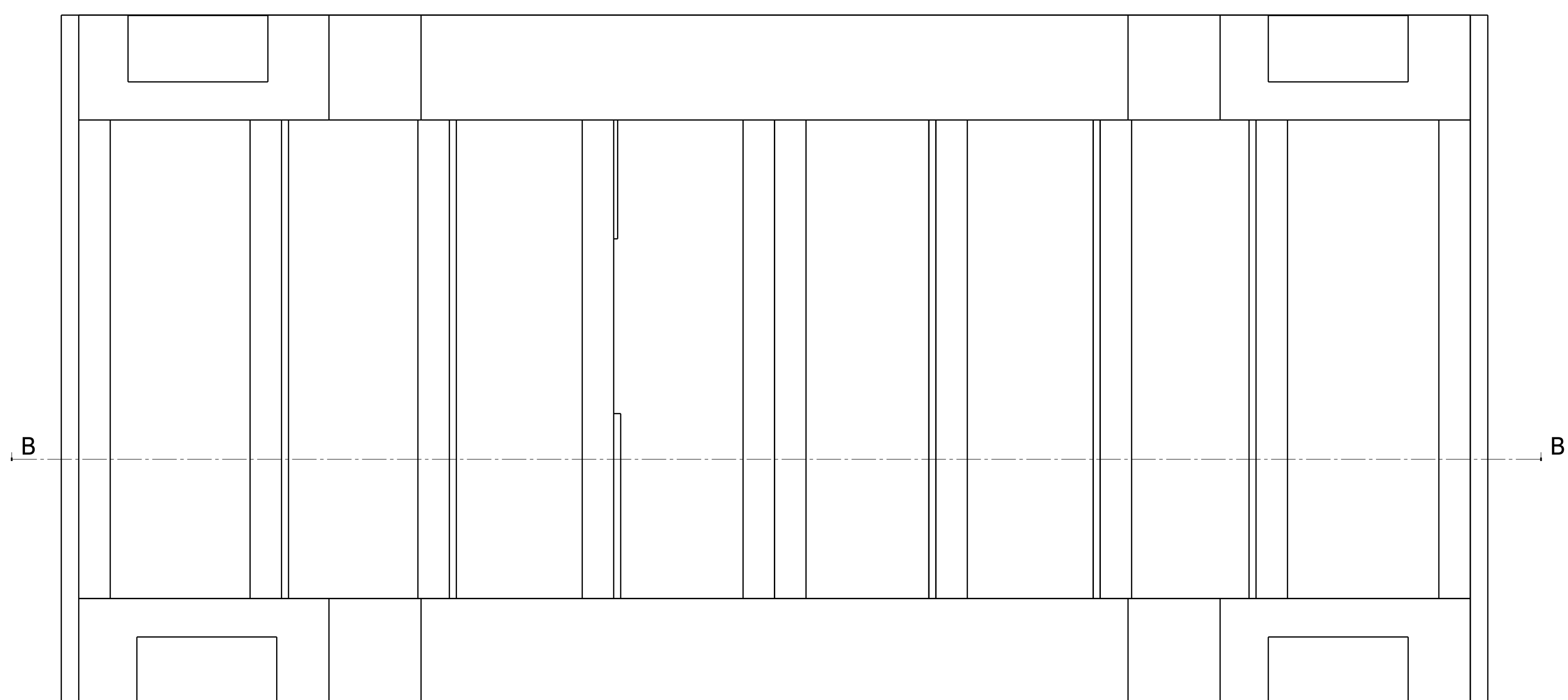


Isometric view
Scale: 1:20

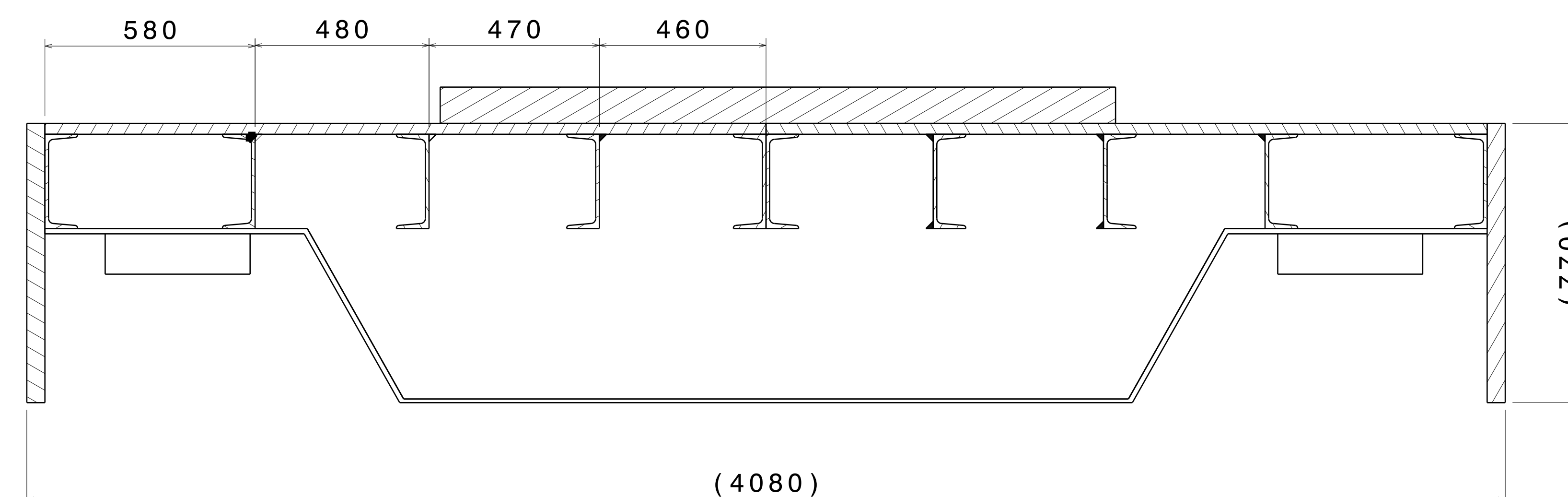
6	NOSIC DVOJKOLI 393x154, th. 80	4
5	PEVNÁ UPÍNACÍ část točny - plech \varnothing 1980, th. 120 mm	1
4	PROFIL U válcovaný za tepla U260	10
3	KRYT VOZU - 1990x770, th. 50 mm	2
2	HORNÍ PLECH 3980x1990, th. 30 mm	2
1	BŮČNICE VOZU	2
Pozice	Název	Množství

OBRABET PO ZIHANI
ZIHAT NA ODSTRANENI PNUTI 600-700°C
MATERIAL OCEL 11523 - SVARITELNA
OBLOUKOVE SVAROVANI- SVARIT BAZICKOU
ELEKTRODOU E 38 3 B 42

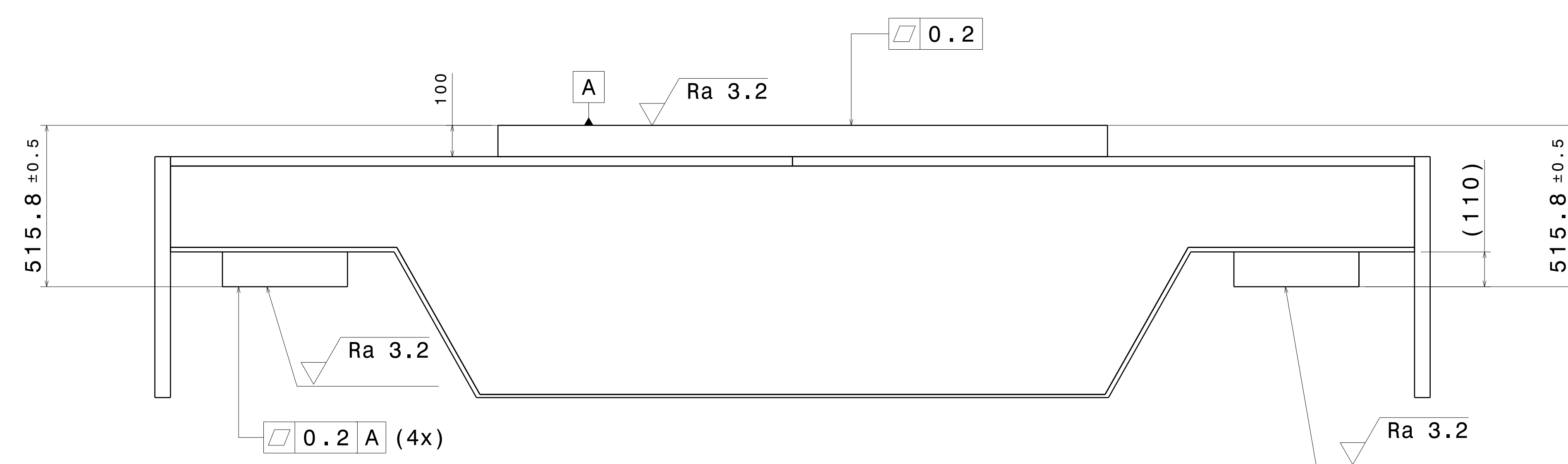
This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.		DASSAULT SYSTEMES	
DRAWN BY K.Jaguláková	DATE 01.04.2019	DRAWING TITLE SVARENEC RAMU	REV X
CHECKED BY XXX	DATE XXX	SIZE A0	DRAWING NUMBER KKS-BP-001
DESIGNED BY XXX	DATE XXX	SCALE 1:10	WEIGHT(kg) XXX
		SHEET	1/1



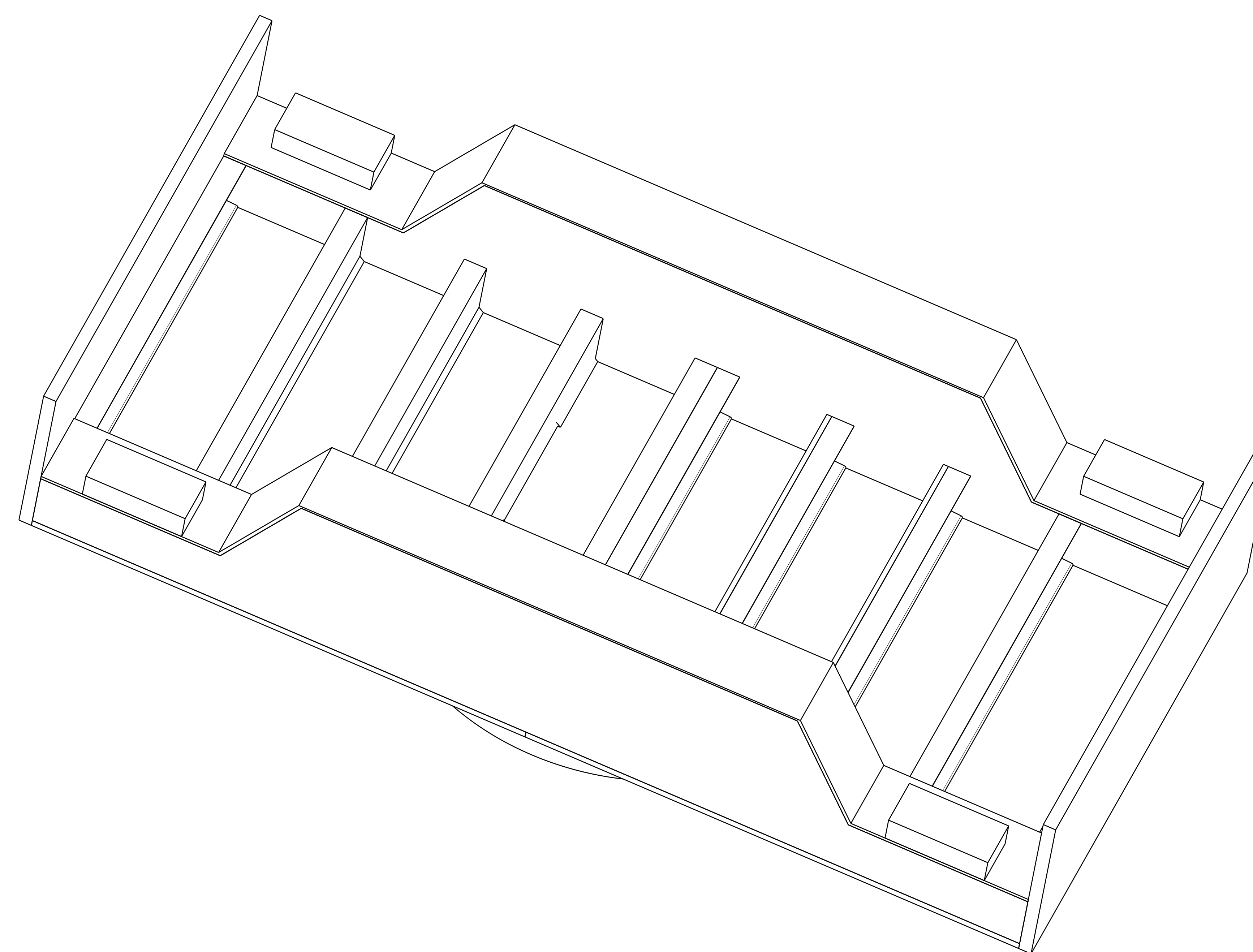
Bottom view
Scale: 1:10



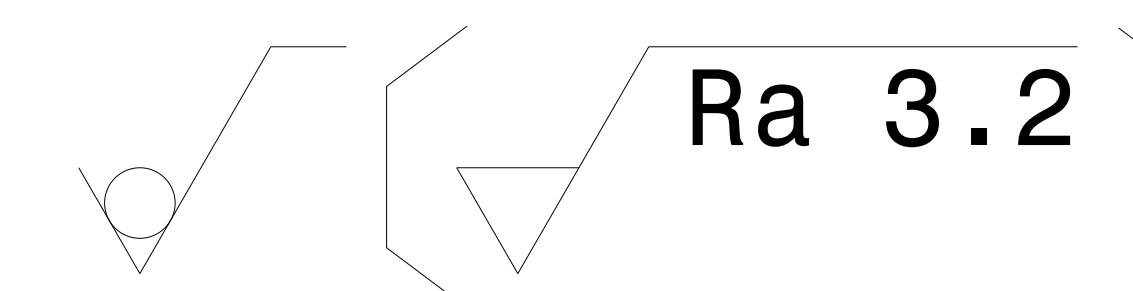
Section view B-B
Scale: 1:10



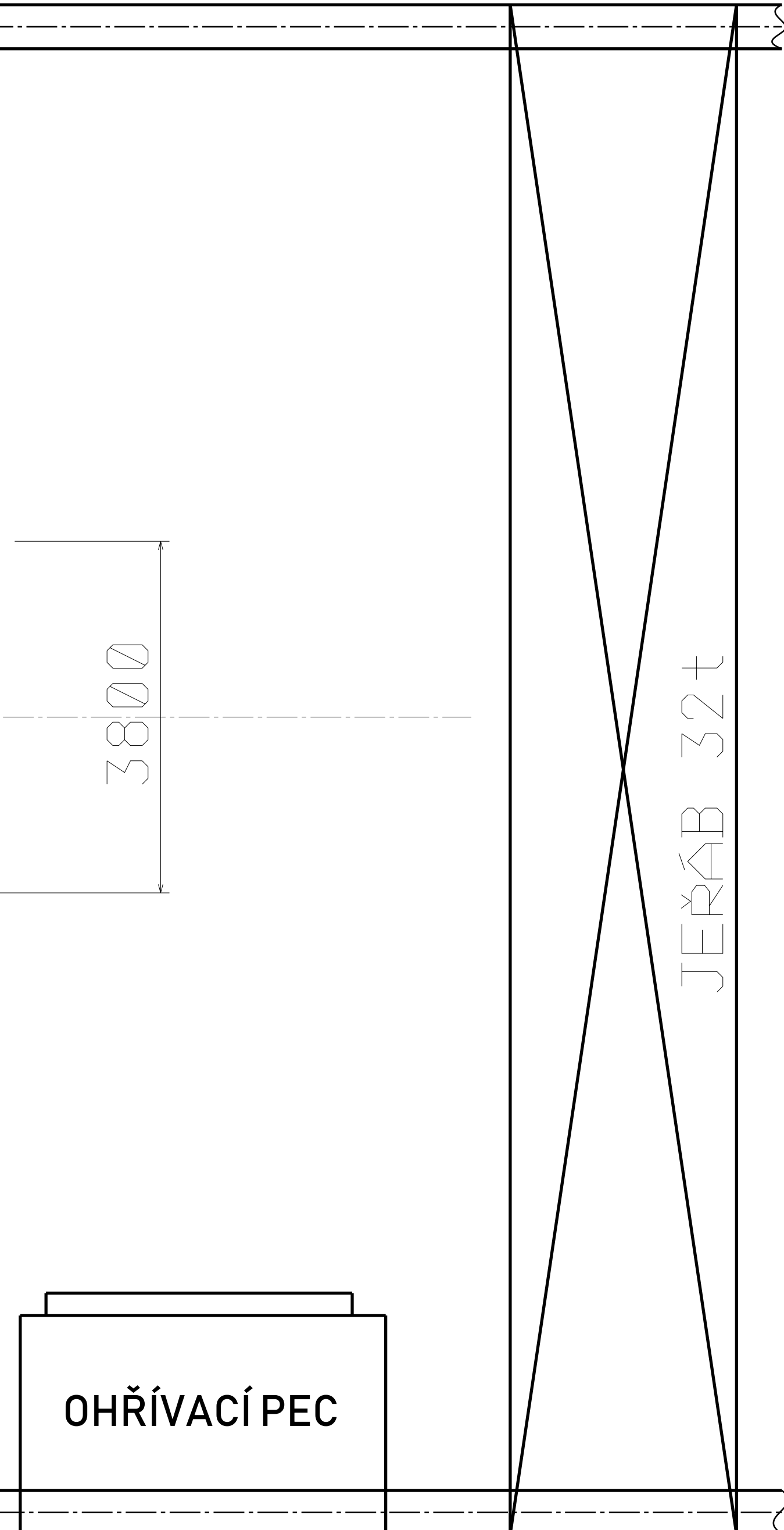
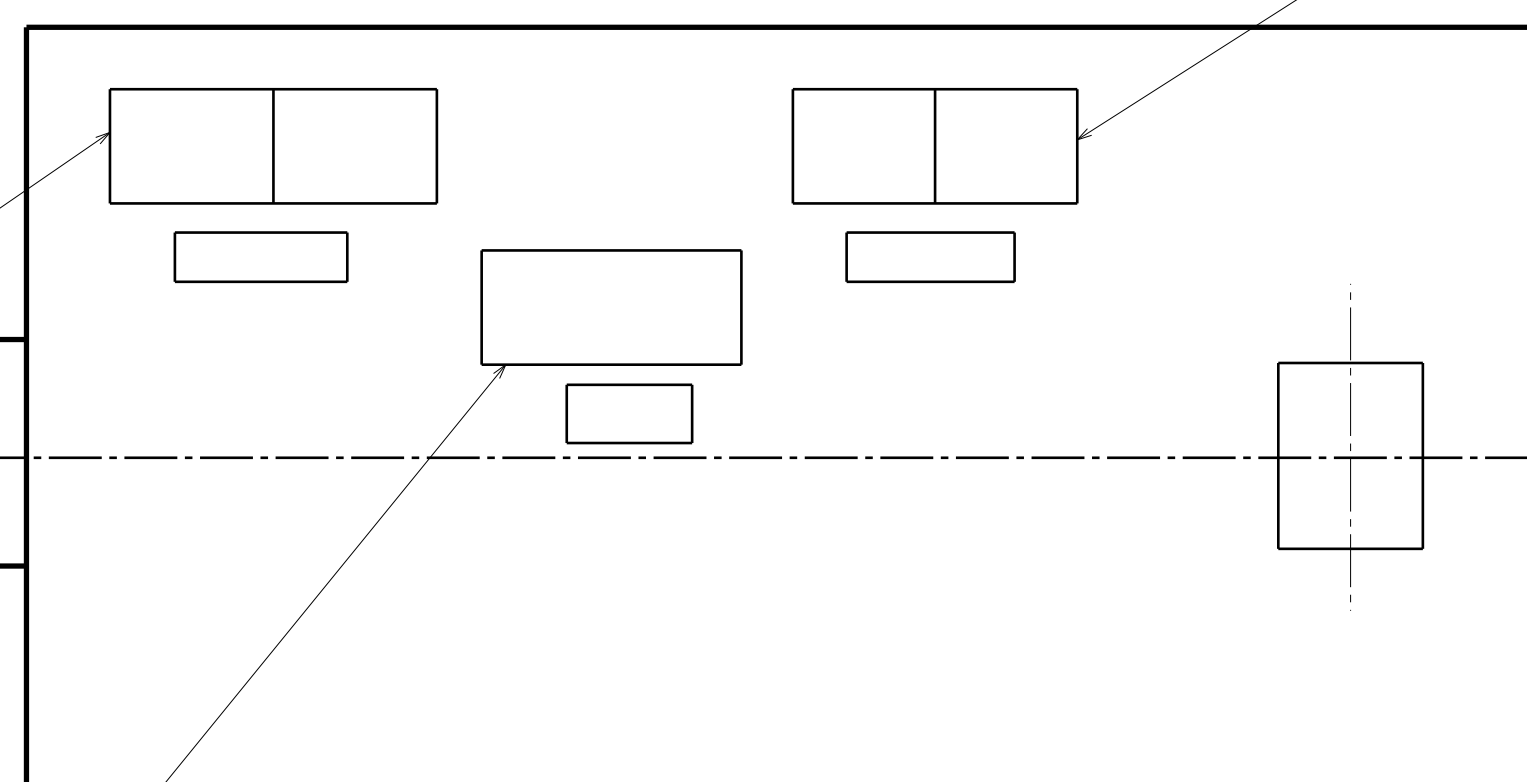
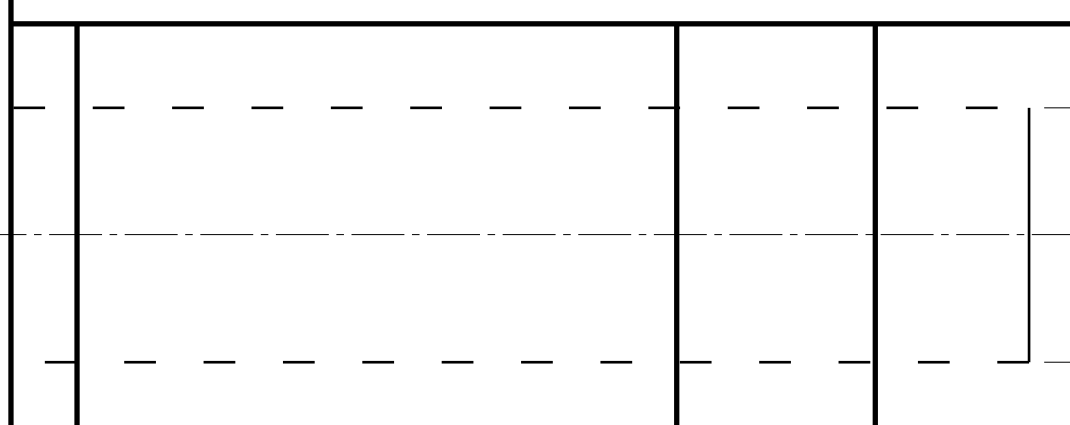
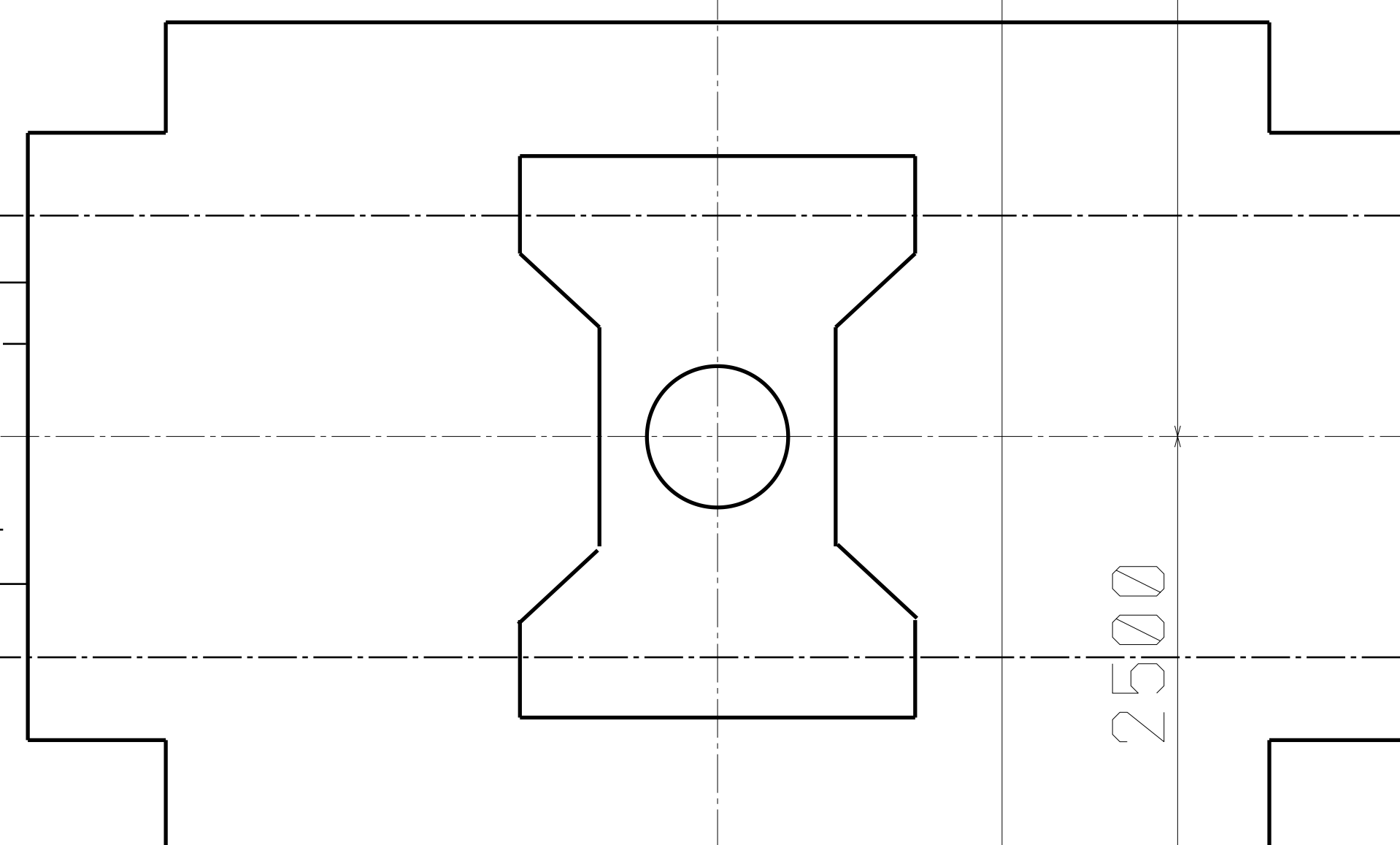
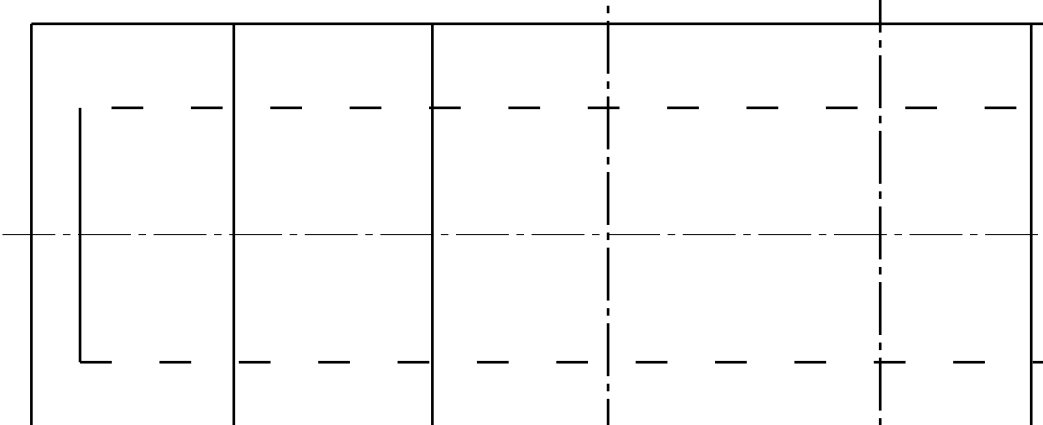
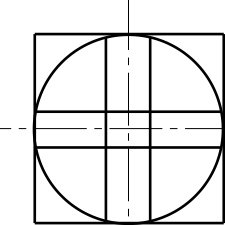
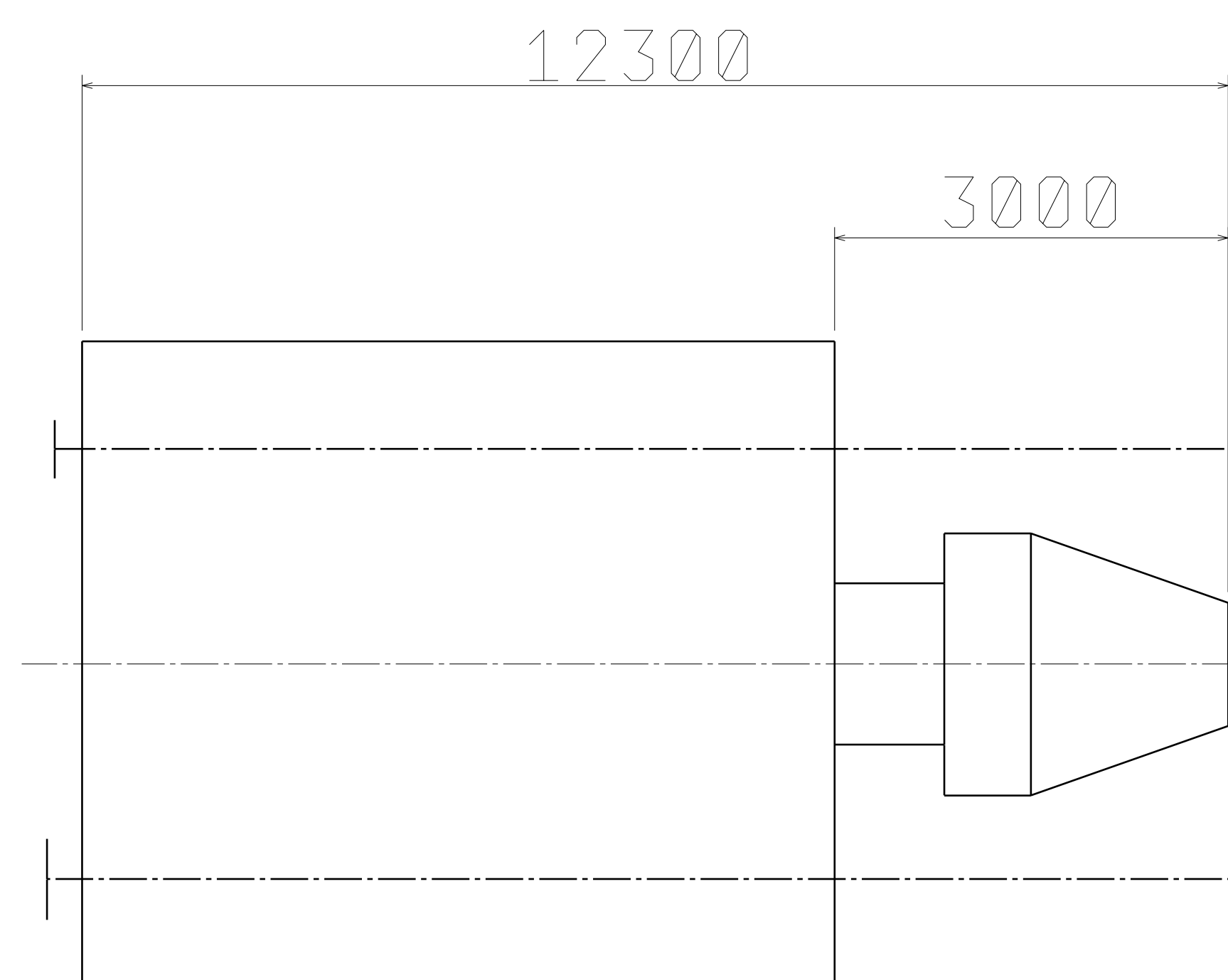
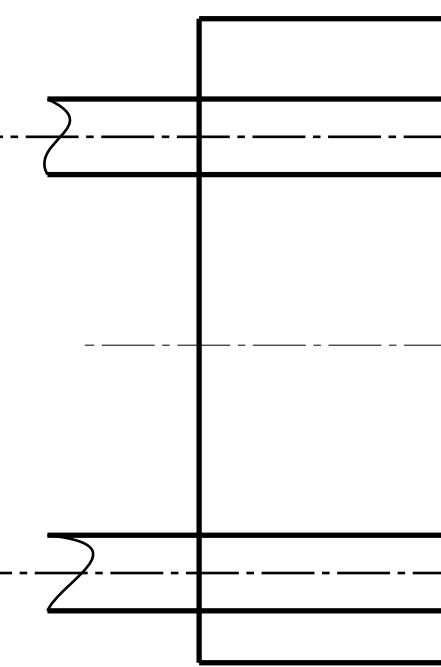
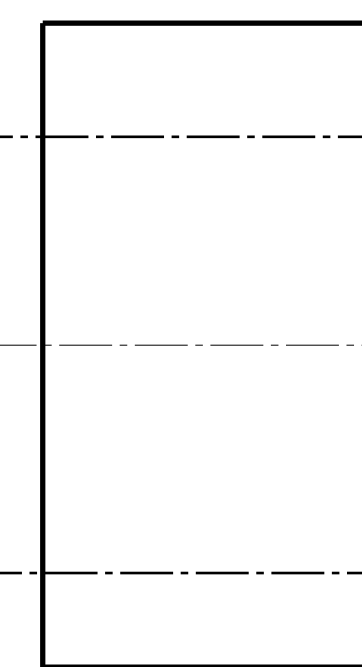
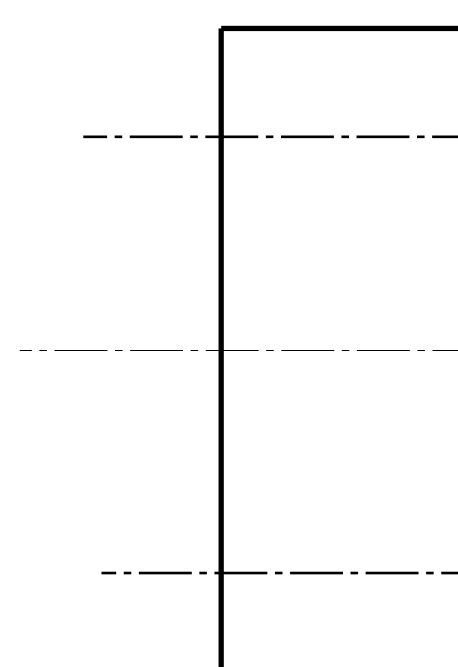
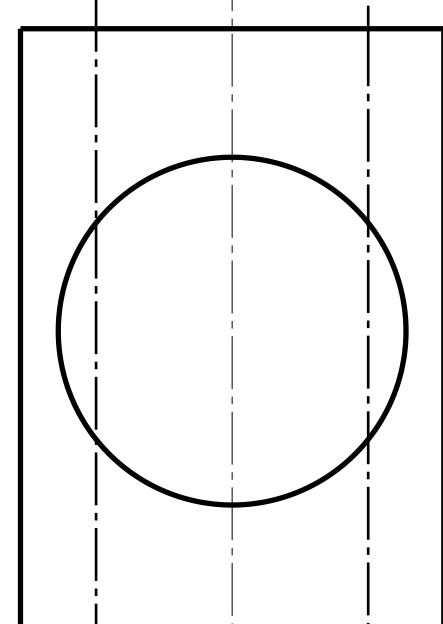
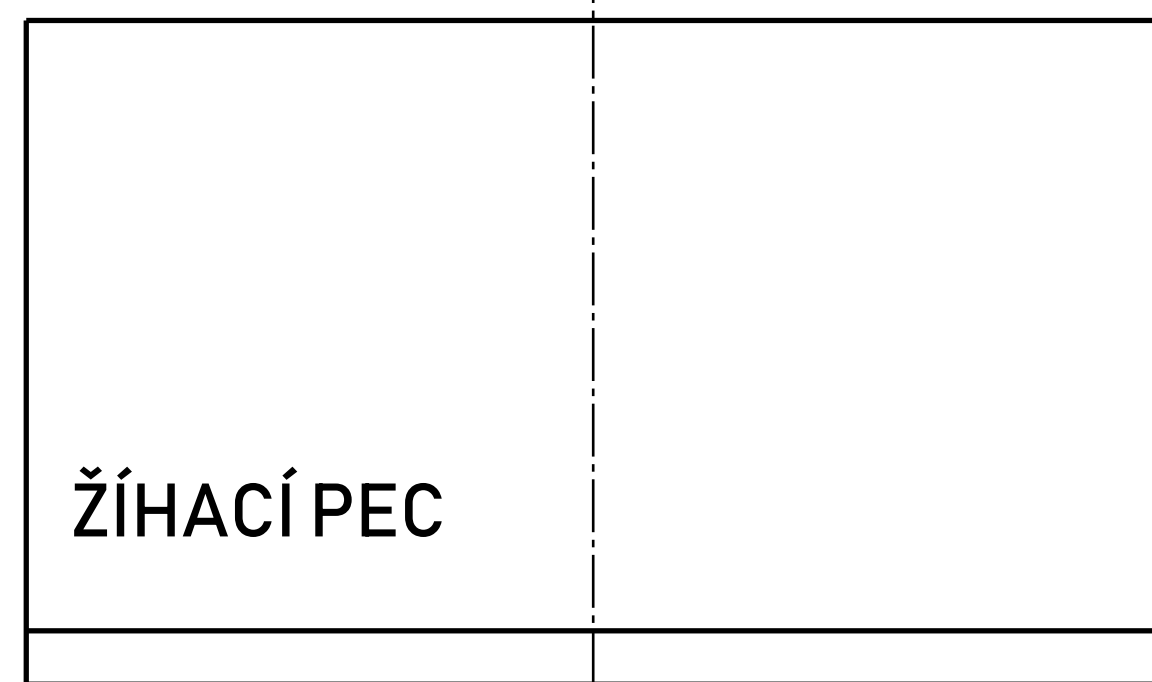
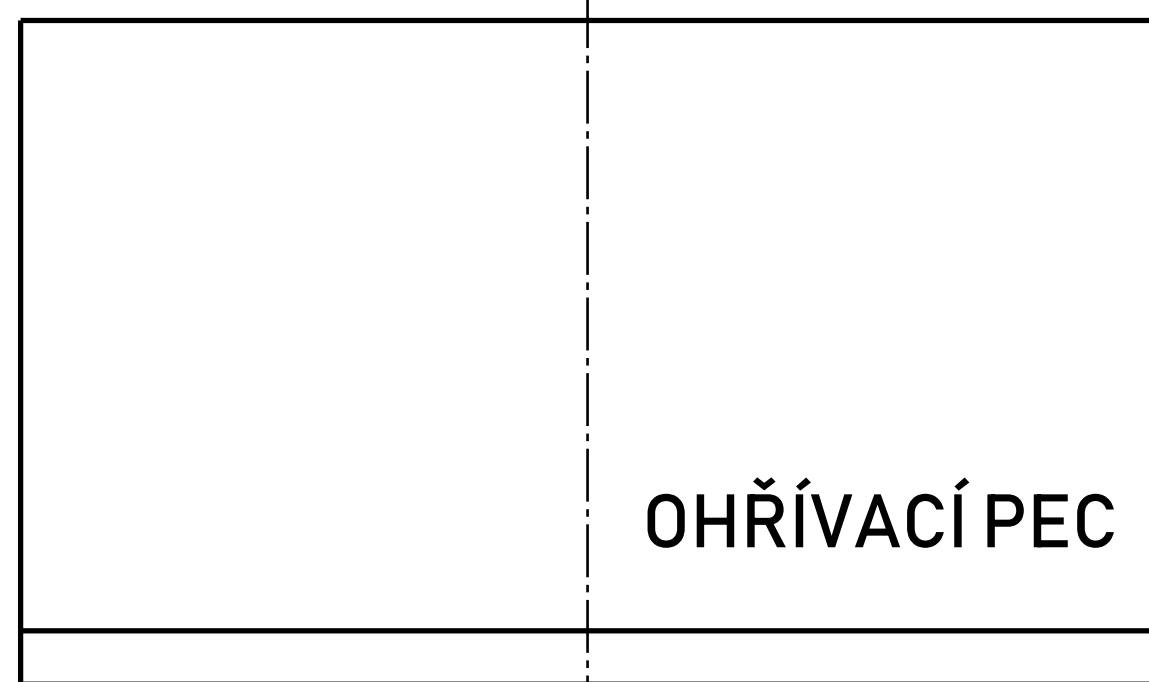
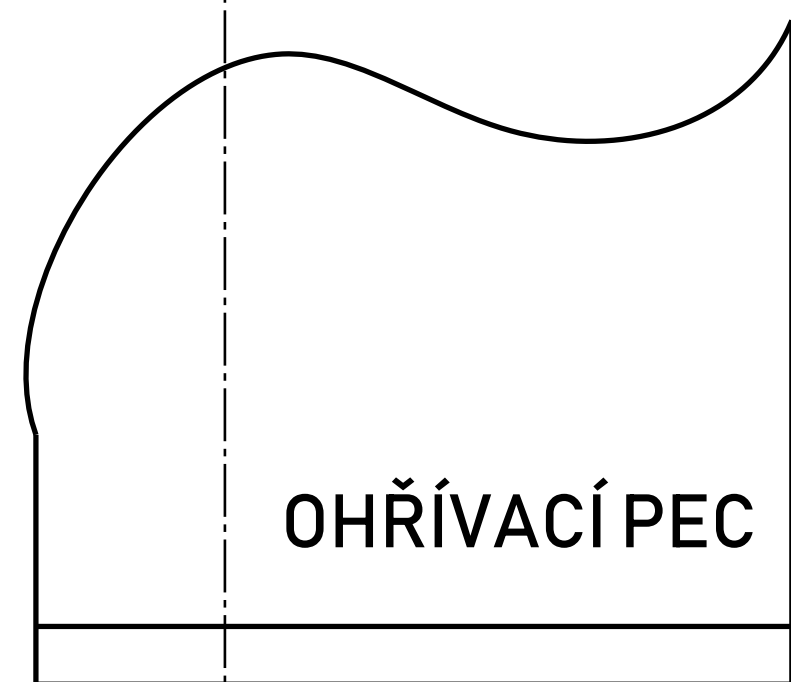
Front view
Scale: 1:10



Isometric view
Scale: 1:10



This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.		DASSAULT SYSTEMES			
DRAWN BY	DATE	DRAWING TITLE		OBROBEK RAMU	
K.Jaguláková	01.04.2019	SIZE	DRAWING NUMBER	REV	
CHECKED BY	DATE	A0	KKS - BP - 002	X	
XXX	xxx	SCALE 1:10	WEIGHT(kg) XXX	SHEET	1/1
DESIGNED BY	DATE				
XXX	xxx				



OHŘÍVACÍ PEC

OHŘÍVACÍ PEC

ŽÍHACÍ PEC

OHŘÍVACÍ PEC

12300

3000

17500

6450

22500

20000

2500

2000

3800

POJEZD MANIPULÁTORU, 25000

ŘÍZENÍ OBSLUŽNÉHO JERÁBU

ŘÍZENÍ KOVACÍHO MANIPULÁTORU

ŘÍZENÍ LISU A MANIPULÁTORU

JERÁB 160t

JERÁB 32t

This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.		DASSAULT SYSTEMES	
DRAWN BY K. Jačuláková	DATE 19.01.2010	DRAWING TITLE INTEGROVANÝ KOVACÍ SOUBOR	
CHECKED BY XXX	DATE XXX	SIZE A0	DRAWING NUMBER XXX
DESIGNED BY XXX	DATE XXX	SCALE 1:150	SHEET 1/1