

**UNIVERZITA PARDUBICE**  
**DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**2010**

**Bc. Vladimír Balog**

**Univerzita Pardubice**  
**Dopravní fakulta Jana Pernera**  
**Katedra dopravních prostředků**

**System ovládání řízení zadní nápravy experimentálního  
vozidla**

**Bc. Vladimír Balog**

**Diplomová práce**

**2010**

**Univerzita Pardubice**  
**Dopravní fakulta Jana Pernera**  
Akademický rok: **2009/2010**

**ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Vladimír BALOG**  
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**  
Studijní obor: **Dopravní prostředky – Silniční vozidla**  
Název tématu: **Systém ovládní řízení zadní nápravy  
experimentálního vozidla**  
Zadávací katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

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

- 1) Úvod
- 2) Mechanický koncept uspořádání
- 3) Principiální návrh elektroprojektu
- 4) Návrh realizace projektu
- 5) Výpočtová část
- 6) Ekonomická kalkulace
- 7) Závěr

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Vedoucí diplomové práce:

**doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.**

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání diplomové práce:

**26. února 2010**

Termín odevzdání diplomové práce:

**24. května 2010**

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně. Všechny použité zdroje uvádím v příloze.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji diplomovou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského práva, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 24.5.2010

Vladimír Balog

## Poděkování:

Rád bych poděkoval vedoucímu práce docentu Miroslavu Tesařovi, za rady při tvorbě této práce, Bc. Františkovi Hostýnkovi za zapůjčení grafického výpočetního programu, všem kolegům ze zaměstnání a v neposlední řadě rodině, která mě při tvorbě diplomové práce podporovala.

## **SOUHRN**

Diplomová práce řeší návrh ovládání řízení zadní nápravy experimentálního vozidla. Obsahuje rozbor problematiky natáčení kol zadní nápravy a druhy pohonů pro natáčení kol zadní nápravy. V práci jsou bloková schémata uspořádání jednotlivých částí s jejich popisem. Popisuje konkrétní komponenty vybrané pro ovládání kol zadní nápravy a výkresovou dokumentaci. Součástí práce je několik výpočtů použitých pro dimenzování vybraných komponent. V závěru je ekonomický rozbor projektu, jeho realizovatelnost a možnosti dalšího rozvoje.

Stran: 83      Obrázků: 52      Tabulek: 7      Příloh: 24      Grafů: 4      Publikací: 1

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

řiditelná zadní náprava, směrová stabilita, ABS, ESP, synchronní motor, servomotor, asynchronní motor, krokový motor

## **TITLE**

Steering system of rear axletree for experimental vehicle

## **ABSTRACT**

This thesis solves motion control of rear axle of the experimental vehicle. It includes analysis of the problems making the rear-wheel drive modes and types of mechanisms for making the rear wheels. In this work are block diagrams of individual parts with their description. It describes the specific components selected for controlling rear wheel and drawing documentation. The work of several calculations used for sizing the selected components. At the end of work is an economical analysis of the project, its feasibility and possibility of further development.

## **KEYWORDS**

steerable rear axletree, directional stability, ABS, ESP, synchronous motor, servomotor, asynchronous motor, step motor

## **OBSAH:**

ÚVOD.....	- 10 -
1. SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY .....	- 13 -
1.1 Mechanický systém ovládnání kol zadní nápravy .....	- 14 -
1.2 Elektrohydraulický systém ovládnání kol zadní nápravy .....	- 17 -
1.3 Elektrický systém ovládnání kol zadní nápravy .....	- 20 -
2. MECHANICKÝ KONCEPT USPOŘÁDÁNÍ .....	- 22 -
2.1 Specifikace vozidla .....	- 22 -
2.2 Blok „Řízení Z. N.“ – Řízení zadní nápravy.....	- 26 -
2.2.1 Pohon natáčení zadní nápravy .....	- 26 -
2.2.2 Převodovka natáčení zadních kol.....	- 27 -
2.2.3 Kloubový hřídel .....	- 27 -
3. PRINCIPIÁLNÍ NÁVRH ELEKTRO PROJEKTU .....	- 29 -
3.1 Snímač rychlosti.....	- 29 -
3.2 Snímač úhlu natočení volantu .....	- 30 -
3.3 Snímač stáčivé rychlost a bočního zrychlení vozidla .....	- 31 -
3.4 PLC.....	- 32 -
3.5 HMI .....	- 32 -
3.6 Pohon a jeho řízení.....	- 33 -
3.6.1 Servomotor.....	- 33 -
3.6.2 Asynchronní motor .....	- 35 -
3.6.3 Krokový motor.....	- 39 -
3.7 Záložní zdroj .....	- 42 -
4. NÁVRH REALIZACE PROJEKTU .....	- 43 -
4.1 Funkce navrhovaného systému řízení zadní nápravy .....	- 43 -
4.2 Programovatelné režimy řízení zadní nápravy v servisním módu.....	- 43 -
4.2.1 Lineární režim .....	- 44 -
4.2.2 Nelineární režim.....	- 46 -

4.2.3 Skokový režim .....	- 50 -
4.2.4 Interpolační režim .....	- 52 -
4.3 Elektro – konkrétní komponenty.....	- 55 -
4.3.1 Servomotor SmartStep2 R88M-G40030H-BS2 .....	- 55 -
4.3.2 Driver R7D-BP04H.....	- 56 -
4.3.3 Měnič napětí HQ 12V/230V 1000W .....	- 57 -
4.3.4 PLC - CP1H-XA40DT1-D .....	- 58 -
4.3.5 HMI - NQ5-SQ-000B .....	- 59 -
4.3.6 Snímače .....	- 60 -
4.3.7 Záložní zdroj .....	- 62 -
4.4 Mechanika – konkrétní komponenty.....	- 63 -
4.4.1 Šneková převodovka .....	- 63 -
4.5 Výkresová dokumentace .....	- 64 -
5. VÝPOČTOVÁ ČÁST NÁVRHU .....	- 65 -
5.1 Měření momentu potřebného pro natočení kol zadní nápravy .....	- 65 -
5.2 Výpočet potřebného momentu .....	- 65 -
5.3 Výpočet držáku pohonu natáčení zadní nápravy .....	- 66 -
5.4 Výpočet záložního zdroje.....	- 74 -
6. EKONOMICKÝ ROZBOR .....	- 75 -
7. ZÁVĚR.....	- 76 -
SEZNAM TABULEK:.....	- 79 -
SEZNAM OBRÁZKŮ: .....	- 79 -
SEZNAM GRAFŮ:.....	- 81 -
SEZNAM INFORMAČNÍCH ZDROJŮ: .....	- 81 -
SEZNAM PUBLIKACÍ: .....	- 82 -
SEZNAM PŘÍLOH: .....	- 82 -
SEZNAM PŘÍLOH: .....	- 83 -

## ÚVOD

První snaha zlepšit jízdní vlastnosti vozidla se datuje od roku 1936. Systém byl použit u lehce pancéřovaných průzkumných vozidel typu SdKfz 231 8-rad vyráběných firmou Büssing. Důvodem bylo zlepšení obratnosti vozidla v terénu při průzkumné činnosti. Podvozek byl původně určen pro těžký terénní nákladní automobil, který měl nezávislé zavěšení všech 8 kol. Čtyři nápravy byly říditelné tak, že dvě přední a dvě zadní byly mezi sebou navzájem propojeny. Vozidlo bylo osazeno dvěma posty pro řidiče. Jeden pro jízdu vpřed, jeden pro jízdu vzad. Vzájemné natáčení přední „dvojnápravy“ a zadní „dvojnápravy“ umožňovalo polohování jak souhlasné, tak nesouhlasné. Vzájemná komunikace mezi „dvojnápravami“ byla tedy založena především na veliteli vozu.

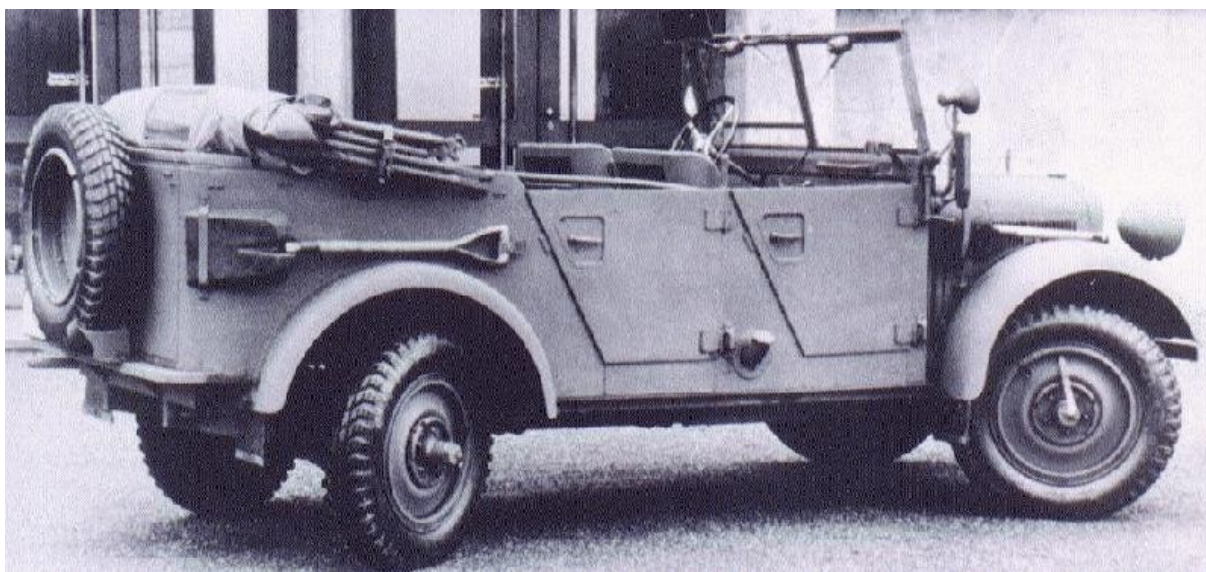


**Obrázek 1: Obrněné průzkumné vozidlo SdKfz 231 8-rad**

Koncem 30. let 20. století Mercedes-Benz představil vůz 170 VL (Vierradlenkung = „řízení všech čtyř kol“). Vozidlo bylo určeno pro lesníky a umožňovalo pouze nesouhlasné natáčení kol zadní nápravy vůči kolům přední nápravy. Armáda používala podobnou verzi tohoto vozu avšak pod názvem Mercedes-Benz G5.



**Obrázek 2: Mercedes-Benz 170 VL**



**Obrázek 3: Štábní vozidlo Mercedes-Benz G5**

Později, tedy koncem 80. let 20. století bylo cílem zlepšit i jízdní a směrovou stabilitu. Neboli dynamickou říditelnost při vyšší rychlosti, změně jízdního pruhu, předjíždění nebo zatáčení velkou rychlostí. Při takovéto jízdě může nesouhlasné natočení kol způsobit směrovou nestabilitu.

Souhlasné natáčení kol zadní nápravy bylo koncem 80. let 20. století realizováno pasivně. Kola zadní nápravy se natáčela souhlasně s koly přední nápravy v závislosti na změně svislého zatížení. Elastokinematické zavěšení kol umožňovalo velmi malé souhlasné natočení zadních kol nezávisle na vůli řidiče. Nevýhodou tohoto systému bylo natočení kol zadní nápravy i při přejezdu nerovnosti. Což směrovou stabilitu spíše zhoršovalo.

Na zlepšování jízdních vlastností a směrové stability mají vliv i systémy ovlivňující blokování a prokluz kol. V roce 1936 byl patentován systém s názvem „Zařízení k zabránění silného brzdění kol motorového vozidla“. Lze se domnívat, že to byl předchůdce dnešního ABS, který našel uplatnění až v roce 1978 s rozvojem elektronického řízení. Pro zabránění prokluzu kol při akceleraci byl vyvinut systém ASR. Spojením systémů ABS, ASR a elektronického řízení motoru vznikl elektronický stabilizační program, jinak také ESP.

Potřeba zlepšení manévrovatelnosti při pomalé rychlosti a směrové stability při vysoké rychlosti dala podnět k vyvinutí aktivního systému, který by umožňoval jak souhlasné, tak i nesouhlasné natáčení kol zadní nápravy podle aktuální rychlosti.

Na katedře dopravních prostředků a diagnostiky je dokumentován projekt stavby experimentálního vozidla určeného pro výzkum jízdních vlastností se zaměřením na směrovou stabilitu. Protože jeho koncepce je řešena tak, že může být řízená i zadní náprava, zvolil jsem za téma mé diplomové práce návrh systému řízení zadní nápravy pro toto vozidlo. S možností dalšího vývoje elektronického stabilizačního programu pomocí natáčení kol zadní nápravy.

## 1. SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY

System řízení všech kol má své opodstatnění. Při rychlostech do 40 km/h (může se lišit) se protisměrným natáčením kol zadní nápravy vůči přední (v určitém poměru) zmenšuje poloměr otáčení a zlepšuje se tak obratnost vozidla. Pokud vozidlo rychlost 40 km/h překročí, natáčí se kola zadní nápravy souhlasně s koly přední nápravy (opět v určitém poměru) a zlepšuje se tak směrová stabilita při jízdě zatáčkou, změně jízdního pruhu nebo při vyhýbacím manévru.

Řízenou zadní nápravu v minulosti díky své ceně a poruchovosti nebylo možné prosadit, proto od jejího vývoje, během 25 let, automobilky postupně upustily. Během této doby byly vyvinuty různé systémy řízení kol zadní nápravy, z nichž některé doposud používají například Renault nebo Infinity.



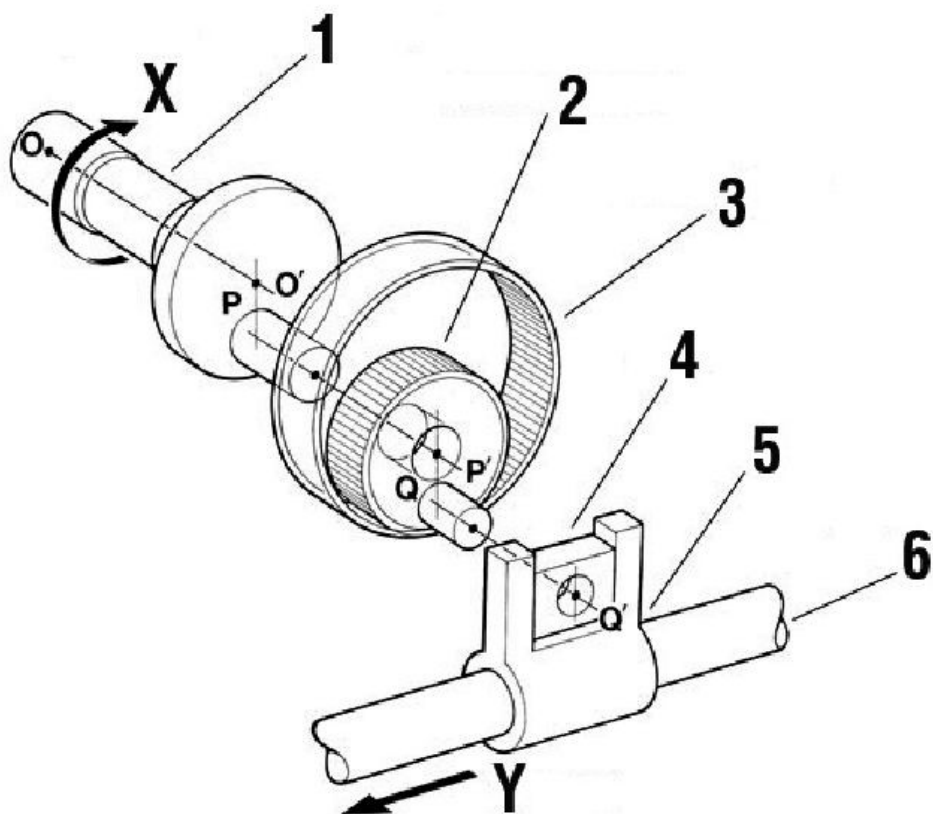
Obrázek 4: Říditelná zadní náprava Honda Prelude 4WS

### ***1.1 Mechanický systém ovládní kol zadní nápravy***

První sériový vůz s mechanicky říditelnými koly zadní nápravy nabídla v roce 1978 automobilka Honda u modelu Prelude s označením 4WS. Přední převodka řízení byla mechanicky propojena se zadní převodkou řízení kloubovým spojovacím hřídelem. Ze zadní převodky řízení pak vedly k zadním kolům řídicí tyče.



**Obrázek 5: Nesouhlasné ntočení kol zadní nápravy Honda Prelude 4WS**



Obrázek 6: Schéma zadní převodky řízení Honda Prelude 4WS

X ... vstupní pohyb

1 ... excentrický hřídel

2 ... otočné planetové kolo

3 ... pevný planetový věnec

4 ... smýkadlo

5 ... vedení smýkadla

6 ... řídicí tyč

Y ... výstupní pohyb

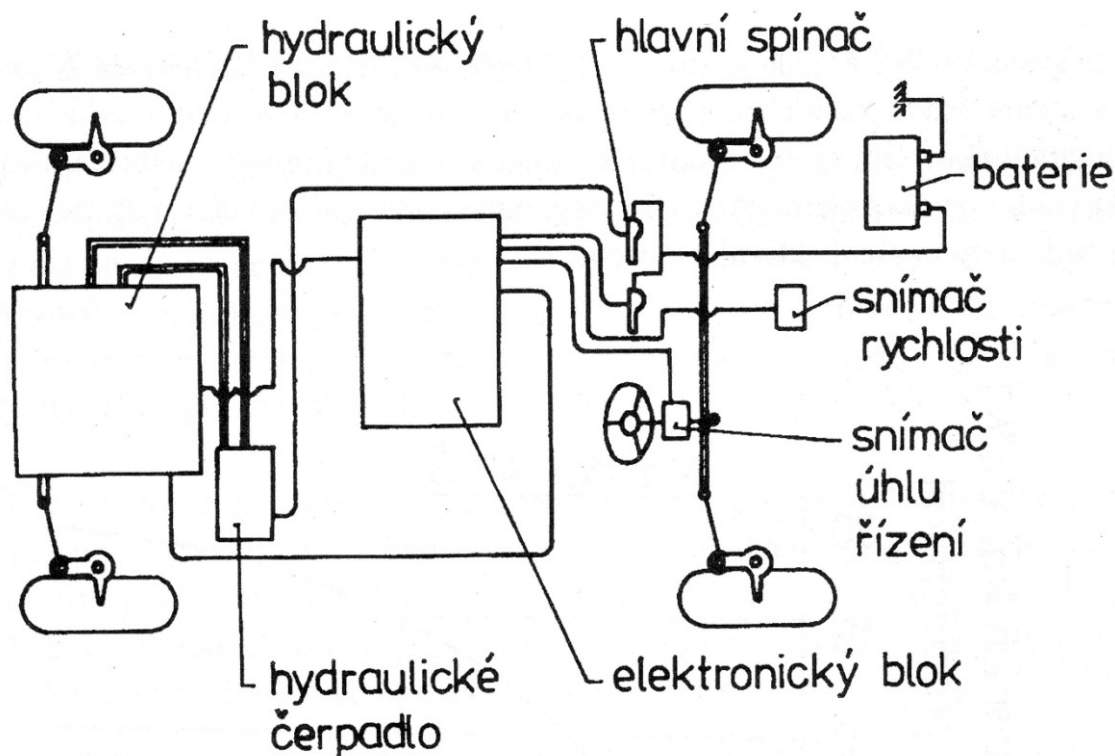
Osa O-O' se mírně otočí doprava (smysl natočení kol přední nápravy). Otočné planetové kolo se bude excentricky pohybovat v pevném planetovém věnci ve směru hodinových ručiček. Osa Q-Q' se posune nahoru (umožní smýkadlo) a vlevo (natočí kola zadní nápravy vpravo). Kola zadní nápravy se tímto způsobem natočí maximálně o  $1,7^\circ$  (suhlasné natáčení kol). Pokud se bude osa O-O' dále natáčet doprava, změní se vodorovný

pohyb osy Q-Q' vpravo (natočí kola zadní nápravy vlevo). Dojde tedy k nesouhlasnému natáčení kol zadní nápravy vůči přední. Maximální rejď kol zadní nápravy je 5°.

Později, s nástupem elektronické řídicí jednotky, byl systém inovován a mechanické ovládání bylo nahrazeno elektromotorem. Řídicí jednotka pak na základě elektrických signálů (natočení volantů, rychlost vozidla, otáčky kol, atd.) dávala povely, jakým směrem a o kolik stupňů mají být kola zadní nápravy natočena.

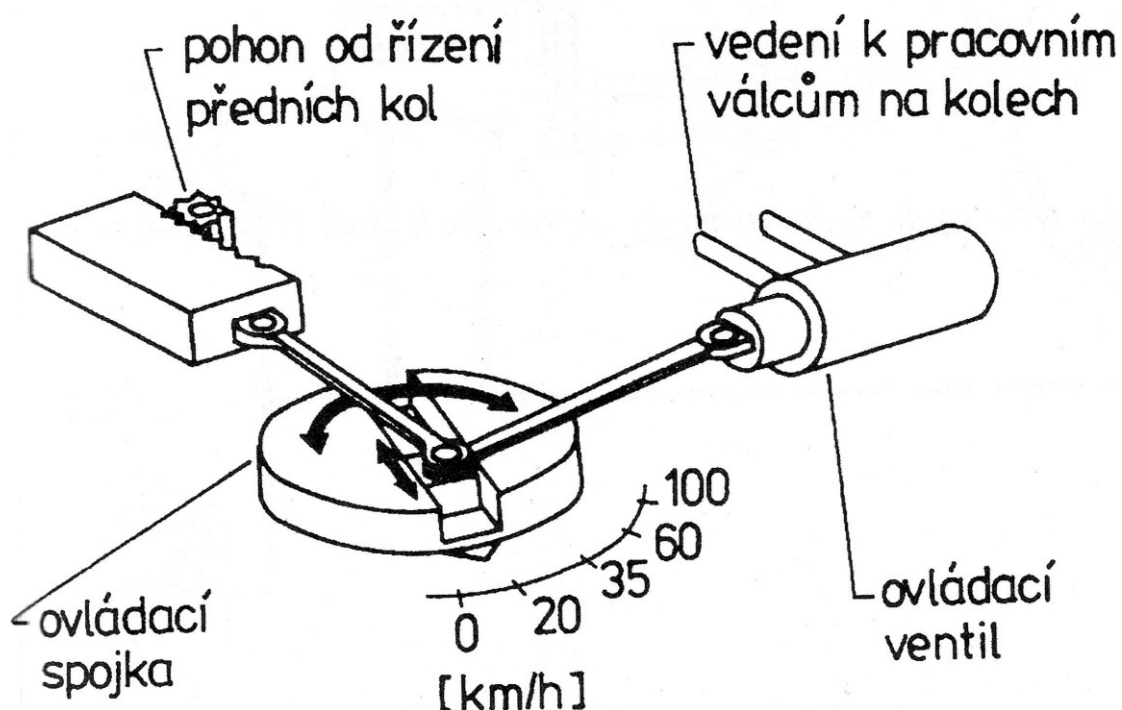
## 1.2 Elektrohydraulický systém ovládní kol zadní nápravy

Ve stejném období automobilka Mazda využila k natáčení kol zadní nápravy elektrohydraulický systém. Řízení kol zadní nápravy probíhalo v závislosti na rychlosti jízdy vozidla a úhlu natočení volantu. Do rychlosti 35 km/h se kola zadní nápravy natáčela nesouhlasně vůči přední nápravě. Nad tuto rychlost byla kola zadní nápravy natáčena souhlasně s koly předními.



Obrázek 7: Schéma elektrohydraulického systému řízení zadních kol Mazda

Na obrázku 7 je schématicky znázorněno uspořádání hlavních komponent elektrohydraulického systému řízení zadní nápravy Mazda. Pokud bychom tento systém porovnali s inovovaným elektronickým systémem Honda, budou se teoreticky lišit pouze v akčním členu. Ostatní komponenty, jako jsou snímač rychlosti, snímač natočení úhlu volantu, elektronická řídicí jednotka, atp. zůstávají „stejně“.



**Obrázek 8: Schéma hydraulického bloku řízení zadních kol vozidla Mazda 626**

Pohon od řízení kol spolu s natočením ovládací spojky (podle rychlosti jízdy vozidla) určil polohu táhla ovládacího ventilu. Ovládací ventil pak dávkoval množství pracovního média k pracovním válcům na kolech.

Nissan pod názvem „HICAS“ používá elektrohydraulický systém ovládní kol zadní nápravy. Při vysokých rychlostech dva hydraulické válce působí na kyvadlovou úhlovou nápravu v oblasti jejího uložení a natáčí kola zadní nápravy o  $\pm 0,5^\circ$ . Hlavním parametrem určujícím smysl a velikost vychýlení kol zadní nápravy je velikost příčného zrychlení vozidla. K natočení kol zadní nápravy může dojít i v případě, že se nenatočí kola přední nápravy. To je vhodné zejména při působení bočního větru na vozidlo. Pro zlepšení manévrovatelnosti při pomalé jízdě systém obsahuje ještě jeden hydraulický válec, který natáčí kola zadní nápravy nesouhlasně. Maximálně však o  $7^\circ$ .

Mitsubishi Sigma má řízení kol zadní nápravy pouze ve stejném smyslu o  $1,5^\circ$  s koly přední nápravy. K natáčení kol zadní nápravy dochází pouze při rychlostech vyšších než 50 km/h z důvodu zvýšení jízdní stability při vysokých rychlostech. Spojení řízení předních a zadních kol je pomocí hydraulické soustavy. Při poruše se pružinou obsaženou v ovládacím

hydraulickém válci nastaví střední poloha natočení kol zadní nápravy. Vozidlo se pak chová jako bez říditelné zadní nápravy.

Prototyp Citroen Activa z roku 1988 umožňuje natáčení každého kola zvlášť pomocí elektronicky řízených hydromotorů. Řídící jednotka vyhodnocuje informace o velikosti úhlu natočení volantu, rychlosti jeho natočení, rychlosti jízdy, příčném zrychlení a úhlové rychlosti stáčení kolem svislé osy. Řidič pak udává směr pohybu vozidla volantem otočným maximálně o  $\pm 60^\circ$ .

Automobilka BMW vyvinula systém AHK (aktivní kinematika zadní nápravy). Tento elektrohydraulický systém získává pro natáčení kol zadní nápravy informace o úhlu natočení volantu a rychlosti jízdy. Korekce potom probíhají závisle na velikosti směrové úchyly těžiště vozidla a s ní souvisejícím bočním zrychlením. Zdrojem energie je radiální pístové čerpadlo poháněné motorem. Jako záložní zdroj je využit tlakový zásobník pracovního média.

Alternativou AHK je systém EHL. Jedná se o elektromechanické ovládání řízení zadních kol. Systém EHL nemá hydraulické vedení pracovního média ani hydraulické akční členy. Tím pádem odpadá možnost vzniku netěsností. Snímače přitom zůstávají stjené.

### ***1.3 Elektrický systém ovládaní kol zadní nápravy***

Volkswagen FUTURA je vozidlo se všemi říditelnými koly vyrobené v roce 1989 pro výzkumné účely. Používá snímač rychlosti vozidla, úhel natočení volantu a snímač stáčivé rychlosti. Řídící jednotka pak „ideální“ hodnotu stáčivé rychlosti porovnává s aktuální a podle toho je vyhodnoceno jakou velikostí a smyslem mají být kola zadní nápravy natočena.

Pro lepší obratnost při automatickém parkování je systém FUTURY rozšířen o elektronicky ovládané řízení přední nápravy, má širší rozsah natáčení kol zadní nápravy a množství parkovacích senzorů. Volantová tyč přední nápravy je při parkování poháněna elektromotorem přes ozubený řemen a volant je odpojen pomocí elektromagnetické spojky. Rozsah úhlu natočení zadní nápravy je zvětšen na 40°.



**Obrázek 9: Volkswagen Futura**

Dnes se, díky stále se zvyšujícím jízdním výkonům, komfortu a bezpečnosti, opět některé automobilky k aktivnímu systému řízení zadní nápravy vrací. Vozidlo Renault Laguna GT používá k natáčení kol zadní nápravy elektrický systém se servomotorem. Do rychlosti 60 km/h jsou kola zadní nápravy natáčena až o 3,5° nesouhlasně s koly přední nápravy a to pouze při pohybu vozidla. O stejný úhel jsou kola natáčena souhlasně při rychlostech nad 60 km/h. Ve sloupku řízení se nachází snímač úhlu natočení volantu. Prostřednictvím sítě CAN jsou informace vyhodnocovány v řídicí jednotce. Ta zaznamenává rychlost vozidla a signály ze systémů ABS a ESP. Řídicí jednotka porovná data, vyhodnotí jízdní situaci. Poté dá pokyn akčnímu členu k natočení zadních kol. V závislosti na rychlosti jízdy a stavu vozidla se kola zadní nápravy otáčejí ve stejném nebo opačném smyslu s předními koly. Reakční schopnost systému je 10 ms.

## 2. MECHANICKÝ KONCEPT USPOŘÁDÁNÍ

### 2.1 Specifikace vozidla

S výzkumem jízdní stability vozidla se všemi říditelnými koly, kterým se zabývá katedra dopravních prostředků, vznikla i první myšlenka, vytvořit experimentální vozidlo. Bylo to zejména pro ověření výsledků získaných počítačovou simulací.

Na základě návrhu diplomové práce a ve spolupráci se Střední školou automobilní v Holicích byla zahájena výroba rámu experimentálního vozidla.

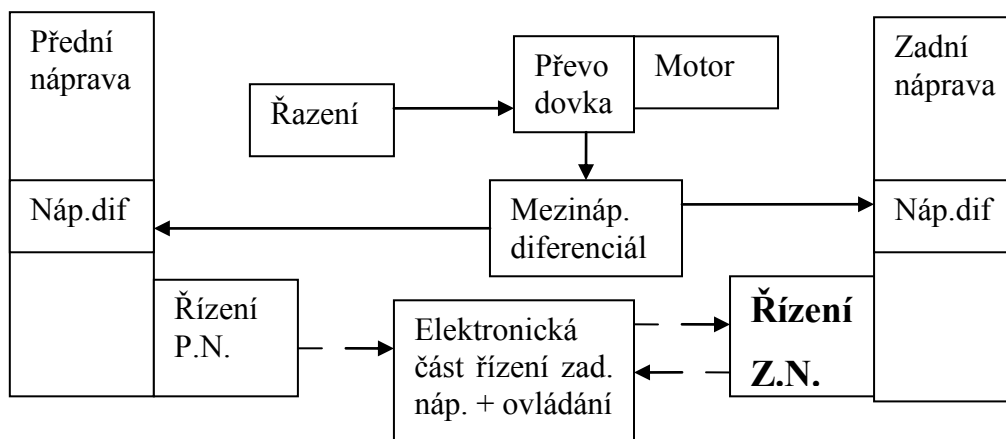
Hlavní skupiny experimentálního vozidla tvoří díly Škody Fabia. Aby bylo možné natáčet i kola zadní nápravy, byla pro tento účel použita náprava přední. Přední i zadní náprava na experimentálním vozidle mají tedy totožné parametry.



Obrázek 10: Nesouhlasné natočení kol experimentálního vozidla

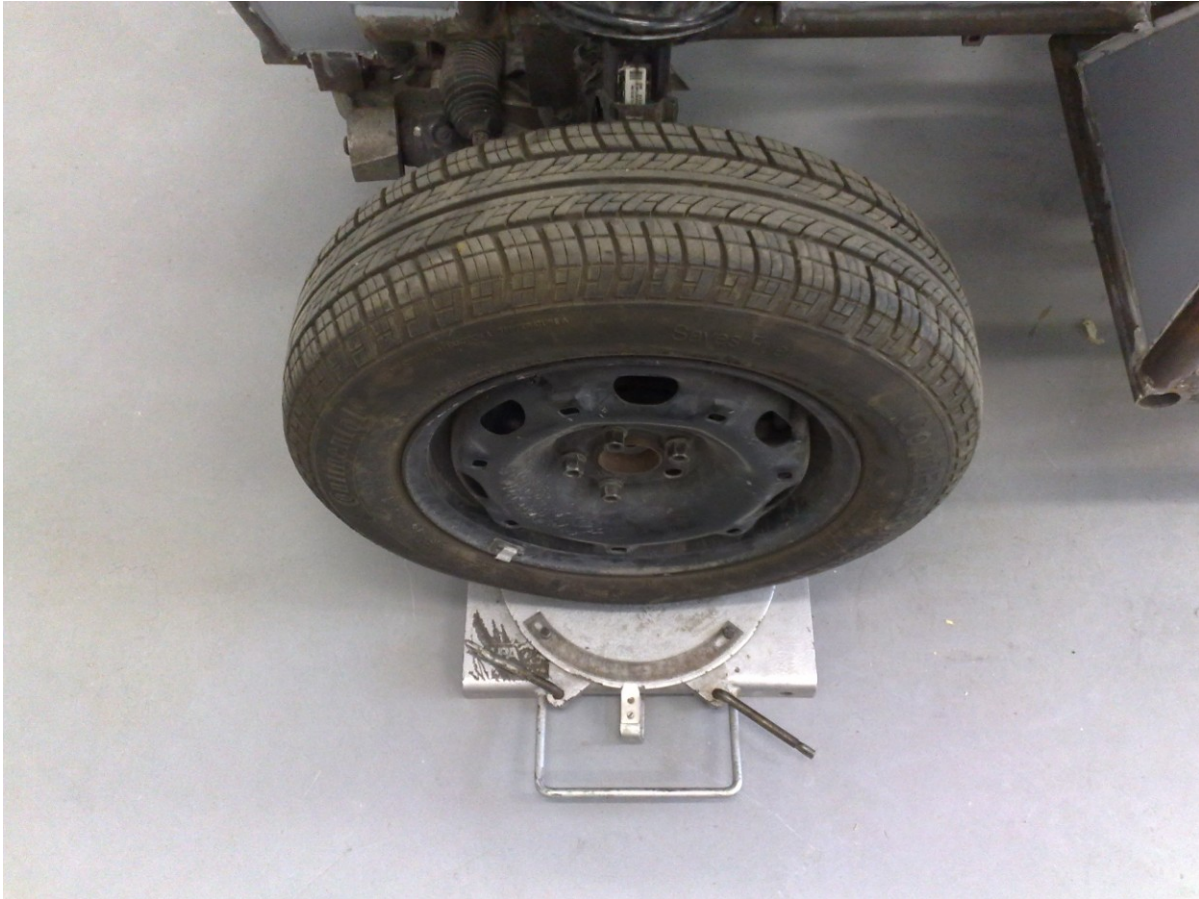


**Obrázek 11: Souhlasné natáčení kol experimentálního vozidla**



**Obrázek 12: Blokové schéma mechanického uspořádání na vozidle**

Na obrázku 12 je schématicky znázorněna koncepce vozidla. Motor je uložený vzadu podélně a pohání obě nápravy vozidla. Původní diferenciál byl použit jako diferenciál mezinápravový. Z něj je hnací moment veden hnacími hřídeli do nápravových rozvodovek s diferenciály přední a zadní nápravy. Nápravové rozvodovky s diferenciály jsou vyrobené na zakázku firmou TOS Znojmo.

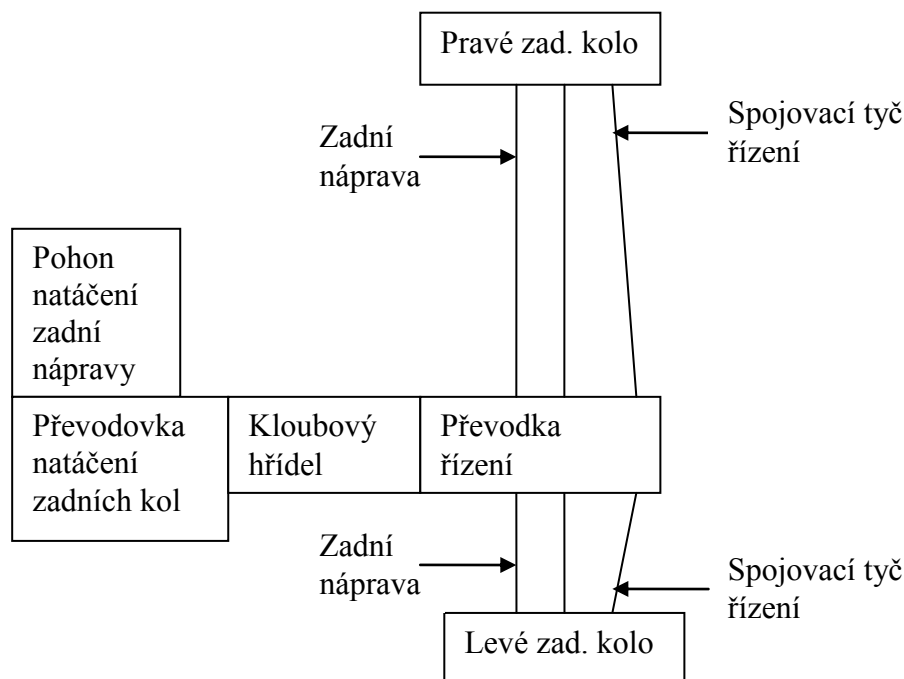


**Obrázek 13: Otočná deska s úhlovou stupnicí**

K natočení kol do plného rejdu je třeba otočit hřídelí převodky řízení o  $540^\circ$ . V plném rejdu je vnitřní kolo natočeno o  $40^\circ$  a vnější kolo o  $32^\circ$ . Natočení volantů o  $13,5^\circ$  tedy odpovídá natočení kol o  $1^\circ$ . Tyto hodnoty jsem změřil na otočných deskách s úhlovou stupnicí viz. obrázek. Vozidlo bylo přizvednuto a pod každé kolo jedné nápravy jsem vložil zaaretovanou otočnou desku. Vytažením kolíků jsem odaretoval otočnou desku, vynuloval stupnici a otáčením hřídele převodky řízení změřil výše zmiňované úhly. Vozidlo se tedy při souhlasném natáčení může pohybovat do strany až o  $40^\circ$  od podélné svislé roviny vozidla.

## 2.2 Blok „Řízení Z. N.“ – Řízení zadní nápravy

Dále bude popsána část schématu z obrázku 12 podstatná pro řízení zadní nápravy. Podkapitoly popisují jednotlivé komponenty s jejich vlastnostmi, které by mohly být použity pro natáčení zadní nápravy. Popis se týká především mechanických parametrů.



Obrázek 14: Schéma bloku "Řízení zadní nápravy"

### 2.2.1 Pohon natáčení zadní nápravy

Pohon řízení zadní nápravy je akční člen řízený řídicí jednotkou. Musí splňovat hodnoty kroutícího momentu potřebné pro natočení kol i při stojícím vozidle při plném zatížení. Dalším požadavkem je plynulost a přesnost pohybu při nízké energetické náročnosti. Kmity říditelné zadní nápravy se nesmí přenášet na pohon a nesmí se změnit poloha rotoru.

### *2.2.2 Převodovka natáčení zadních kol*

V případě, že by pohon nevyhovoval kroutícím momentem pro pohon převodky řízení přímo, je nutné uvažovat převodovku vloženou mezi pohon a převodku řízení.

V úvahu by mohla připadnout převodovka s přímým čelním ozubením pro svoji vysokou účinnost (cca 90%) přenosu kroutícího momentu. Tento převod by umožnil zmenšit pohon řízení zadní nápravy a tím snížit jeho cenu a energetickou náročnost. Nevýhodou je, že účinnost přenosu kroutícího momentu je přibližně stejná jak ve směru ze vstupu na výstup, tak ve směru z výstupu na vstup. To znamená, že by se kmity mohly nepříznivě přenášet na pohon a přetížit ho.

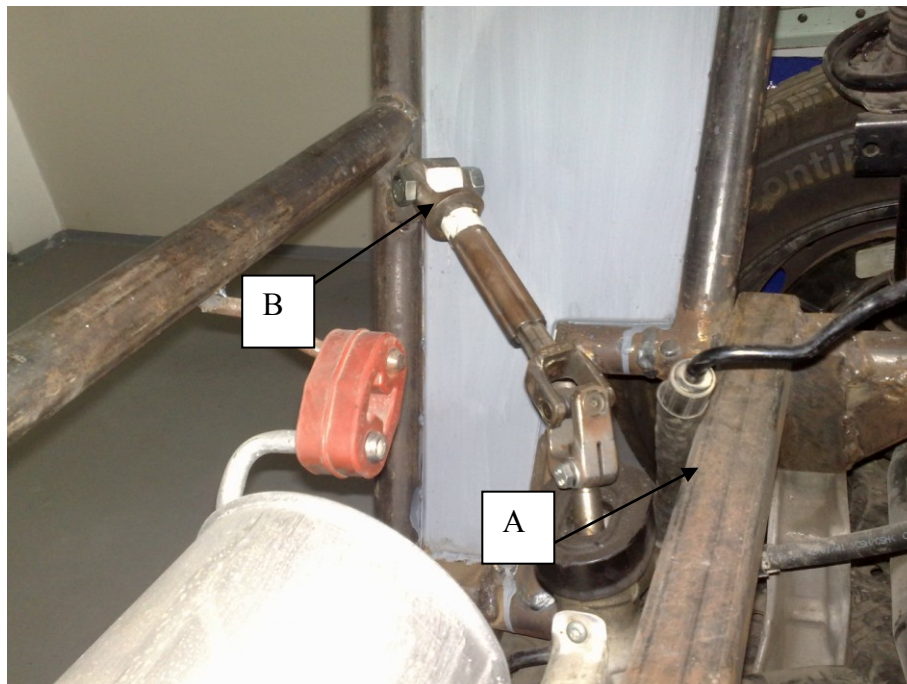
Druhou alternativou je použití šnekového převodu. Šnekový převod eliminuje nevýhodu přímého převodu. Účinnost přenosu kroutícího momentu ze vstupu na výstup je 60%. To vyžaduje (v porovnání s převodovkou s přímým ozubením) buď stejný výkon pohonu a větší převod nebo stejný převod a větší výkon pohonu. Velkou výhodou je účinnost přenosu kroutícího momentu z výstupu na vstup. Tato činí pouze 36% a zaručí minimální přenos kmitů od říditelných kol zadní nápravy k pohonu.

### *2.2.3 Kloubový hřídel*

Hřídel převodky řízení je skloněna ve dvou rovinách od roviny rámu vozidla teoreticky vhodné pro umístění pohonu řízení zadní nápravy viz. obrázky 15 a 16. Pro tento případ bude nutný kloubový hřídel se dvěma zalomeními. Vzhledem k tomu, že je tento projekt doplňkový, bude nejspíš vhodný takový hřídel, který umožní i axiální prodloužení. Eliminují se tak případné nepřesnosti při výrobě a montáži.



**Obrázek 15: Zadní převodka řízení experimentálního vozidla**

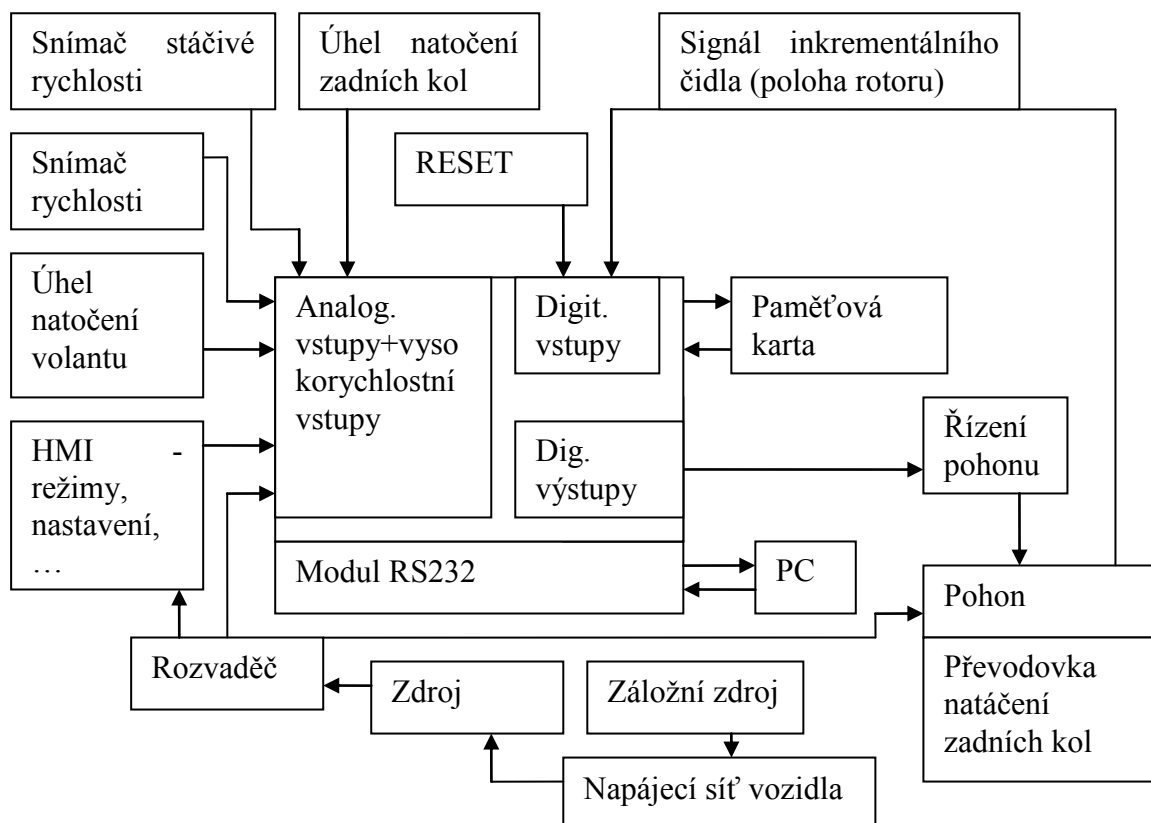


**Obrázek 16: Umístění pohonu natáčení zadní nápravy a fixovaný kloubový hřídel**

Popisek „A“, z obrázku 16, označuje možnou polohu umístění komponent pro řízení kol zadní nápravy. Popisek „B“, z téhož obrázku, ukazuje fixovaný kloubový hřídel na rám vozidla. Pokud bude použit tento díl, bude nutná úprava jeho horního konce pro připojení na pohon natáčení zadní nápravy.

### 3. PRINCIPIÁLNÍ NÁVRH ELEKTRO PROJEKTU

V dalším textu je můj schématický obrázek obsahující komponenty potřebné pro elektronické ovládání řízení zadní nápravy. Pod schématem jsou další podkapitoly s popisem jednotlivých bloků.



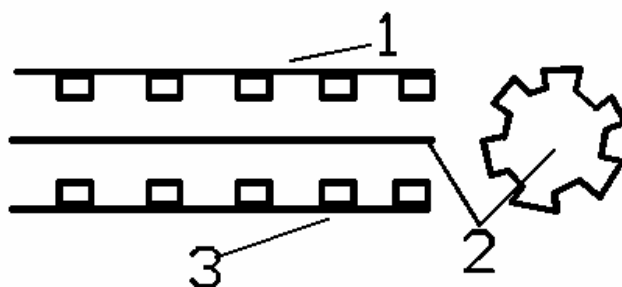
Obrázek 17: Blokové schéma uspořádání elektro komponent (elektronická část řízení zadní nápravy)

#### 3.1 Snímač rychlosti

Rychlost lze snímat pomocí snímače ABS, vlečeného kola nebo indukčním snímačem, který snímá počet impulsů za sekundu na prvku, který má závislost na rychlosti jízdy. Může to být na vozidlovém kole nebo například na hnací hřídeli.

### 3.2 Snímač úhlu natočení volantu

Ke zjištění polohy volantu lze použít Hallova jevu. Snímač se skládá z krytu s permanentními magnety (1), kódovacího kotouče (2) a desky s plošnými spoji s Hallovy snímači (3).



Obrázek 18: Princip Hallova snímače úhlu natočení volantu

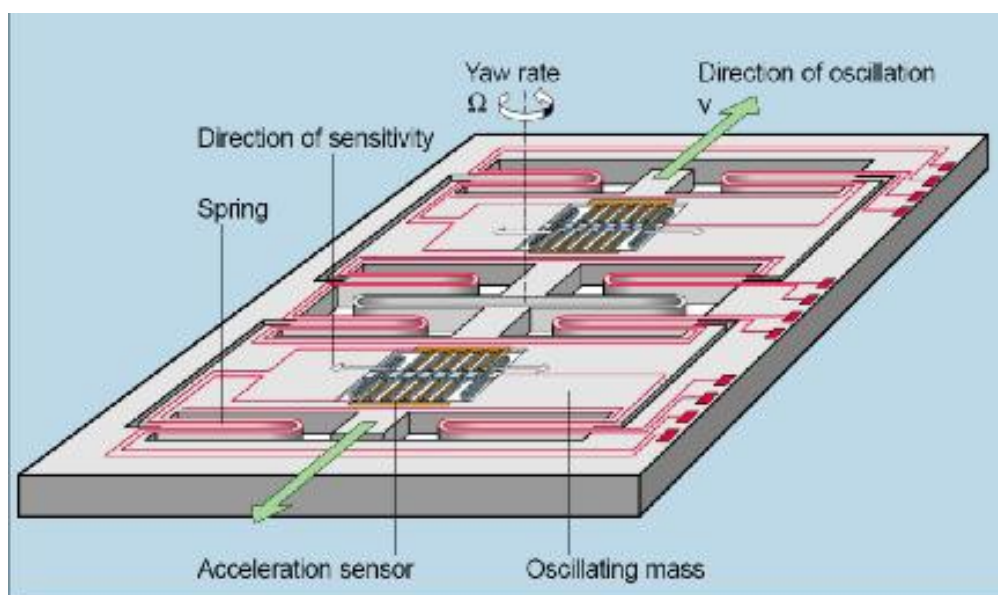
Na 9 Hallovy snímačů působí permanentní magnety. Mezi snímači a permanentními magnety se pohybuje kovový kotouč spojený s hřídelí volantu. Při otáčení volantu dochází střídavě k přerušování magnetického pole a změnám na Hallovy snímačích. Tyto změny dále vyhodnocuje řídicí jednotka. Ve snímači je ještě 5 Hallovy snímačů registrujících otáčku, která je pomocí převodu 4:1 (do pomala) převedena do jednoznačného rozsahu 360°.

### 3.3 Snímač stáčivé rychlosti a bočního zrychlení vozidla

Snímač stáčivé rychlosti se snímačem bočního zrychlení zaznamenává otáčivý pohyb vozidla okolo jeho svislé osy při zatáčení nebo při vybčování vozidla při smyku. Tyto přístroje se označují jako pyrometry (gyroskopické přístroje).

Tento snímač je založen na Coriolisově principu. Snímání stáčivé rychlosti se zakládá na tom, že v pohyblivém systému vznikají přídavné síly (Coriolisovy síly). Coriolisova (setrvačná) síla působí na tělesa pohybující se v rotující neinerciální vztažné soustavě tak, že se mění jejich vzdálenost od osy otáčení. Směr Coriolisovy síly je kolmý ke spojnici těleso - osa otáčení. Síla způsobí stáčení trajektorie tělesa proti směru otáčení soustavy. Jedná se o zdánlivou sílu.

Snímání zrychlení je prováděno pomocí kapacitní změny v mikromechanické struktuře.



Obrázek 19: Schéma snímače stáčivé rychlosti a bočního zrychlení

Spring – pružina

Direction of sensitivity – směr citlivosti

Yaw rate – stáčivá rychlost

Direction of oscillation – směr kmitání

Oscillating mass – kmitající těleso

### 3.4 PLC

Je to průmyslový počítač. Zkratka PLC znamená: „programovatelný logický automat“. Používá se pro automatizaci procesů v reálném čase. PLC vykonává program v cyklech. Jeho periférie jsou přímo uzpůsobeny na technologické procesy. Periférie nebo také moduly jsou digitální vstupy a výstupy (převažují), analogové vstupy a výstupy pro zpracování spojitých signálů. K PLC je možné připojit další moduly. Například funkční moduly používané pro polohování, komunikační procesory pro sběr a přenos dat (RS232).

### 3.5 HMI



Obrázek 20: Dotykový displej "HMI"

Tato zkratka znamená „Human-machine Interface“ neboli rozhraní mezi uživatelem a strojem. Pomocí tohoto zařízení lze vytvořit intuitivní ovládání zařízení. Umožňuje zobrazení průběhů křivek ve velikém rozlišení, obsahuje dotykový displej, pomocí kterého lze zařízení ovládat a nastavovat. Může být vybaven USB portem pro stahování dat a je možné jej sehnat i jako kompaktní celek včetně PLC.

## **3.6 Pohon a jeho řízení**

### *3.6.1 Servomotor*

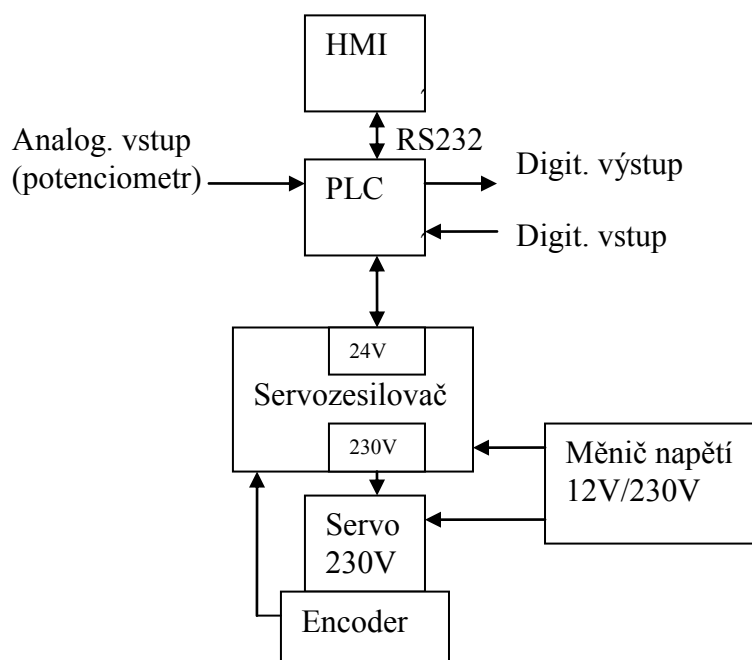


**Obrázek 21: Servomotor**

Servomotor má velké množství vinutí ve statorové části. Rotor se synchronně orientuje podle směru vektoru siločar statoru. Přesný směr vektoru je nastavován různými kombinacemi velikostí proudů procházejících v různých vinutích statoru. Jedna otočka je rozdělena na 10.000 kroků (pulzů). Servomotor tedy disponuje přesností polohování po  $0,036^\circ$ . Jeho součástí je enkoder, který kontroluje, zda rotor dosáhl zvolené polohy. V opačném případě je velikost proudů procházejících vinutími měněna DRIVEREM do té doby, dokud rotor zvolenou polohu nedosáhne. Takzvané vyrovnávání polohy. Polohování servomotorem lze uskutečňovat do více diskrétních poloh nebo i plynule mezi krajními polohami. Polohu zařízení bez zpětné vazby zjistíme podle počtu impulzů vyslaných servomotoru nebo dle času, po který byl pohon zapnutý. Servomotor je napájen napětím 230 nebo 380 voltů.

Servomotory se používají například pro posuvy CNC strojů, nastavení čtecí hlavičky u pevného disku nebo v RC (Radio control) modelech. Servomotorem lze nazvat každý motor sloužící k motorickému řízení polohy. Polohování servomotorem lze zařízení nastavovat do více diskrétních poloh nebo i plynule mezi krajními polohami.

Výhodou je neustálá kontrola polohy rotoru a její případné vyrovnání.

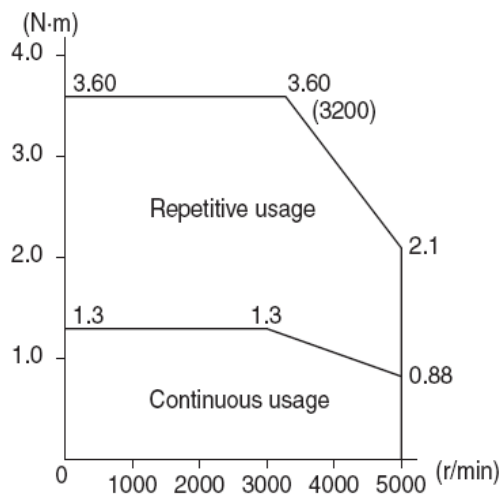


**Obrázek 22: Schéma uspořádání komponent pro pohon servomotorem**

K ovládní servomotoru je nezbytné PLC (programovatelný logický automat), které dává signály servozesilovači (jinak také driveru). Servozesilovač přenáší signál z PLC na servomotor silovým vodičem 230V. Je tedy nutné k tomuto systému použít měnič napětí z 12VDC (stejnoseměrné napětí) na 230VAC (střídavé napětí).

Encoder dává informaci servozesilovači, resp. PLC o tom, zda je požadovaná poloha rotoru totožná se skutečnou. Encoder je fotoelektrický snímač, jehož digitální signál lze využít k dalšímu řízení. Například vypnout motor v krajní poloze. Na základě rozdílu žádané a skutečné polohy je driverem nastavován motor na žádanou polohu.

Střídavé servomotory jsou dnes nejpoužívanější typy servomotorů. Jsou bezkartáčové s třífázovým nebo jednofázovým vinutím statoru. Vinutí je synchronní s permanentními magnety (nejčastěji neodym - železo - bór) na rotoru nebo asynchronní s kotvou nakrátko. Výhodou synchronních servomotorů je plochá křivka kroutícího momentu a možnost je několikanásobně momentově přetížít. Proto jsou vhodné pro dynamicky náročné úlohy.



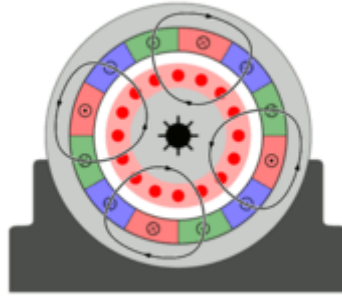
**Obrázek 23: Průběh kroutícího momentu servomotoru**

### 3.6.2 Asynchronní motor

Asynchronní motor pracuje na střídavý proud. Tok energie mezi hlavními částmi motoru (stator a rotor) je realizován elektromagnetickou indukcí. Lze se setkat i s názvem indukční motor. Asynchronní motor má vysokou spolehlivost, jednoduchou konstrukci a je napájen 230VAC (střídavé napětí). Napájecí napětí může být jednofázové nebo trojfázové. Asynchronní motor byl vynalezen Nikolou Teslou.

Asynchronní motor je složen ze dvou hlavních částí. Stator (pevná část) se skládá z nosné kostry motoru, svazku statorových plechů a statorového vinutí. Rotor (pohyblivá část) je hřídel s nalisovanými rotorovými (elektrotechnickými) plechy s drážkami, do kterých se vkládají měděné tyče. Tyto jsou na obou stranách spojeny mosaznými kruhy. Takto upravený rotor se nazývá kotva nakrátko nebo kotva klecová.

Princip spočívá v točivém poli statoru s vyšší rychlostí než jsou otáčky rotoru. Točivé pole vznikne průchodem střídavého proudu vinutím statoru. Toto magnetické pole indukuje v rotoru napětí a vzniklý proud vyvolává sílu otáčející rotorem.



**Obrázek 24: Princip asynchronního motoru**

Otáčky magnetického pole statoru nemou být stejné s otáčkami rotoru. Pokud by se tak stalo, rotor a magnetické pole by se vůči sobě nepohybovaly. Neindukovalo by se napětí a nevznikala by točivá síla. Míra rozdílu otáček pole a rotoru je nazývána skluz. Skluz se vypočítá dle vzorce:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \cdot 100 \quad [\%],$$

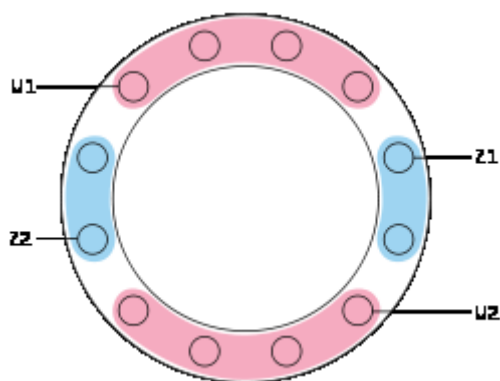
$n_s$  ... otáčky magnetického pole statoru

$n$  ... otáčky rotoru

Interval, ve kterém se může skluz pohybovat charakterizuje motor ve své pracovní činnosti. Pokud skluz náleží do intervalu  $(-\infty, 0)$  hovoříme o generátoru. Skluz  $(0, 1)$  je motor. Interval skluzu  $(1, \infty)$  pracuje jako brzda.

Motor lze opatřit tzv. statorovou brzdou. Statorové vinutí se odpojí od střídavého zdroje napětí a připojí se na zdroj stejnosměrného napětí. Magnetické pole statoru se stane statickým a pohybující se rotor sám vytváří brzdňný moment. Velikost brzdňného momentu je možno regulovat velikostí stejnosměrného proudu pouze v omezeném rozsahu. Tento způsob je vhodnější zejména pro velmi nízké otáčky nebo pro udržení rotoru v určité poloze.

Jednofázový asynchronní motor je rovněž složen ze statoru a rotoru. Stator obsahuje statorové plechy a dvojí vinutí. Hlavní vinutí statoru je ve dvou třetinách drážek a pomocné v jedné třetině a pomocné vinutí je ve zbývajících 1/3. Rotor je vždy klecového provedení.

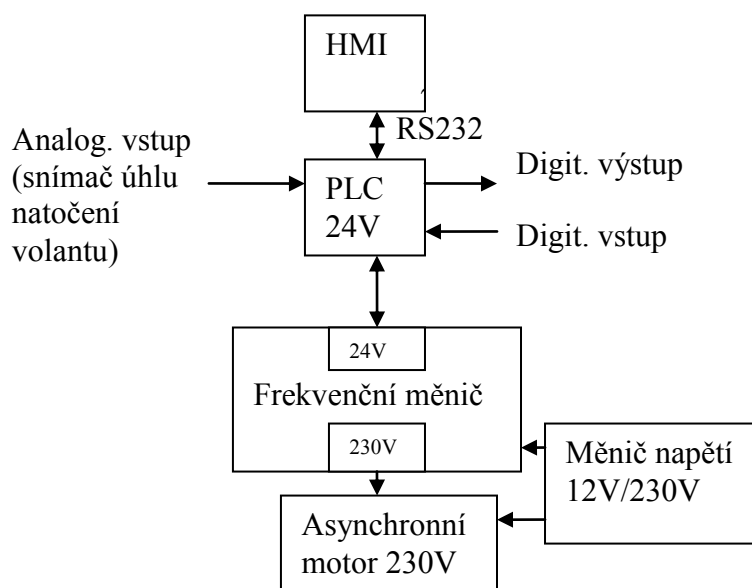


**Obrázek 25: Schéma vinutí statoru jednofázového asynchronního motoru**

U1-U2: hlavní vinutí, Z1-Z2: pomocné vinutí

Aby se rotor jednofázového motoru otáčel, musí se magnetické pole statoru vůči rotoru pohybovat. Při jednofázovém napájení se tedy musí proudy v hlavním a pomocném vinutí fázově posunout, aby vzniklo točivé magnetické pole. Zapojením kondenzátoru, činného odporu nebo zvýšenou indukčností pomocného vinutí docílíme fázového posunu. Pomocné vinutí není pro samotný běh motoru nutné a po rozběhu se odpojuje (odstředivým spínačem).

Používá se pro elektrické pohony výkonů do 2 kW. Tento typ motoru se využívá především v aplikacích, kde není nutné regulovat otáčky motoru během provozu stroje i když je to možné pomocí frekvenčního měniče.



**Obrázek 26: Schéma uspořádání komponent pro pohon asynchronním motorem**

Otáčky motoru jsou dány skluzem  $s$ , kmitočtem napájecího napětí  $f$  a počtem pólů  $p$ .

$$n = n_1(1 - s) = \frac{f_1}{p}(1 - s)$$

Změna skluzu spočívá v nevhodném omezení spotřebovávaného výkonu rotoru. Počet pólů vyvolá pouze skokovou změnu otáček. Regulace změnou kmitočtu se používá u motorů s kotvou nakrátko. Připojením frekvenčního měniče kmitočtu můžeme řídit napětí a tím i vytvářené magnetické pole statoru. Řízení lze rozdělit na skalární (lze nastavovat velikost magnetického toku – pro motory s malými nároky na dynamické vlastnosti) a vektorové (lze nastavovat magnetický tok i jeho směr – plynulá změna otáček při jakémkoliv režimu práce a zatížení). Řízení kmitočtem je nejdokonalejší způsob řízení otáček a lze jím docílit i otáček nadsynchronních.

Nevýhodou tohoto pohonu je skluz, který polohování zpřesňuje.

### 3.6.3 Krokový motor



**Obrázek 27: Krokový motor**

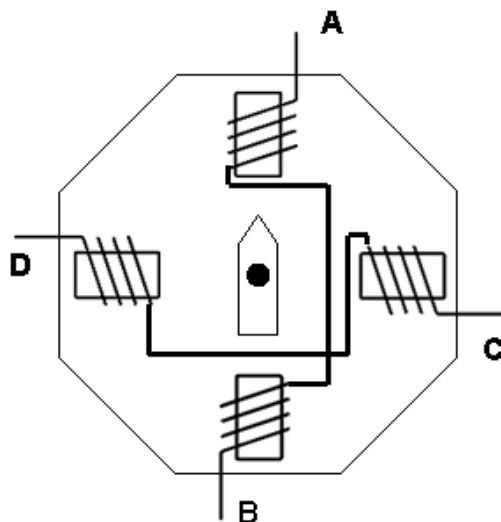
Krokový motor je speciální druh vícepólového synchronního motoru. Využívá se především tam, kde je potřebné řídit nejen otáčky, ale také konkrétní polohu rotoru. Používají se v přesné mechanice, regulační technice, robotice apod. Základní princip krokového motoru je, že proud procházející cívkou statoru vytvoří magnetické pole, které přitáhne opačný pól magnetu rotoru. Motor je schopný v této poloze stát, pokud kroutící moment vyvolaný magnetickým polem je větší než kroutící moment působící na hřídel motoru. Vhodným zapojením cívek vznikne rotující krokové magnetické pole. Toto otáčí rotorem a zabezpečuje i jeho polohu vůči statoru. Kvůli přechodovým jevům je rychlost otáčení motoru limitovaná. Při jeho překročení motor začne ztrácet kroky.

Dle způsobu řízení krokových motorů se dělí na unipolární a bipolární motory. Při unipolárním řízení prochází proud v jednom okamžiku právě jednou cívkou. Výhodou je malý odběr, nevýhodou malý kroutící moment.

Bipolární řízení je charakterizováno průchodem proudu vždy dvěma protilehlými cívkami s navzájem opačně orientovanými magnetickými póly. Výhodou je větší kroutící moment, větší stabilita kroku, nevýhodou vyšší spotřeba energie.

Rotor stroje je tvořen magnetem nebo elektromagnetem. Stator, na nějž je přiveden střídavý proud, vytváří pulzní nebo častěji rotující magnetické pole. Rotor se snaží uchovat si svoji konstantní polohu vůči otáčivému magnetickému poli vytvářenému průchodem střídavého proudu ve statoru, drží se v synchronismu až do kritického kroutícího momentu.

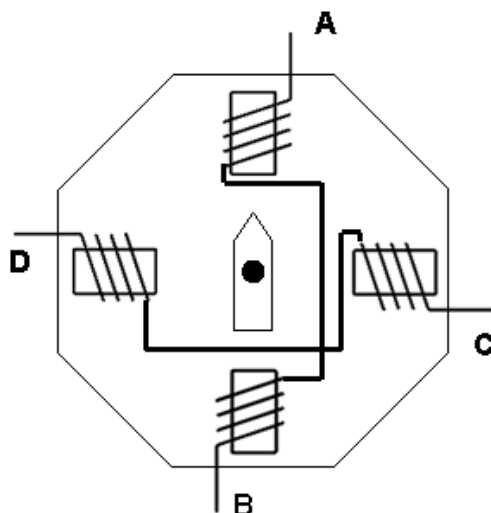
Na následujícím obrázku je schématicky znázorněn bipolární krokový motor. Schématicky proto, že jednu otáčku by bylo možno rozdělit pouze na 4 kroky po  $90^\circ$ . Normálně má motor více cívek vzájemně propojených (například kroky po  $1,8^\circ$ ). Rotor tvoří permanentní magnet, který se otáčí k té cívce, kterou prochází proud v určitém směru. Šipka směřuje k severnímu pólu magnetu.



**Obrázek 28: Schéma krokového motoru**

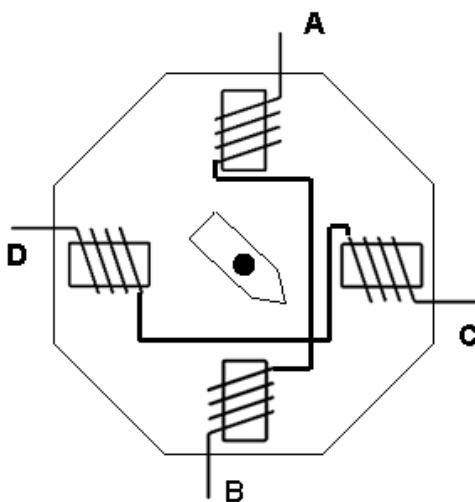
Řízení krokového motoru lze uskutečnit s jednou sepnutou fází, se dvěma sepnutými fázemi nebo řízení s polovičním krokem.

Natočení do určité pozice lze pouze ze sousední pozice. Z toho vyplývá, že pořadí stavů na cívkách musí být zachováno a můžeme změnit pouze směr.



Obrázek 29: Řízení jednou sepnutou fází

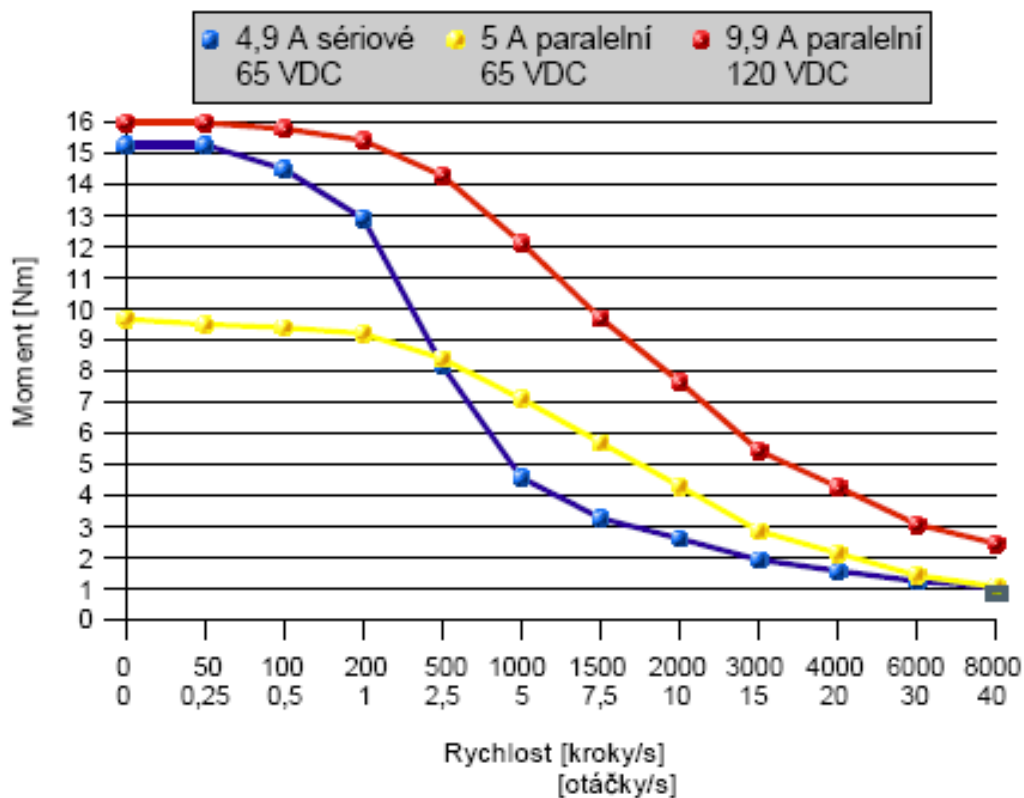
Proud na tomto obrázku prochází z A do B. Po přepnutí průchodu proudu z C do D se magnetický rotor otočí o 90° směrem vpravo.



Obrázek 30: Řízení se dvěma sepnutými fázemi

Proud na obrázku prochází cívkami z C do D a zároveň z B do A, proto je magnet rotoru natočen mezi ně. Kroky jsou opět po 90°.

Řízení s polovičním krokem umožňuje dělat kroky po polovičním úhlu. Jedná se o složení řízení jednou sepnutou fází a dvěma sepnutými fázemi. Tyto jednotlivé kroky se střídají.



Obrázek 31: Závislost momentu krokového motoru na otáčkách

Výhodou krokového motoru je stejnosměrné napájení pohybující se od 12VDC (u méně výkonných motorů) do 120 VDC a vysoká přesnost. Z momentové charakteristiky, je zřejmá nízká energetická náročnost.

Nevýhodou je, že při přetížení může rotor „přeskočit“ jeden nebo i několik pólů bez možnosti navrácení do původní polohy. Tedy k vyrovnávání polohy zde nedochází.

### 3.7 Záložní zdroj

Záložní zdroj udržuje napětí v síti při výpadku hlavního zdroje napájení. Kapacita záložního zdroje musí být dimenzována tak, aby i v případě testování jízdních vlastností za vysokých rychlostí nebyla ohrožena bezpečnost. Je nezbytné neustálé dobíjení a kontrola. Při výpadku hlavního zdroje napájení musí být uveden v činnost téměř okamžitě. Obsluha musí být o výpadku upozorněna akustickým i optickým signálem a musí co nejdříve vozidlo zastavit.

## 4. NÁVRH REALIZACE PROJEKTU

### 4.1 *Funkce navrhovaného systému řízení zadní nápravy*

Zadní náprava bude natáčena pomocí šnekové převodovky a servomotoru řízeného elektronickým systémem PLC. Obsluha bude mít na přístrojové desce umístěn dotykový displej, kterým bude nastavovat parametry ovlivňující natáčení kol (poměr natáčení zadních kol ku předním, kritickou rychlost, rychlost aktivace systému, maximální rychlost). Na základní obrazovce uvidí 2 módy, mezi kterými bude volit. Mód 1 (automat) bude automaticky řídit zadní nápravu dle nastavených parametrů. V módu 2 (servis) se budou nastavovat parametry před jízdou, případně zadávat upravený program přes RS 232. Mód 2 umožní i ruční ovládání natáčení kol zadní nápravy pomocí dotykového displeje.

PLC bude porovnávat, ve vhodně nastavené vzorkovací frekvenci, signály ze snímačů v převodkách řízení, snímačů rychlosti (snímače ABS) a snímače stáčivé rychlosti a nastavovat kola zadní nápravy dle požadavků nastavených v programu. Navíc signál ze snímače stáčivé rychlosti využije pro regulaci plynulosti změn při zatačení.

Pro systém bude teoreticky navrženo několik různých režimů použitelných pro jízdni zkoušky. Testováním se bude vyhodnocovat, který z nich je nejvhodnější, případně zjišťovat a upravovat nedostatky režimů. Výsledkem by měl být program přizpůsobitelný požadavkům různých jízdni zkoušek.

Vozidlo bude vybaveno tlačítkem „RESET“, které v případě nouze použije obsluha k okamžitému natočení kol do přímého směru. Bude zároveň sloužit pro jízdu bez vlivu zadní nápravy na natočení vozidla. Pokud dojde ke zhasnutí motoru, systém zůstane i nadále aktivní díky záložnímu zdroji.

### 4.2 *Programovatelné režimy řízení zadní nápravy v servisním módu*

Obsluha bude mít možnost v servisním módu volit režim řízení zadní nápravy Lineární, Nelineární, Skokový, Interpolační, případně další, který bude možné naprogramovat. Pod každým režimem bude naprogramovaná funkce ve tvaru  $y = f(x)$ , kde  $y$  vyjadřuje poměr natočení zadních kol ku předním (dále jen  $I_p$ ) a  $x$  je proměnná rychlosti vozidla.

Kladné znaménko poměru  $I_{\beta}$  bude pro nesouhlasné natáčení kol zadní nápravy a záporné znaménko pro souhlasné natáčení zadních kol.

Systém bude (po nastavení všech hodnot) na displeji zobrazovat křivku nastavenou uživatelem. Bude to vhodné zejména pro kontrolu, zda nedošlo při zápisu k „překlepu“ nebo k záměně znaménka.

#### 4.2.1 Lineární režim

V režimu „Lineární“ bude systém požadovat:

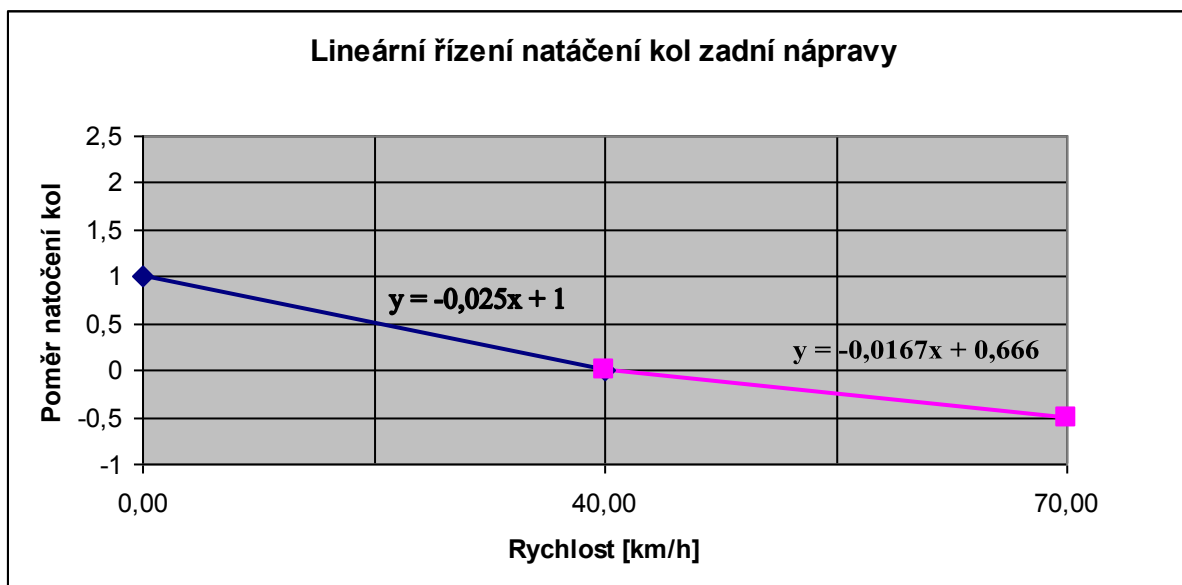
- rychlost aktivace systému  $V_0$
- kritickou rychlost přechodu z nesouhlasného do souhlasného natáčení kol zadní nápravy (dále jen  $V_{krit}$ )
- maximální rychlost, souhlasného natáčení (dále jen  $V_{max}$ )
- poměr nesouhlasného natočení kol zadní ku přední nápravě při rychlosti 0 km/h (dále jen  $+I_{\beta}$ )
- poměr souhlasného natočení kol zadní ku přední nápravě při rychlosti  $V_{max}$  (dále jen  $-I_{\beta}$ )

	Rychlosti	Poměry	
Rych.aktiv.systému $V_0$	0	1	Poměr nesouhl. při $V_0$
$V_{krit}$	40	0	Poměr nesouhl. při $V_{krit}$
$V_{max}$	70	-0,5	Poměr souhl. při $V_{max}$

Tabulka 1: Nastavení "Lineárního režimu"

Z těchto hodnot si například v programu Excel vytvoříme graf viz. níže a necháme zobrazit rovnici regrese. V režimu Lineární bude předprogramovaná funkce ve tvaru  $y=Ax+B$ , takže bude stačit zadat konstanty A a B (na LCD displeji). Podle výpočtu v Excelu.

Po zadání, následném výpočtu a aktivaci automatického režimu bude možné provést zkušební jízdu.



Graf 1: Průběh natáčení zadní nápravy "Lineárního režimu"

Příklad výpočtu úhlu natočení kol zadní nápravy:

$$V = 20 \text{ km/h}$$

$$\beta_1 = 5^\circ$$

$$I_\beta = -0,025 \times 20 + 1 = 0,5$$

$$I_\beta = \beta_2 / \beta_1$$

$$\beta_2 = \beta_1 \times I_\beta = 5 \times 0,5 = 2,5^\circ$$

kde

V ... rychlost vozidla získaná ze snímače rychlosti

$\beta_1$  ... úhel natočení kol přední nápravy

$I_\beta$  ... poměr natočení zadních kol ku předním

$\beta_2$  ... úhel natočení kol zadní nápravy

Výhodami tohoto režimu jsou rychlost výpočtu, jednoduchost zadávání hodnot, nedochází k umocňování hodnot.

Nevýhodou je linearita průběhu závislosti poměru natočení kol na rychlosti vozidla.

#### 4.2.2 Nelineární režim

Z předchozího režimu použijeme tabulku zadávaných hodnot.

	Rychlosti	Poměry	
Rych.aktiv.systému $V_0$	0	1	Poměr nesouhl. při $V_0$
Vkrit	40	0	Poměr nesouhl. při Vkrit
Vmax	70	-0,5	Poměr souhl. při Vmax

**Tabulka 2: Nastavení "Nelineárního režimu"**

Z těchto hodnot si v programu Excel si vytvoříme tabulku. Příklad viz. níže.

V levém sloupci je parametr rychlosti rozdělen po dílech 1 km/h. V pravém sloupci je pak poměr natočení kol zadní nápravy ku přední (pro nesouhlasné natáčení červeně, pro souhlasné zeleně).

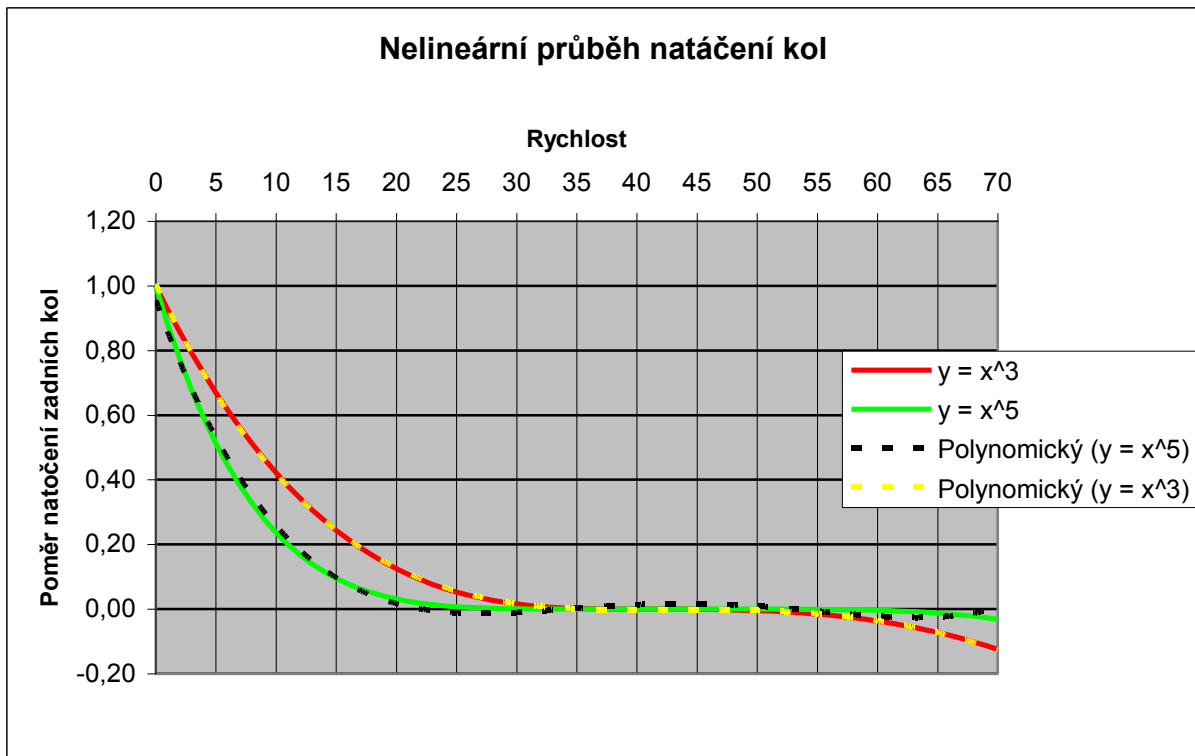
Nesouhlasná část je rozdělena na 40 dílků podle počtu dílků rychlosti. Tedy interval (0 až 1) je rozdělen po dílcích 0,025 (1/40).

Souhlasná část je rozdělena na 30 dílků podle počtu dílků rychlosti. Tedy interval (0 až -0,5) je rozdělen po dílcích 0,0167 (1/0,5).

	Rychlost	Poměr (x)		Rychlost	Poměr (x)		Rychlost	Poměr (x)
X <sub>1</sub>	0	1	X <sub>27</sub>	26	0,350	X <sub>53</sub>	52	-0,200
X <sub>2</sub>	1	0,975	X <sub>28</sub>	27	0,325	X <sub>54</sub>	53	-0,217
X <sub>3</sub>	2	0,950	X <sub>29</sub>	28	0,300	X <sub>55</sub>	54	-0,233
X <sub>4</sub>	3	0,925	X <sub>30</sub>	29	0,275	X <sub>56</sub>	55	-0,250
X <sub>5</sub>	4	0,900	X <sub>31</sub>	30	0,250	X <sub>57</sub>	56	-0,267
X <sub>6</sub>	5	0,875	X <sub>32</sub>	31	0,225	X <sub>58</sub>	57	-0,283
X <sub>7</sub>	6	0,850	X <sub>33</sub>	32	0,200	X <sub>59</sub>	58	-0,300
X <sub>8</sub>	7	0,825	X <sub>34</sub>	33	0,175	X <sub>60</sub>	59	-0,317
X <sub>9</sub>	8	0,800	X <sub>35</sub>	34	0,150	X <sub>61</sub>	60	-0,333
X <sub>10</sub>	9	0,775	X <sub>36</sub>	35	0,125	X <sub>62</sub>	61	-0,350
X <sub>11</sub>	10	0,750	X <sub>37</sub>	36	0,100	X <sub>63</sub>	62	-0,367
X <sub>12</sub>	11	0,725	X <sub>38</sub>	37	0,075	X <sub>64</sub>	63	-0,383
X <sub>13</sub>	12	0,700	X <sub>39</sub>	38	0,050	X <sub>65</sub>	64	-0,400
X <sub>14</sub>	13	0,675	X <sub>40</sub>	39	0,025	X <sub>66</sub>	65	-0,417
X <sub>15</sub>	14	0,650	X <sub>41</sub>	40	0,000	X <sub>67</sub>	66	-0,433
X <sub>16</sub>	15	0,625	X <sub>42</sub>	41	-0,017	X <sub>68</sub>	67	-0,450
X <sub>17</sub>	16	0,600	X <sub>43</sub>	42	-0,033	X <sub>69</sub>	68	-0,467
X <sub>18</sub>	17	0,575	X <sub>44</sub>	43	-0,050	X <sub>70</sub>	69	-0,483
X <sub>19</sub>	18	0,550	X <sub>45</sub>	44	-0,067	X <sub>71</sub>	70	-0,500
X <sub>20</sub>	19	0,525	X <sub>46</sub>	45	-0,083			
X <sub>21</sub>	20	0,500	X <sub>47</sub>	46	-0,100			
X <sub>22</sub>	21	0,475	X <sub>48</sub>	47	-0,117			
X <sub>23</sub>	22	0,450	X <sub>49</sub>	48	-0,133			
X <sub>24</sub>	23	0,425	X <sub>50</sub>	49	-0,150			
X <sub>25</sub>	24	0,400	X <sub>51</sub>	50	-0,167			
X <sub>26</sub>	25	0,375	X <sub>52</sub>	51	-0,183			

**Tabulka 3: Výsledky nastavení "Nelineárního režimu"**

Sloupec „Poměr (x)“ dosadíme do funkce, kterou zvolíme. Získáme tak sloupec hodnot pro danou funkci. V grafu jsou pro příklad uvedeny dvě funkce „ $x^3$ “, „ $x^5$ “. Nakonec tyto průběhy proložíme polynomem 4. stupně a získáme regresní vztah.



**Graf 2: Průběh "Nelineárního režimu"**

Regresní vztah pro funkci  $X^5$ :

$$y = 0,00000034131 \times X^4 - 0,00006247807 \times X^3 + 0,00406484315 \times X^2 - 0,11070495664 \times X + 1,06144765453$$

Regresní vztah pro funkci  $X^3$ :

$$y = 0,000000088 \times X^4 - 0,000024462 \times X^3 + 0,002208202 \times X^2 - 0,082033912 \times X + 1,085549342$$

Vztah pro polynom 4. řádu bude předprogramovaný v PLC ve tvaru

$$y = AX^4 + BX^3 + CX^2 + DX + E.$$

Uživatel bude doplňovat pouze konstanty A, B, C, D, E.

Nevýhody tohoto režimu vyvstanou při zadání poměru natočení kol větším než 1. Dojde totiž k umocnění hodnoty na třetí resp. na pátou. Druhou nevýhodou je nepřesnost polynomu funkce  $X^5$ . V grafu má být v intervalu rychlostí (0-40 km/h) kladná hodnota poměru natočení kol. Vidíme však, že tomu tak není. Dochází, byť jen nepatrně, k „překmitu“ do záporných hodnot. Je možné, že tento překmit nebude mít na jízdu vliv, je ale nutné s ním při testování počítat a případně dále programově dořešit.

Výhoda je funkce  $X^3$  je, že polynom velice přesně kopíruje zmíněnou funkci i v hodnotách souhlasného natáčení kol.

Příklad výpočtu úhlu natočení kol zadní nápravy v PLC pro funkci  $X^3$ :

$$V = 20 \text{ km/h}$$

$$\beta_1 = 5^\circ$$

$$I_\beta = 0,000000088 \times 20^4 - 0,000024462 \times 20^3 + 0,002208202 \times 20^2 - 0,082033912 \times 20 + 1,085549342 = 0,1465$$

$$I_\beta = \beta_2 / \beta_1$$

$$\beta_2 = \beta_1 \times I_\beta = 5 \times 0,1465 = 0,73^\circ$$

kde

V ... rychlost vozidla získaná ze snímače rychlosti

$\beta_1$  ... úhel natočení kol přední nápravy

$I_\beta$  ... poměr natočení zadních kol ku předním

$\beta_2$  ... úhel natočení kol zadní nápravy

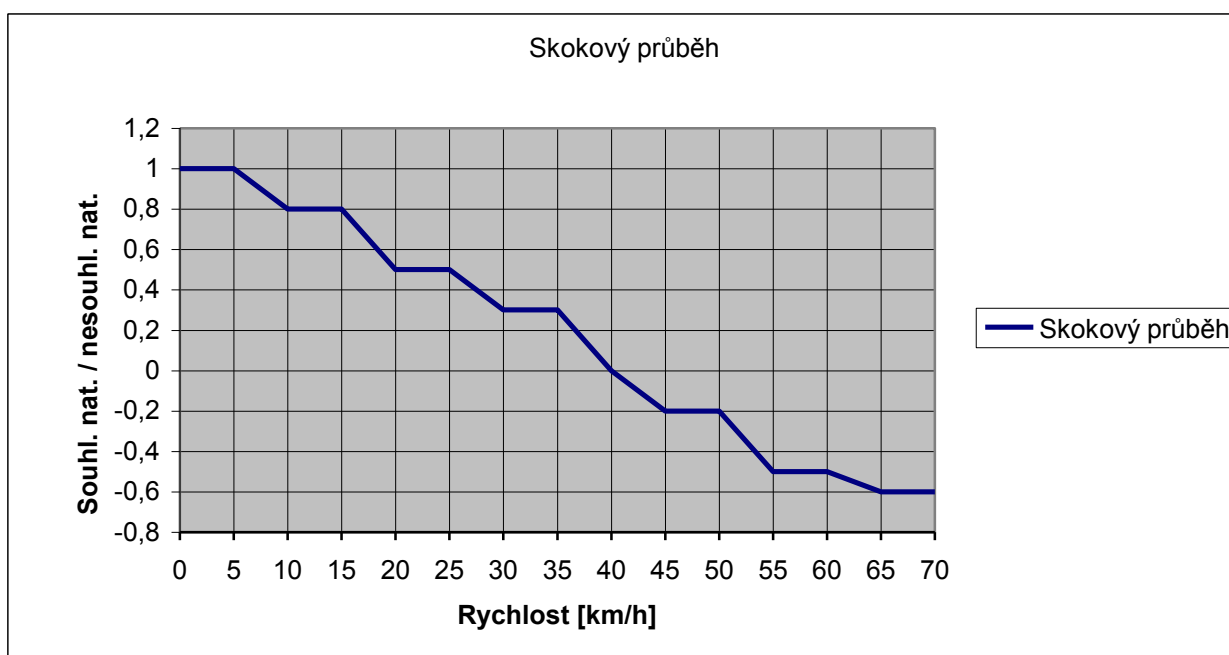
### 4.2.3 Skokový režim

Tento režim bude možné nastavit přímo na LCD ve vozidle bez nutnosti vytvářet regresní vzorce. Každá buňka tabulky se bude vyplňovat ručně.

Rychlost	Poměr
0	1
5	1
10	0,8
15	0,8
20	0,5
25	0,5
30	0,3
35	0,3
40	0
45	-0,2
50	-0,2
55	-0,5
60	-0,5
65	-0,6
70	-0,6

**Tabulka 4: Nastavení "Skokového režimu"**

Po zadání dat bude následovat kontrolní graf závislosti poměru natočení kol zadní nápravy na rychlosti jízdy.



**Graf 3: Průběh "Skokového režimu"**

Skokový režim bude výhodný pro takové zkoušky, kdy bude zapotřebí udržet konstantní poměr natočení kol v určitém rozmezí rychlostí.

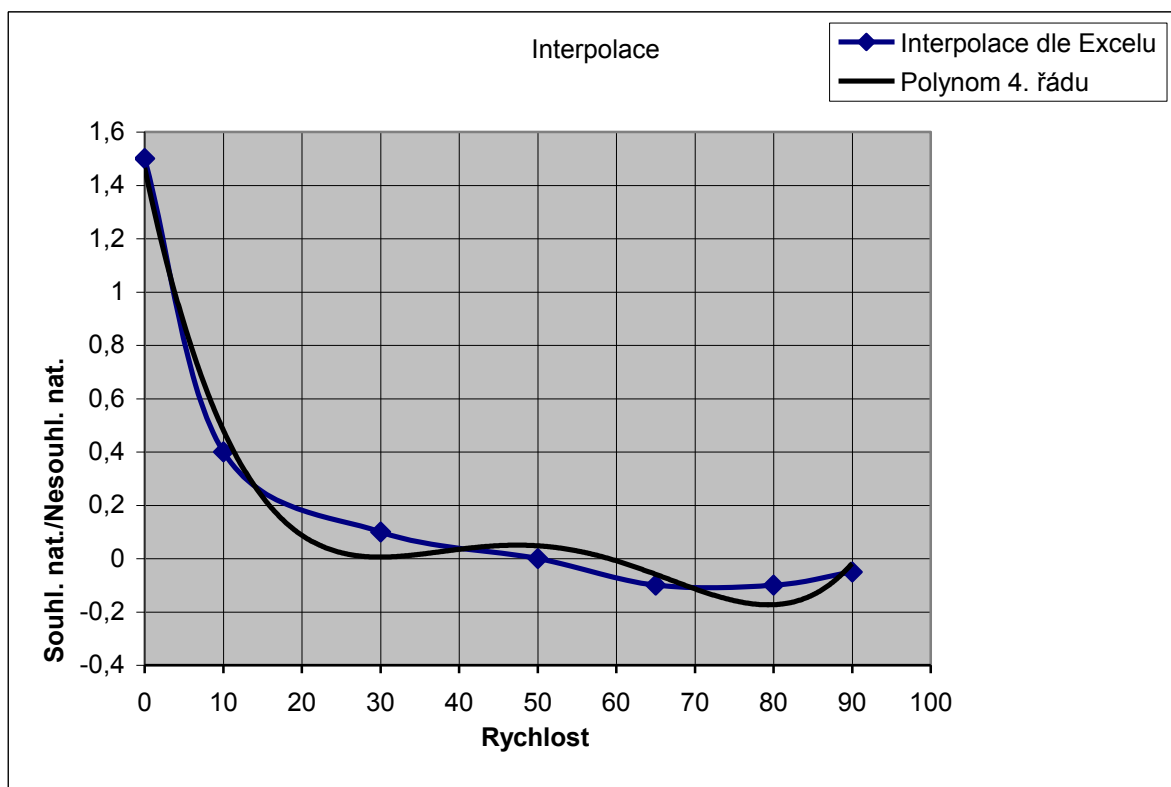
Například bude možné zjistit směrové úchytky kol při jízdě po kruhové dráze s konstantním natočením volantů a zvyšující se rychlosti.

#### 4.2.4 Interpolační režim

Tento režim je podobný režimu „Nelineární“. V excelu si vytvořím tabulku viz. níže. A body proložím křivkou. Je možné zvýšit nebo snížit počet hodnot, podle toho, kde chci křivku zpřesnit. Nakonec, jako v případě režimu „Nelineární“, proložím křivku polynomem čtvrtého řádu a zkontroluji odchylky. Pokud mi budou teoreticky vyhovovat, mohu vytvořit regresní vzorec a zadat jeho konstanty do PLC přes LCD.

Rychlost	Poměr
0	1,5
10	0,4
30	0,1
50	0
65	-0,1
80	-0,1
90	-0,05

**Tabulka 5: Nastavení "Interpolačního režimu"**



**Graf 4: Průběh "Interpolačního režimu"**

Modrá křivka je interpolace zadaných hodnot a černá křivka je polynom čtvrtého řádu vypočtený programem Excel. Jsou zde zřejmé odchylky v určitých místech od požadovaného průběhu, ale výhodou zůstává možnost tvarovat si funkci dle potřeby.

Regresní vzorec:

$$y = 0,0000003080 x X^4 - 0,0000643408 x X^3 + 0,0046532827 x X^2 - 0,1386545328 x X + 1,4650151360$$

Porovnání nepřesnosti při rychlosti 30 km/h:

$$V = 30 \text{ km/h}$$

$$\beta_1 = 5^\circ$$

$$I_\beta = 0,0000003080 \times 30^4 - 0,0000643408 \times 30^3 + 0,0046532827 \times 30^2 - 0,1386545328 \times 30 + 1,4650151360 = 0,0056$$

$$I_\beta = \beta_2 / \beta_1$$

$$\beta_2 = \beta_1 \times I_\beta = 5 \times 0,0056 = 0,03^\circ \dots \text{ hodnota vypočtená dle vzorce}$$

$$\beta_2 = \beta_1 \times I_\beta = 5 \times 0,1 = 0,5^\circ \dots \text{ hodnota zadaná uživatelem (dle zadání do tabulky)}$$

kde

V ... rychlost vozidla získaná ze snímače rychlosti

$\beta_1$  ... úhel natočení kol přední nápravy

$I_\beta$  ... poměr natočení zadních kol ku předním

$\beta_2$  ... úhel natočení kol zadní nápravy

### **4.3 Elektro – konkrétní komponenty**

#### **4.3.1 Servomotor SmartStep2 R88M-G40030H-BS2**



**Obrázek 32: Servomotor Omron SmartStep 2**

Parametry:

Příkon: 400 W

Napájení: 230 VAC

Kroutící moment: 1,3 Nm

Maximální otáčky: 3000 1/min.

Provozní teplota: 0 – 55°C

Maximální proudové zatížení: 7,8 A

Hmotnost: 0,42 kg

Počet impulzů na otočku: 10.000

### 4.3.2 Driver R7D-BP04H



Obrázek 33: Driver Omron

Parametry:

Vstupní napětí: 200 VAC

Příkon: 400 W

Hmotnost: 0,4 kg

Provozní teplota: -20 – 65 °C

Odolnost proti vibracím: 19,6 m/s<sup>2</sup> v osách X, Y, Z

Šířka (mm): 40

Výška (mm): 140

Hloubka (mm): 105 (+ 70 na konektory)

Programování přes program „CX DRIVER“ (podprogram „CX ONE“)

### 4.3.3 Měníč napětí HQ 12V/230V 1000W

Servomotor je citlivý na pokles napájecího napětí stejně tak na tzv. napěťové špičky. Proto byl tento komponent konzultován s technikem firmy Omron pro jeho vhodnost k použití napájení servomotoru a byl doporučen.



**Obrázek 34: Měníč napětí**

Parametry:

Vstupní napětí : 10-15 VDC

Plný zátěžový vstupní proud: 110A

Výstupní napětí: 230 VAC

Výstupní napěťová křivka: Modifikovaná sinusovka

Výstupní frekvence: 50 Hz

Trvalý výst.výkon: 1000 W

Špičkový výstupní výkon: 2400 W

Účinnost: 85-90%

Indikace kritické hranice: 10.5V ( $\pm 0.5V$ )

Vypnutí při nižším vstupním napětí než: 10V ( $\pm 0.5V$ )

Tepelná ochrana: 60 +/- 0.5 °C

Ochrana proti vysokému stejnosměrnému napětí na vstupu: 15.5V ( $\pm 0.5V$ )

Pojistka: 30A x 5

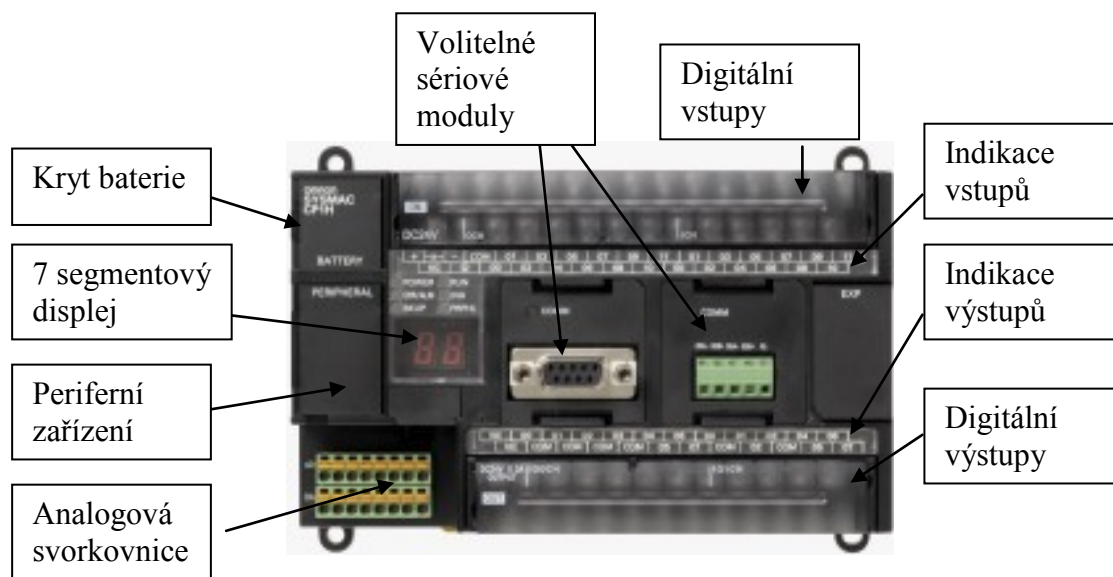
Nabíjecí proud: 4 A

Chlazení: ventilátor

Rozměry: 380x210x85mm (dxšxv)

Hmotnost: 4.8Kg

#### 4.3.4 PLC - CPIH-XA40DT1-D



Obrázek 35: Programovatelný logický automat

Parametry:

Napájení: 20-26 VDC

Digitální vstupy: 24

Digitální výstupy: 16

Frekvenční vstupy: 4 (100 kHz)

Frekvenční výstupy: 4 (100 kHz)

Analogové vstupy: 4

Analogové výstupy: 2

Programovací USB port

Kapacita programu: 20.000 kroků

Datová paměť: 32.000 slov

Šíře (mm): 150 (+ případné moduly)

Výška (mm): 90

Hloubka (mm): 80

Možnost připojení rozšiřovacích modulů přes CJ adaptér. Například modul analogových vstupů a výstupů, modul pro pulzní řízení dalšího servomotoru, modul digitálních vstupů a výstupů, atd.

Do PLC je nutné nahrát program „CX ONE“, který obsahuje skupinu podprogramů pro programování PLC, HMI a DRIVERU. Programování PLC se provádí pomocí programu „CX PROGRAMMER“.

Rychlost, jak PLC bude ovládat akční člen je závislá na velikosti programu. Čas základní instrukce je  $0,1\mu\text{s}$  (pokud by program měl 1 krok). Kapacita paměti pro program je 20 000 kroků. Při plném využití paměti programu by instrukce PLC akčnímu členu trvala 2ms. Na základě konzultace s programátorem, který má zkušenosti s programováním v „CX ONE“ by program pro systém řízení zadní nápravy mohl obsahovat přibližně 2000 kroků. Čas instrukce by tedy mohl být přibližně 0,2ms.

Vzorkovací frekvence, se kterou bude PLC porovnávat hodnoty ze snímačů, je maximálně 1MHz. Běžně se však používá 100 kHz.

#### 4.3.5 HMI - NQ5-SQ-000B



Obrázek 36: Dotykový displej

Parametry:

Napájecí napětí: 24 VDC

Komunikační rozhraní: RS232; USB zařízení

Okolní provozní teplota: 0 – 50°C

Odolnost proti rušení: 2 kV

Odolnost proti vibracím:

5 - 8,4 Hz s jednoduchou amplitudou 3,5 mm

8,4 až 150 Hz se zrychlením  $9,8 \text{ m/s}^2$  v každém ze směrů X, Y a Z

Odolnost proti rázům:  $147 \text{ m/s}^2$  v osách X, Y, Z

Velikost dotykového displeje: 5,7“

Barev: 256

Paměť celková: 8 MB

Paměť programová: 6,7 MB

Jmenovitý výkon: 10 W

Hmotnost: 0,7 kg

Šíře (mm): 195

Výška (mm): 142

Hloubka (mm): 50

Programování přes program „NQ DESIGNER“ (podprogram „CX ONE“).

#### 4.3.6 Snímače



Obrázek 37: Snímač stáčivé rychlosti a zrychlení Bosch

Snímač stáčivé rychlosti a bočního zrychlení vozidla.

Technické údaje:

Stáčivá rychlost - rozsah měření:  $\pm 100^\circ/\text{s}$

Snímač zrychlení - rozsah měření:  $\pm 1,8 \text{ g}$

Zahájení procesu čas: do 1,0 s

Dynamická odezva chování: 30 Hz

Rozsah teplot:  $-40^\circ\text{C}$  až  $+85^\circ\text{C}$

Napájecí napětí: 8.2 V až 16 V

Jmenovité napětí: 12 V

Případně je možné použít snímač Bosch DRS-MM5. Nejnovější verze.

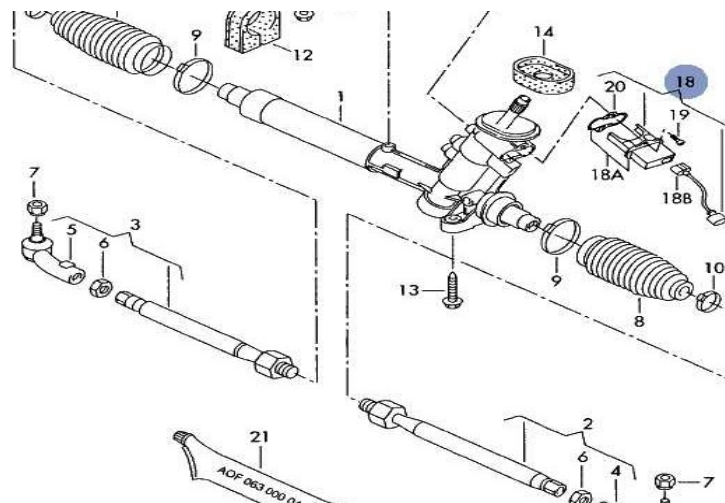
Pro snímání úhlu natočení kol přední i zadní nápravy bude použit shodný snímač pracující na principu Hallova jevu. Na schématu (viz. níže) pozice 18. Kód 6Q1423291D



**Obrázek 38: Umístění snímače úhlu natočení volantu**



**Obrázek 39: Snímač úhlu natočení volantu**



Obrázek 40: Schéma umístění snímače úhlu natočení volantu

Snímání rychlosti vozidla bude realizováno pomocí indukčního snímače ABS.  
Kód 6Q0927803B



Obrázek 41: Snímač rychlosti

#### 4.3.7 Záložní zdroj

Záložní zdroj budou tvořit dva paralelně zapojené akumulátory o celkové kapacitě 150 Ah. Tyto akumulátory budou spojeny s měničem napětí a dobíjeny z alternátoru. Zapojení musí být provedeno tak, aby při výpadku palubní sítě bylo nezávislé na vozidle.

## 4.4 Mechanika – konkrétní komponenty

### 4.4.1 Šneková převodovka

Z pokusu na vlastním vozidle jsem zjistil, že volant lze z přímého směru do plného rejdu natočit nejrychleji za 0,5 sekundy. Předpokládám, že takto rychle se volant natáčet nebude, ale aby byl systém dostatečně dynamický při stojícím vozidle, budu volit počáteční podmínku, že pohon musí kola zadní nápravy natočit do plného rejdu za 1 sekundu. Tedy otočit hřídeli převodky řízení o 1,5 otáčky za 1 sekundu.

Výpočet převodového poměru:

$$n_{\text{výst}} = 1,5 \text{ ot./sek.} \quad (\text{výstupní otáčky – okrajová podmínka})$$

$$n_{\text{vst}} = 3000 \text{ ot./min} = 50 \text{ ot./sek.} \quad (\text{vstupní otáčky – max. otáčky servomotoru})$$

$$i = 50/1,5 = 33,3 \quad (\text{převodový poměr šnekové převodovky})$$

Převodovka s nejbližším sériově vyráběným převodovým poměrem je  $i = 30$ .

V programu Nord EICat jsem zadal tyto parametry a příkon pohonu pro vypočtení velikosti převodovky. Programem doporučená velikost převodovky je 31. Tedy nejmenší možná. Jedná se o typ SK1SI31 s IEC adaptérem 71.

Navrhuji šnekovou převodovku Nord typ SK1SI31 s převodem  $i = 30$ . Má hliníkový blok, tedy i relativně nízkou hmotnost cca 2 kg. Převodovky této značky jsou prověřené firmou Ing. Zdeněk Švéda - Colorset, která je již několik let používá i pro těžší provozy. Například pohony pásových dopravníků nebo paletizačních strojů. Výhodou je velmi rychlý termín dodání (řádově dny), kvalitní servis a poradenství.

#### ***4.5 Výkresová dokumentace***

Projekt systému řízení zadní nápravy byl, z hlediska mechanických komponent, kreslen v programu SolidWorks. Mechanické podsestavy systému, jejich konkrétní rozměry, návrh umístění na vozidle a výrobní výkresy jsou zaneseny ve výkresové dokumentaci. Jedná se o podsestavy:

Držák pohonu natáčení zadní nápravy (výkresová dokumentace – pozice 26)

Kloubový hřídel (výkresová dokumentace – pozice 28)

Rámeček pod Aku (výkresová dokumentace – pozice 40)

Servomotor s převodovkou (výkresová dokumentace – pozice 38)

Konzola pod LCD (výkresová dokumentace – pozice 27)

Držák rozvaděče

## 5. VÝPOČTOVÁ ČÁST NÁVRHU

### 5.1 Měření momentu potřebného pro natočení kol zadní nápravy

Vozidlo jsem umístil na rovnou vozovku a zajistil přední kola klínem. Abych změřil moment potřebný pro natočení kol zadní nápravy, odpojil jsem zajištěný kloubový hřídel převodky řízení od přípravku na rámu vozidla a přes nástrčkový klíč nasadil momentový klíč. Zadní kola byla nastavena pro přímý směr jízdy. Na momentovém klíči jsem nastavil hodnotu 10 Nm a otočil. Po „cvaknutí“ jsem nastavil hodnotu 15 Nm a postup opakoval až do doby, dokud jsem neotočil kola zadní nápravy do plného rejdu s nastavováním po 1 Nm. Poslední hodnotu naměřenou těsně před mechanickým dorazem jsem naměřil 20 Nm.

Jelikož vozidlo nebylo zakrytováno, osazeno všemi komponenty, přístroji, nemělo provozní kapaliny a nebylo osazeno obsluhou, připočtu k naměřené hodnotě 50%. Budu tedy vycházet z hodnoty 30 Nm potřebné pro natočení kol do plného rejdu.

### 5.2 Výpočet potřebného momentu

Ze změřeného momentu momentovým klíčem jsem přibližně zjistil potřebný výstupní moment na převodovce ( $M_{out}$ ). Z výpočtu převodového poměru šnekové převodovky ( $i$ ) a účinnosti šnekové převodovky ( $\eta$ ) zjištěné z technického listu spočítám potřebný moment motoru ( $M_{in}$ ).

$$M_{out} = 30 \text{ Nm}$$

$$\eta = 60 \%$$

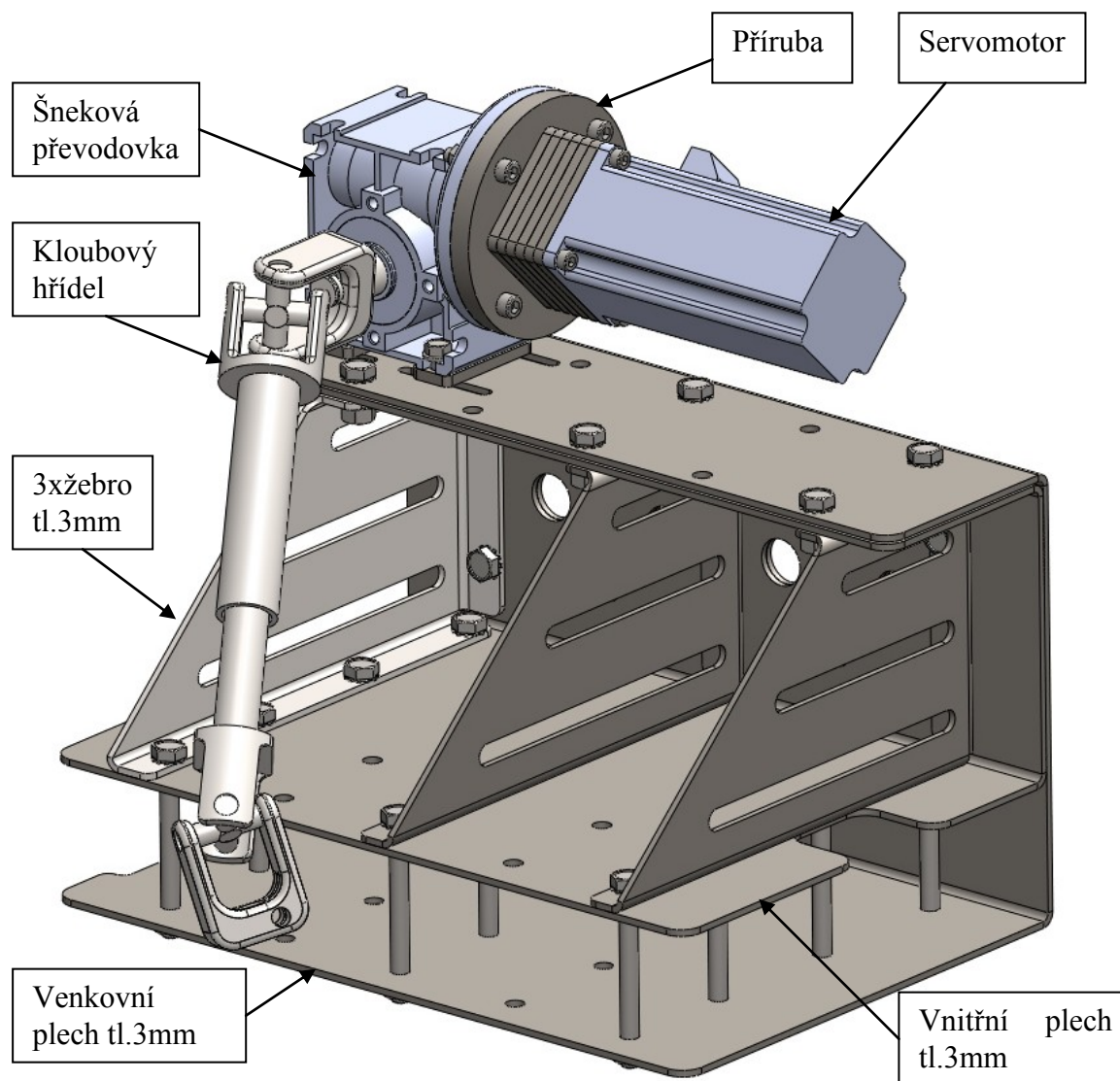
$$i = 30$$

$$M_{in} = M_{out} / (i \times \eta) = 30 / (30 \times 0,6) = 1,67 \text{ Nm}$$

Podle technického listu zasláného firmou Omron (viz. příloha) jsem vybral servomotor o příkonu 400 W s kroutícím momentem 1,3 Nm. Jelikož jsem výrazně předimenzoval požadovanou hodnotu kroutícího momentu (30 Nm) pro natočení kol zadní nápravy do plného rejdu, hodnotím mírné poddimenzování servomotoru jako dostatečné.

### 5.3 Výpočet držáku pohonu natáčení zadní nápravy

Na obrázku 42 je návrh držáku pohonu natáčení kol zadní nápravy, pohon s převodovkou, příruba a kloubový hřídel.



Obrázek 42: Mnou navržený držák pohonu natáčení kol zadní nápravy

Pro orientační výpočet držáku pohonu natáčení kol zadní nápravy bude použit program SolidWorks – Simulation Express. Hmotnost servomotoru a převodovky jsem zjistil z katalogových listů. Ke zjištění hmotnosti ocelových výpalků (použitých na přírubu mezi servomotorem a šnekovou převodovkou) a spojovacího materiálu jsem využil program SolidWorks. Ten umožňuje nastavení fyzikálních vlastností a zjištění hmotnosti dílů. Celková hmotnost pohonu tedy činí 6kg. Držák bude zatěžován staticky svisle působící silou

odpovídající hmotnosti výše zmiňovaných komponent a maximálním kroutícím momentem směrem vlevo a vpravo.

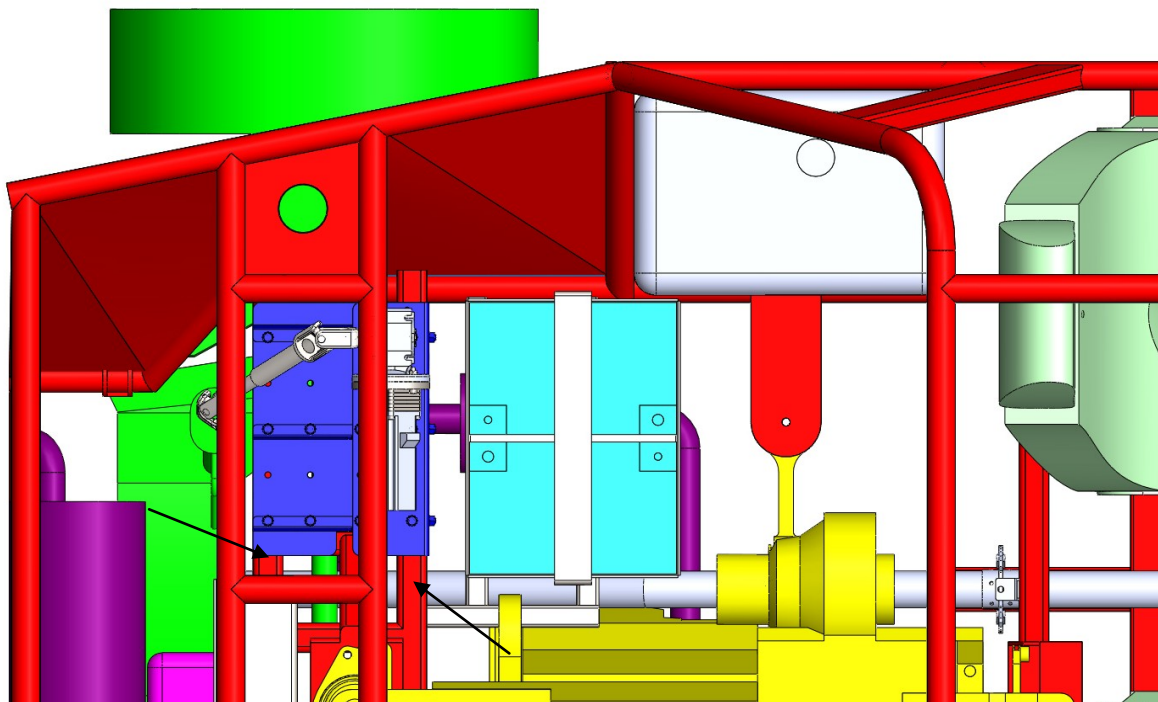
V programu SolidWorks – Simulation express jsem nastavil parametry materiálu 11373 takto:

Mez pevnosti v tahu: 380 MPa

Mez kluzu 180 MPa

Dovolené napětí ve statickém ohybu: 140 MPa

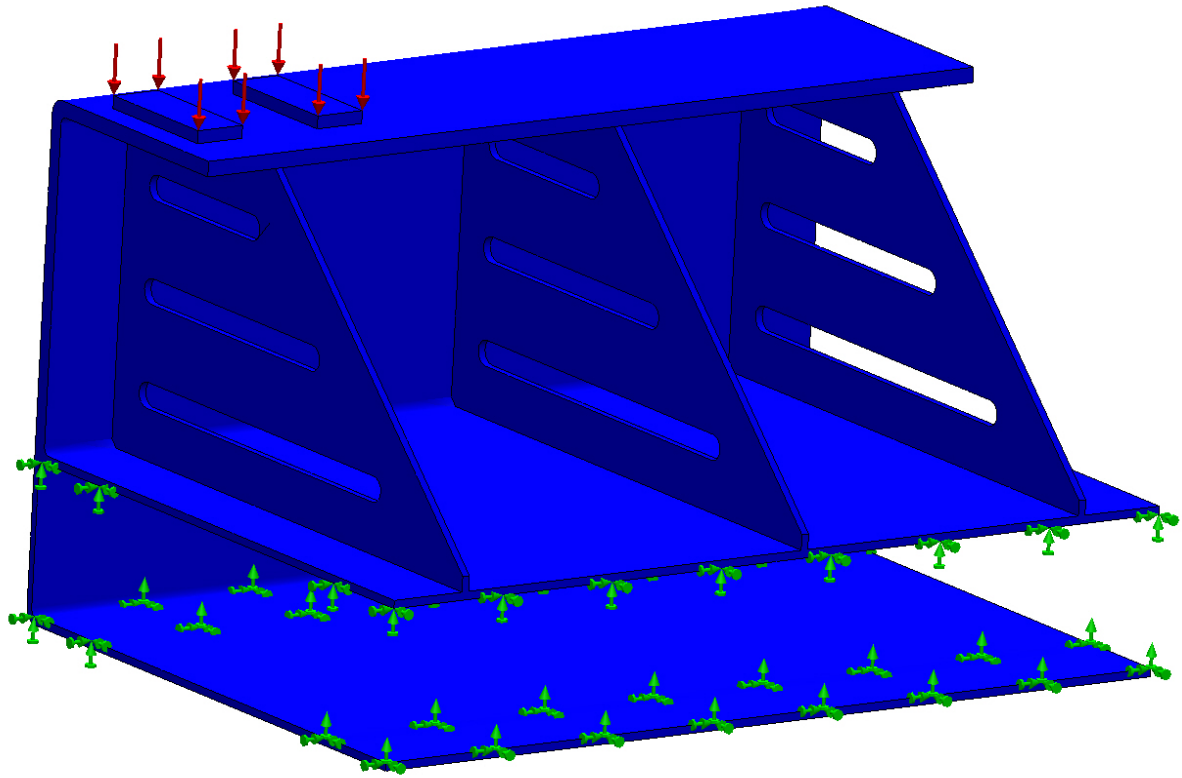
Dovolené napětí ve střídavém ohybu: 60 MPa



**Obrázek 43: Umístění držáku pohonu natáčení zadní nápravy na jeklovém rámu**

Celý pohon natáčení zadní nápravy (držák, servomotor a převodovka s příslušenstvím) bude připevněn na jeklovém rámu. Tento rám je červený a označený šipkami.

Držák pohonu natáčení zadní nápravy je podle výkresové dokumentace prezentován jako celek složený z několika prvků spojených šrouby. Ale pro analýzu bude použit zjednodušený model držáku jako jednolitý celek. Zjednodušení je nutné proto, že SolidWorks – Simulation Expres nedokáže analyzovat sestavy, ale pouze samostatné díly.



Obrázek 44: Vazba držáku k rámu

Na obrázku 40 je zelenými šipkami znázorněna vazba držáku k rámu vozidla. Červené šipky označují smysl zatížení držáku. Rám, ke kterému je držák připevněn, je tvořen z jeklu 60x40x4mm.

Pro zjednodušení tohoto výpočtu budu uvažovat, že hmotnost je rovnoměrně rozložena na tyto plochy.

Výpočet:

$$m = 6 \text{ kg}$$

$$F_{\text{celk}} = 60 \text{ N}$$

$$F_1 = 30 \text{ N}$$

$$F_2 = 30 \text{ N}$$

$$S_1 = 0,001120 \text{ m}^2$$

$$S_2 = 0,001120 \text{ m}^2$$

$$p = F_1 / S_1 = 30 / 0,001120 = 26785 \text{ Pa}$$

hmotnost pohonu natáčení zadní nápravy

celková síla působící na držák

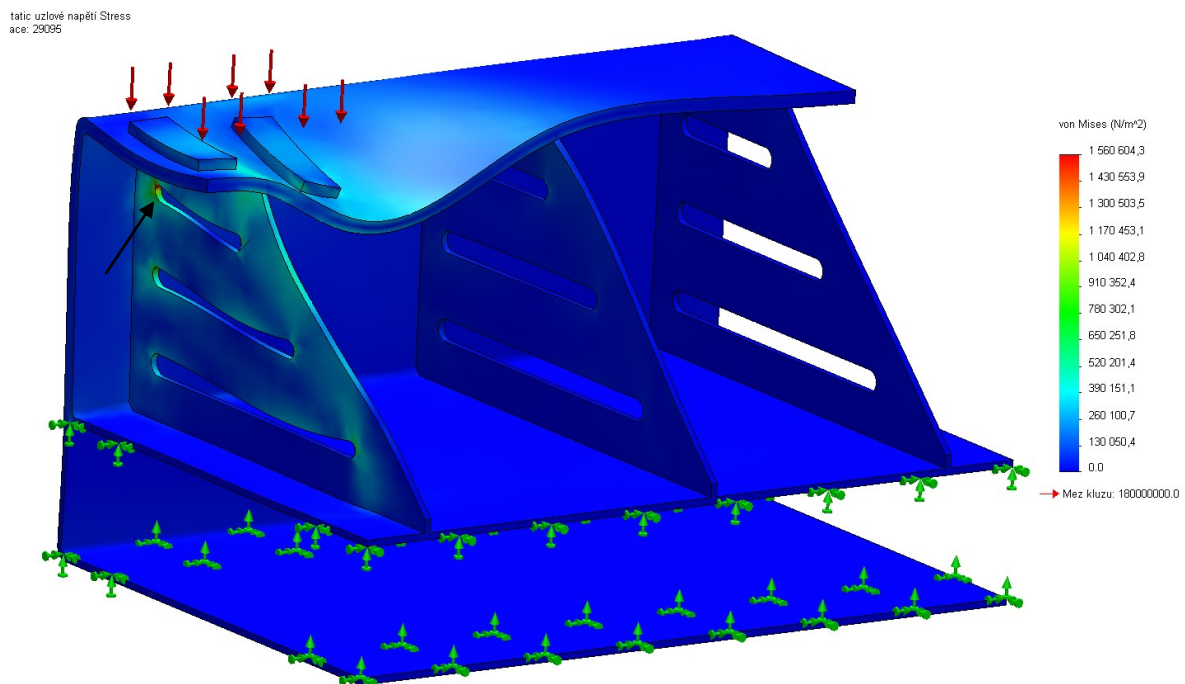
síla působící na 1. plochu

síla působící na 2. plochu

1. plocha pro přichycení pohonu

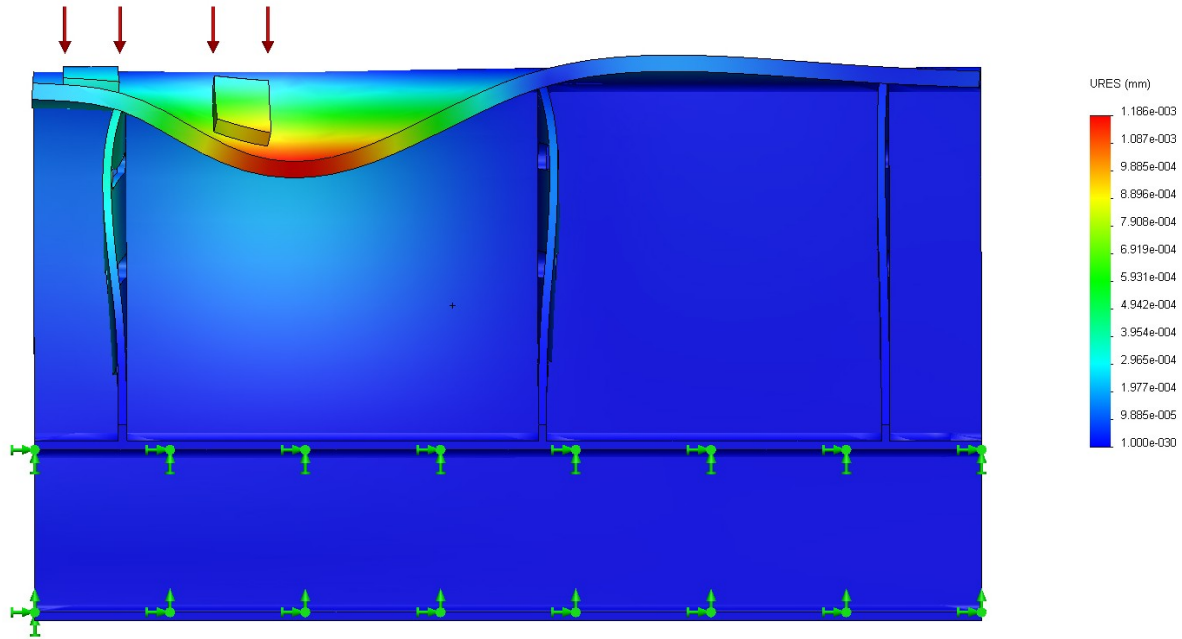
2. plocha pro přichycení pohonu

tlak působící na každou z ploch



Obrázek 45: Výsledek analýzy napětí při zatížení svislou silou

Při tomto zatížení je podle analýzy největší napětí 1,6 MPa (viz. obrázek 42). A to v místě nejvyššího oválného otvoru vlevo (barva červená) viz šipka.



**Obrázek 46: Výsledek analýzy posunutí při zatížení svislou silou**

Hodnota posunutí je podle výsledku analýzy 0,0012 mm. Jedná se o lokalitu označenou červenou barvou.

Zatížení kroučícím momentem bude maximálně 30 Nm v obou směrech. Pro zjednodušení neuvažují do výpočtu hmotnost pohonu.

Výpočet:

$M_{k1} = 30 \text{ Nm}$	maximální kroučící moment
$z = 0,05 \text{ m}$	osová vzdálenost ploch přenášejících kroučící moment
$S_1 = 0,001120 \text{ m}^2$	1. plocha pro přichycení pohonu
$S_2 = 0,001120 \text{ m}^2$	2. plocha pro přichycení pohonu

$M_{k1} = 30 \text{ Nm}$  odpovídá síle 30 N působící na rameně o délce 1 m. Je nutné přepočítat silové působení na menším rameně.

1 m .....30 N

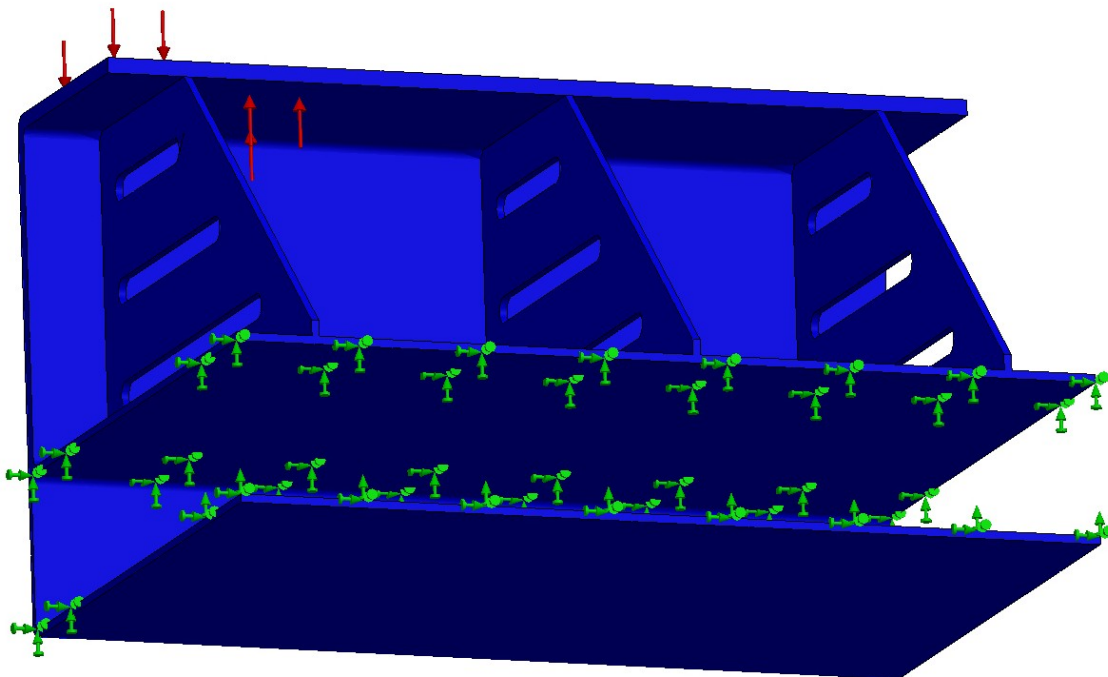
0,05 m ..... x N

$x = 30 * (1 / 0,05) = 600 \text{ N}$  síla působící na rameně 0,05 m

Tuto sílu rozdělím na 2 plochy přes které se moment přenáší a přepočítám na tlak na 1 plochu.

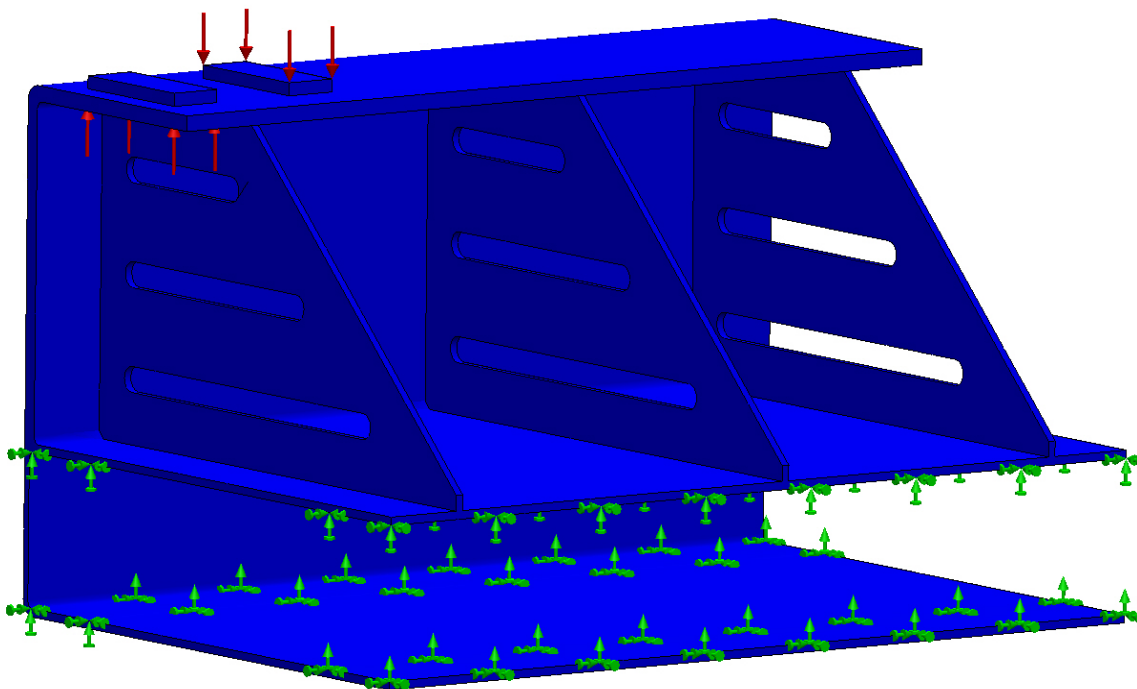
$p = F / S = 300 / 0,001120 = 267\,857 \text{ Pa}$

Tlak bude působit na plochy držáku tak, jak je naznačeno na obrázku 44 červenými šipkami. Budou vytvářet silovou dvojici.

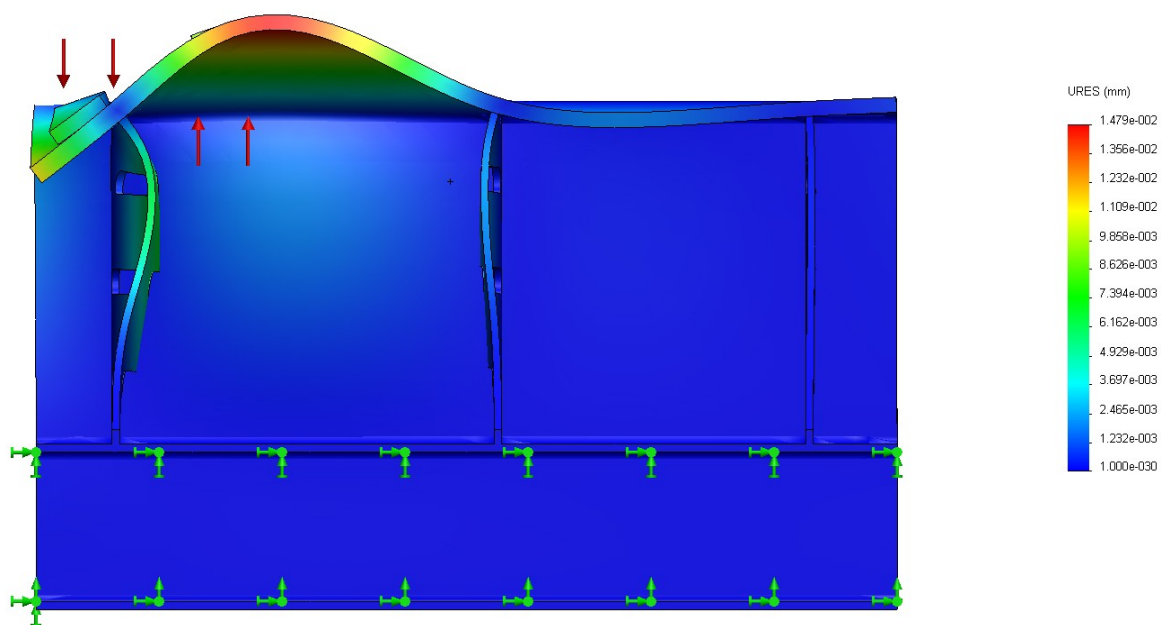


Obrázek 47: Zatížení držáku kroučícím momentem vpravo

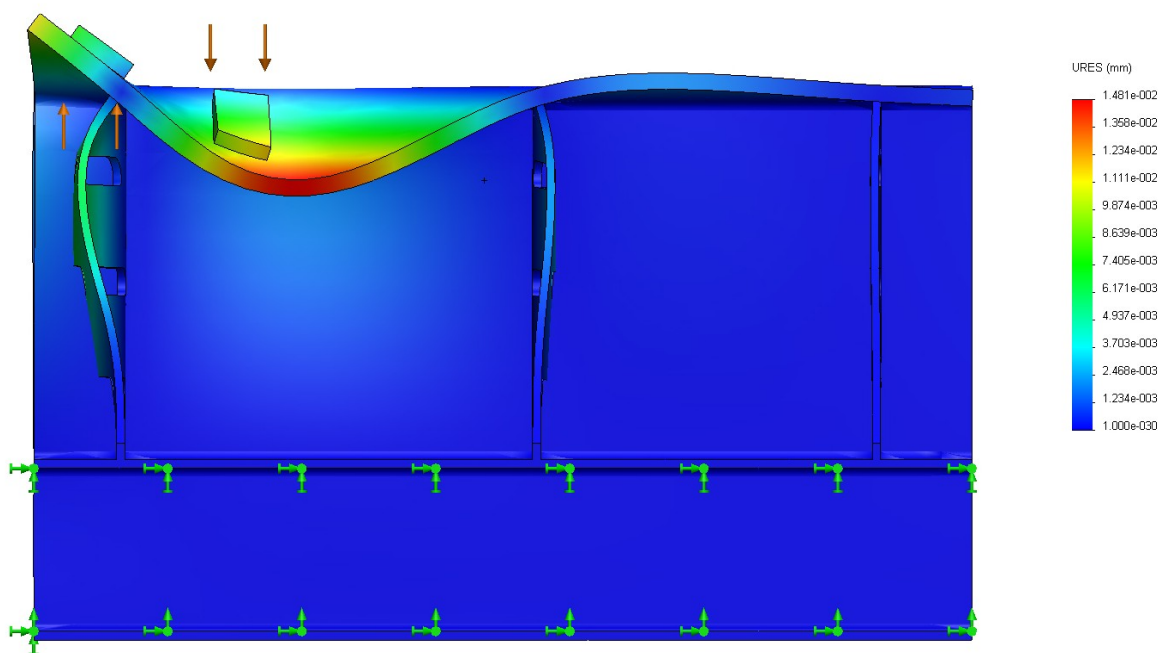
= 1 < Modrá



Obrázek 48: Zatížení držáku kroučícím momentem vpravo

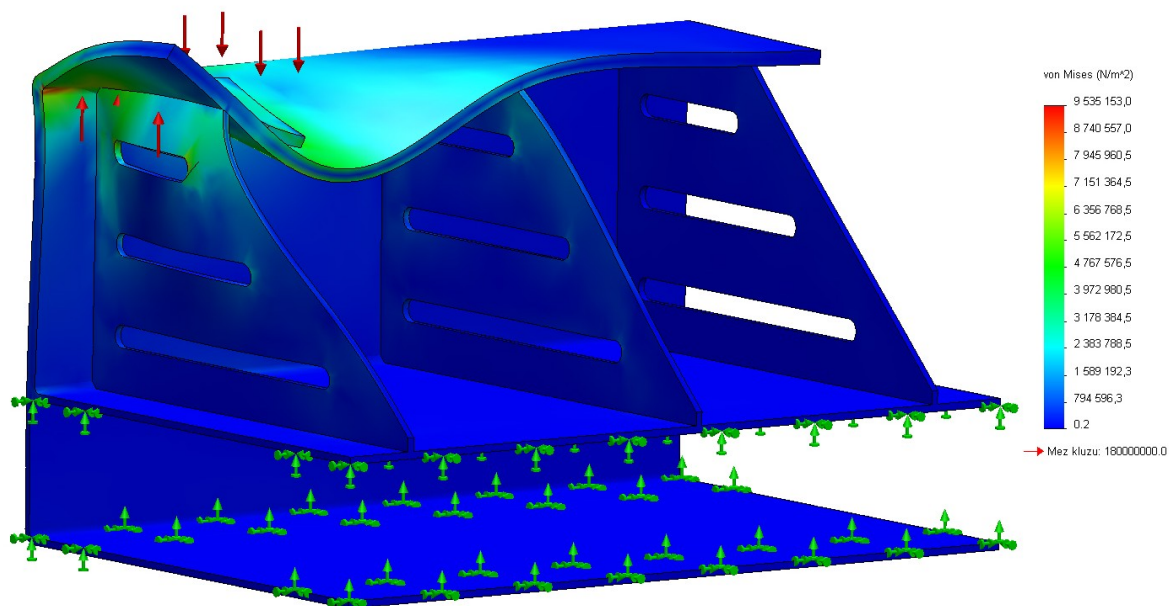


Obrázek 49: Výsledek analýzy posunutí při zatížení kroučícím momentem vlevo

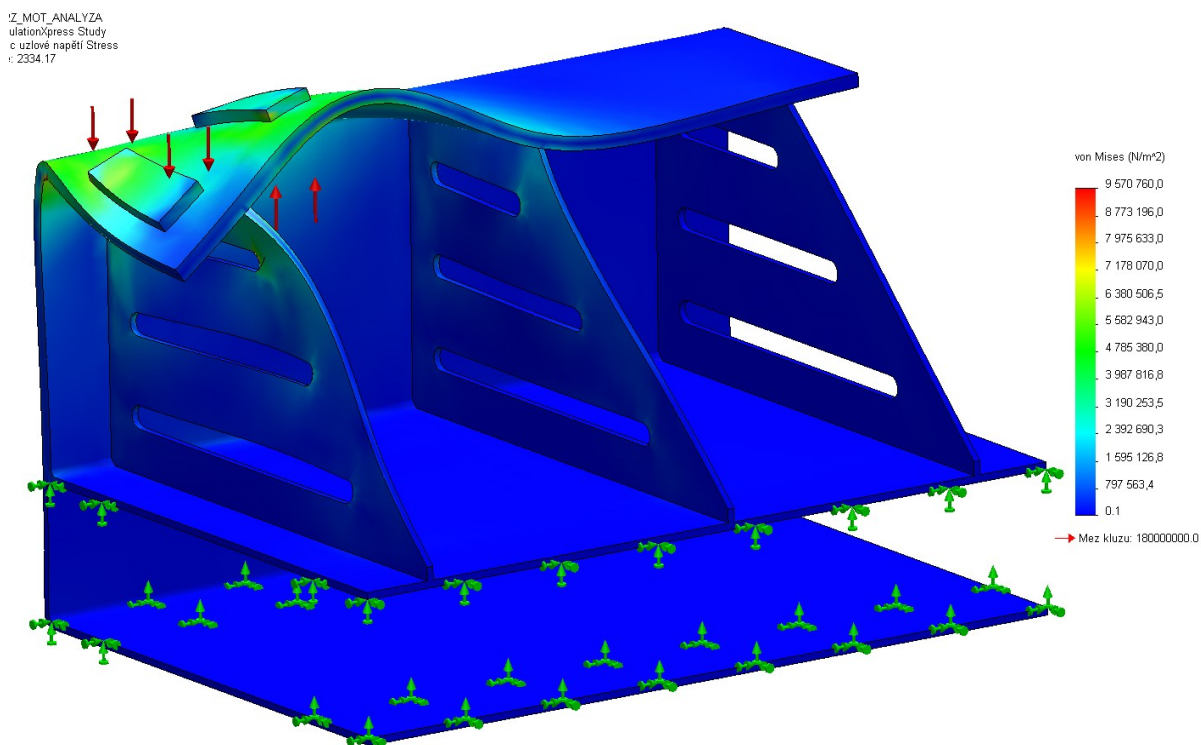


Obrázek 50: Výsledek analýzy posunutí při zatížení kroučícím momentem vpravo

Výsledky analýzy vykazují podobné hodnoty posunutí pro zatížení oběma směry. Hodnota je přibližně 0,015 mm a je znázorněna červeným zbarvením.



Obrázek 51: Výsledek analýzy napětí při zatížení kroutícím momentem vpravo



Obrázek 52: Výsledek analýzy napětí při zatížení kroutícím momentem vlevo

Místa s nejvyššími hodnotami napětí jsou podle analýzy opět podobné pro oba směry kroutícího momentu. Jsou 9,6 MPa a na obrázcích 48 a 49 jsou zbarveny červeně.

## 5.4 Výpočet záložního zdroje

Výpočet spočívá v sečtení maximální spotřeby jednotlivých spotřebičů, navržení potřebné kapacity záložního zdroje a stanovení koeficientu bezpečnosti pro 5 minut provozu.

Spotřebič	Maximální příkon [W]
HMI	10
DRIVER	400
PLC	50
Servomotor	400
Modul napájení	25
Příkon spotřebičů celkem [W]	885

**Tabulka 6: Příkony spotřebičů**

Celkový maximální příkon všech spotřebičů je 885 W. Trvalý výstupní výkon měniče napětí je 1000W. Maximální vstupní proud měniče napětí je 110 A a předběžný návrh kapacity záložního zdroje byl 150 Ah.

$$1000W \dots 110A$$

$$\underline{885W \dots xA}$$

$$x = 110 \times 885 / 1000 = 97,35 \text{ A}$$

$$150A \dots 1h$$

$$\underline{97,35A \dots yh}$$

$$y = 1 \times 150 / 97,35 = 1,54 \text{ h}$$

Pokud by tedy došlo k výpadku hlavního zdroje napájení bude do měniče napětí téct ze záložního zdroje 98 ampér. Systém řízení zadní nápravy by tedy mohly pracovat na plný výkon ještě přibližně 1 hodinu a 30 minut.

## 6. EKONOMICKÝ ROZBOR

Pro tvorbu ekonomického rozboru jsem požádal zástupce firem Nord, Omron a Bosch o orientační cenové nabídky. Tyto jsou orientační a v případě realizace projektu k jednání. K jednotlivým položkám je přidán popis nebo typ komponenty.

Komponenty	Popis	Cena
Mechanické komponenty	Výroba, povrchová úprava	10000
HMI	NQ5-SQ-000B	14000
Měnič napětí HQ	12V/230V 1000W	5138
Šneková převodovka	SK1SI31	1960
4 x Snímač ABS	6Q0927803B	1600
2 x Snímač úhlu natočení volantu	6Q1423291D	4400
1 x Snímač stáčivé rychlosti	DRS-MM3-R8 (0265005711)	7000
2 x Akumulátor	Bosch 74Ah-680A	2100
Kabel 1m (Driver->PLC)	R7A-CPB001S	1232
Kabel enkodéru 3m	R88A-CRGB003CR-E	1421
Kabel brzdový 3m	R88A-CAGA003BR-E	683
Silový kabel 3m	R7A-CAB003SR-E	763
Filtr	R7A-FIB104-RE	756
Servozesilovač (driver)	R7D-BP04H	8106
PLC (řízení CJ2, pulzní ovládání)	CP1H-XA40DT1-D	27600
Komunikace s HMI (RS232)	CP1W-CIF01	1155
Servomotor	R88M-G40030H-BS2	10017
Modul napájení 25W	CJ1W-PD025	5502
Proc. jedn. (prog. přes USB)	CJ2-CPU13	17710
Modul digit. vstupů (8x)	CJ1W-ID201	2982
Modul digit. výstupů (8x)	CJ1W-OD204	3682
Modul analog. vstupů/výstupů	CJ1W-MAD42	13531
Modul pro puls. říz. 1 serva	CJ1W-NC113	10213
	<b>Celkem</b>	<b>103433</b>
	<b>S rozšířením</b>	<b>151551</b>

Tabulka 7: Cenová kalkulace projektu

## 7. ZÁVĚR

Při volbě typu pohonu natáčení kol zadní nápravy jsem elektrohydraulický systém nepovažoval za výhodný kvůli složitějšímu řešení. Bylo to zejména kvůli možnosti uvolnění hydraulických spojů vlivem celkového kmitání vozidla a vlastní neznalosti hydraulických systémů. Mechanický systém jsem nezvolil kvůli jeho kinematické složitosti, nutnosti vysoké výrobní přesnosti a komponentům, které nejsou sériově vyráběny. Zvýšila by se tím cena a znemožnila by se variabilita systému.

Pro systém řízení zadní nápravy jsem navrhl elektrické ovládání kvůli jeho relativní jednoduchosti a velkým možnostem dalšího rozvoje a rozšiřování. Asynchronní motor nedokáže zajistit přesné polohování a vyrovnávání polohy. Krokový motor může při přetížení změnit polohu rotoru bez možnosti zpětného vyrovnání. Jelikož jsem nenašel tak výkonný elektromotor, který by byl napájen napětím 12V a byl schopen přesného polohování, vybral jsem pro pohon natáčení kol zadní nápravy servomotor. Ten je napájen střídavým napětím 230 V a je nutné použít měnič napětí z 12VDC na 230VAC. Pro sériově vyráběná vozidla není tento způsob ovládání úplně ideální. Bylo by vhodné navrhnout speciální pohon napájený 12V a to by představovalo vyšší finanční náročnost. Jelikož jsem se ale zabýval návrhem pro konkrétní experimentální vozidlo, volil jsem, s ohledem na cenu, komponenty sériově vyráběné.

Záložní zdroj je svými dvěma akumulátory výrazně předimenzovaný. V ideálním případě by nejspíš bohatě postačil pouze jeden akumulátor. Můj osobní názor ovšem je zachovat tyto dva paralelně zapojené akumulátory. Výhody: možnost připojení dalších spotřebičů, zajištěná bezpečnost i během sulfatace olověných článků akumulátorů, možnost nahrazení vozidlového akumulátoru při jeho poruše.

V návrhu systému je obsaženo základní vybavení komponenty potřebnými pro ovládání zadní nápravy, teoretický návrh programového vybavení a popis teoretické funkce systému pro konkrétní experimentální vozidlo. Je ovšem nezbytné tyto teoretické podklady dále rozvinout s pomocí programátora, který systém „oživí“, „odladí“ a během jízdních zkoušek program přizpůsobí skutečným požadavkům.

Předmětem dalšího výzkumu bude i optimalizace jízdní dynamiky (hlavně rychlostí přechodových stavů vozidla při zatáčení). Úhel  $\beta_2$  (úhel natočení kol zadní nápravy) by ještě měl být korigován koeficientem „k“. Tento koeficient upravuje teoreticky vypočtené chování vozidla podle skutečného. Upravovaným parametrem bude stáčivá rychlost vozidla. Hodnoty tohoto koeficientu se liší v závislosti na rychlosti vozidla, rychlosti natočení volantů a úhlu

natočení volantu. Proto se zjišťují pro konkrétní vozidlo pomocí matematického modelu a jízdními zkouškami.

Cenová kalkulace je orientační, jelikož cenové nabídky jsou platné cca 3 měsíce. Po konzultaci s kolegy z firmy Ing. Zdeněk Švéda – Colorset jsem dospěl k názoru, že ceny elektrokomponent jsou vyšší než je pro zmiňovanou firmu obvyklé. Proto doporučuji před samotnou realizací projektu kontaktovat firmu Ing. Zdeněk Švéda – Colorset a pokusit se o snížení ceny komponent firmy Omron. Mohlo by se jednat o úsporu řádově několik tisíc korun.

Mechanické komponenty budou povrchově upraveny žárovým zinkováním pro zvýšení odolnosti před povětrnostními vlivy.

Výsledky analýzy programu SolidWorks – Simulation expres ukázaly, že držák pohonu řízení zadní nápravy je předimenzovaný. Například pro střídavé zatížení ohybem je dovolené napětí 60 MPa. Maximální zatížení od pohonu řízení zadní nápravy je 9,6 MPa. Můžeme tedy uvažovat že bezpečnost bude přibližně rovna hodnotě 6. V analýze bylo použito několik zjednodušujících parametrů, které by mohly způsobit větší skutečné zatížení držáku. Po konzultaci s kolegou, který se zabývá výpočtovou činností součástí ve strojírenství jsem dospěl k názoru, že předimenzování zmiňovaného dílu je na místě i z hlediska bezpečnosti obsluhy vozidla.

Systém řízení zadní nápravy bude v základním provedení ovládan programovatelným logickým automatem typu CP1H-XA40DT1-D. Rozšiřovací moduly CJ1W-ID201, CJ1W-OD204, CJ1W-MAD42 umožňují připojit další snímače. Lze ho rozšířit modulem CJ1W-NC113 pro řízení dalšího servomotoru (například pro ovládání natáčení kol přední nápravy). V případě potřeby je možné PLC rozšířit o procesorovou jednotkou CJ2-CPU13. Vzniká tím možnost přidat k systému až 4 další osy (servomotory, lineární pohony, atd.).

Velkou výhodou použití komponent od firmy Omron je nabídka zaškolení v programování zdarma p. Ing. Havlíčkem, na kterého poskytnu kontakt.

S dalším rozvojem tohoto vozidla by stálo za úvahu navrhnout generátor střídavého napětí 230 V s vyšším výkonem než má navržený měnič napětí, který by byl poháněn spalovacím motorem.

V případě realizace jsem ochoten se dále na projektu podílet, zajistit výrobu mechanických komponent a zajistit i další konzultace s kolegou, který se zabývá programováním. Můj e-mail je: [vladimir.balog@seznam.cz](mailto:vladimir.balog@seznam.cz)

Návrh tohoto systému byl prezentován 18.11.2010 v Hradci Králové na konferenci Výzkum a vývoj v automobilovém průmyslu pořádané firmou SWELL pod názvem Experimentální vozidlo – od návrhu k realizaci.

## SEZNAM TABULEK:

Tabulka 1: Nastavení "Lineárního režimu" .....	- 44 -
Tabulka 2: Nastavení "Nelineárního režimu" .....	- 46 -
Tabulka 3: Výsledky nastavení "Nelineárního režimu" .....	- 47 -
Tabulka 4: Nastavení "Skokového režimu" .....	- 50 -
Tabulka 5: Nastavení "Interpolačního režimu" .....	- 52 -
Tabulka 6: Příkony spotřebičů .....	- 74 -
Tabulka 7: Cenová kalkulace projektu .....	- 75 -

## SEZNAM OBRÁZKŮ:

Obrázek 1: Obrněné průzkumné vozidlo SdKfz 231 8-rad .....	- 10 -
Obrázek 2: Mercedes-Benz 170 VL .....	- 11 -
Obrázek 3: Štábní vozidlo Mercedes-Benz G5 .....	- 11 -
Obrázek 4: Říditelná zadní náprava Honda Prelude 4WS .....	- 13 -
Obrázek 5: Nesouhlasné natočení kol zadní nápravy Honda Prelude 4WS .....	- 14 -
Obrázek 6: Schéma zadní převodky řízení Honda Prelude 4WS .....	- 15 -
Obrázek 7: Schéma elektrohydraulického systému řízení zadních kol Mazda .....	- 17 -
Obrázek 8: Schéma hydraulického bloku řízení zadních kol vozidla Mazda 626 .....	- 18 -
Obrázek 9: Volkswagen Futura .....	- 20 -
Obrázek 10: Nesouhlasné natočení kol experimentálního vozidla .....	- 22 -
Obrázek 11: Souhlasné natáčení kol experimentálního vozidla .....	- 23 -
Obrázek 12: Blokované schéma mechanického uspořádání na vozidle .....	- 24 -
Obrázek 13: Otočná deska s úhlovou stupnicí .....	- 25 -
Obrázek 14: Schéma bloku "Řízení zadní nápravy" .....	- 26 -
Obrázek 15: Zadní převodka řízení experimentálního vozidla .....	- 28 -
Obrázek 16: Umístění pohonu natáčení zadní nápravy a fixovaný kloubový hřídel .....	- 28 -
Obrázek 17: Blokované schéma uspořádání elektro komponent (elektronická část řízení zadní nápravy) .....	- 29 -
Obrázek 18: Princip Hallova snímače úhlu natočení volantu .....	- 30 -
Obrázek 19: Schéma snímače stáčivé rychlosti a bočního zrychlení .....	- 31 -
Obrázek 20: Dotykový displej "HMI" .....	- 32 -
Obrázek 21: Servomotor .....	- 33 -

Obrázek 22: Schéma uspořádání komponent pro pohon servomotorem.....	- 34 -
Obrázek 23: Průběh kroutícího momentu servomotoru .....	- 35 -
Obrázek 24: Princip asynchronního motoru.....	- 36 -
Obrázek 25: Schéma vinutí statoru jednofázového asynchronního motoru.....	- 37 -
Obrázek 26: Schéma uspořádání komponent pro pohon asynchronním motorem.....	- 38 -
Obrázek 27: Krokový motor .....	- 39 -
Obrázek 28: Schéma krokového motoru .....	- 40 -
Obrázek 29: Řízení jednou sepnutou fází .....	- 41 -
Obrázek 30: Řízení se dvěma sepnutými fázemi .....	- 41 -
Obrázek 31: Závislost momentu krokového motoru na otáčkách.....	- 42 -
Obrázek 32: Servomotor Omron SmartStep 2 .....	- 55 -
Obrázek 33: Driver Omron .....	- 56 -
Obrázek 34: Měnič napětí .....	- 57 -
Obrázek 35: Programovatelný logický automat.....	- 58 -
Obrázek 36: Dotykový displej.....	- 59 -
Obrázek 37: Snímač stáčivé rychlosti a zrychlení Bosch .....	- 60 -
Obrázek 38: Umístění snímače úhlu natočení volantu.....	- 61 -
Obrázek 39: Snímač úhlu natočení volantu.....	- 61 -
Obrázek 40: Schéma umístění snímače úhlu natočení volantu .....	- 62 -
Obrázek 41: Snímač rychlosti .....	- 62 -
Obrázek 42: Mnou navržený držák pohonu natáčení kol zadní nápravy .....	- 66 -
Obrázek 43: Umístění držáku pohonu natáčení zadní nápravy na jeklovém rámu .....	- 67 -
Obrázek 44: Vazba držáku k rámu .....	- 68 -
Obrázek 45: Výsledek analýzy napětí při zatížení svislou silou.....	- 69 -
Obrázek 46: Výsledek analýzy posunutí při zatížení svislou silou.....	- 70 -
Obrázek 47: Zatížení držáku kroutícím momentem vpravo.....	- 71 -
Obrázek 48: Zatížení držáku kroutícím momentem vpravo.....	- 71 -
Obrázek 49: Výsledek analýzy posunutí při zatížení kroutícím momentem vlevo.....	- 72 -
Obrázek 50: Výsledek analýzy posunutí při zatížení kroutícím momentem vpravo .....	- 72 -
Obrázek 51: Výsledek analýzy napětí při zatížení kroutícím momentem vpravo .....	- 73 -
Obrázek 52: Výsledek analýzy napětí při zatížení kroutícím momentem vlevo.....	- 73 -

## SEZNAM GRAFŮ:

Graf 1: Průběh natáčení zadní nápravy "Lineárního režimu" .....	- 45 -
Graf 2: Průběh "Nelineárního režimu" .....	- 48 -
Graf 3: Průběh "Skokového režimu" .....	- 51 -
Graf 4: Průběh "Interpolačního režimu" .....	- 53 -

## SEZNAM INFORMAČNÍCH ZDROJŮ:

- [1] *FS ČVUT:FS* [online]. 2010 [cit. 7.4.2010]. 4WS – řízení zadních kol.  
Dostupné z WWW: <[http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12241-BOZEK/publikace/2002/4WS-rizeni\\_zadnich\\_kol.pdf](http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12241-BOZEK/publikace/2002/4WS-rizeni_zadnich_kol.pdf)>
- [2] *Automotorevue.cz* [online]. 2010 [cit. 17.10.2010]. Systém 4WS – Řízení všech kol.  
Dostupné z WWW : <<http://www.automotorevue.cz/auto/technika/system-4ws-rizeni-vsech-kol.html>>
- [3] *Panzernet.net* [online]. 2010 [cit. 17.10.2010]. SdKfz 231. Dostupné z WWW:  
<<http://www.panzernet.net/panzernet/stranky/obrnnavozidla/231.php>>
- [4] *Autolexicon.net*. [online]. 2010 [cit. 18.10.2010]. ABS (Anti-lock Braking System).  
Dostupné z WWW: <<http://cs.autolexicon.net/articles/abs-anti-lock-braking-system>>
- [5] *Wikipedia.cz*. [online]. 2010 [cit. 18.10.2010]. Asynchronní motor. Dostupné z WWW:  
<[http://cs.wikipedia.org/wiki/Asynchronn%C3%AD\\_motor](http://cs.wikipedia.org/wiki/Asynchronn%C3%AD_motor)>
- [6] *Wikipedia.cz*. [online]. 2010 [cit. 18.10.2010]. Servomotor. Dostupné z WWW:  
<<http://cs.wikipedia.org/wiki/Servomotor>>
- [7] *Wikipedia.cz*. [online]. 2010 [cit. 18.10.2010]. Krokový motor. Dostupné z WWW:  
<<http://cs.wikipedia.org/wiki/Servomotor>>
- [8] *Wikipedia.cz*. [online]. 2010 [cit. 18.10.2010]. PLC. Dostupné z WWW:  
<[http://cs.wikipedia.org/wiki/Programovateln%C3%BD\\_logick%C3%BD\\_automat](http://cs.wikipedia.org/wiki/Programovateln%C3%BD_logick%C3%BD_automat)>
- [9] *Homel.vsb.cz*. [online]. 2010 [cit. 18.10.2010]. Měřicí a senzorová technika – Měření pohybu vozu v závislosti na otočení volantů a návrh regulace vozidla. Dostupné z WWW:<[http://homel.vsb.cz/~los032/Prostredky%20automatickeho%20rizeni/Semestralni%20p\\_rojekt/SEMprojekt-LOS-PAR.pdf](http://homel.vsb.cz/~los032/Prostredky%20automatickeho%20rizeni/Semestralni%20p_rojekt/SEMprojekt-LOS-PAR.pdf)>
- [10] *Auto.iDnes.cz*. [online]. 2010 [cit. 18.10.2010]. Článek. Dostupné z WWW:  
<[http://auto.idnes.cz/renault-laguna-gt-zataci-vsemi-ctyrmi-vime-jake-to-je-pcg-/auto\\_testy.asp?c=A080420\\_204519\\_auto\\_testy\\_fdv](http://auto.idnes.cz/renault-laguna-gt-zataci-vsemi-ctyrmi-vime-jake-to-je-pcg-/auto_testy.asp?c=A080420_204519_auto_testy_fdv)>

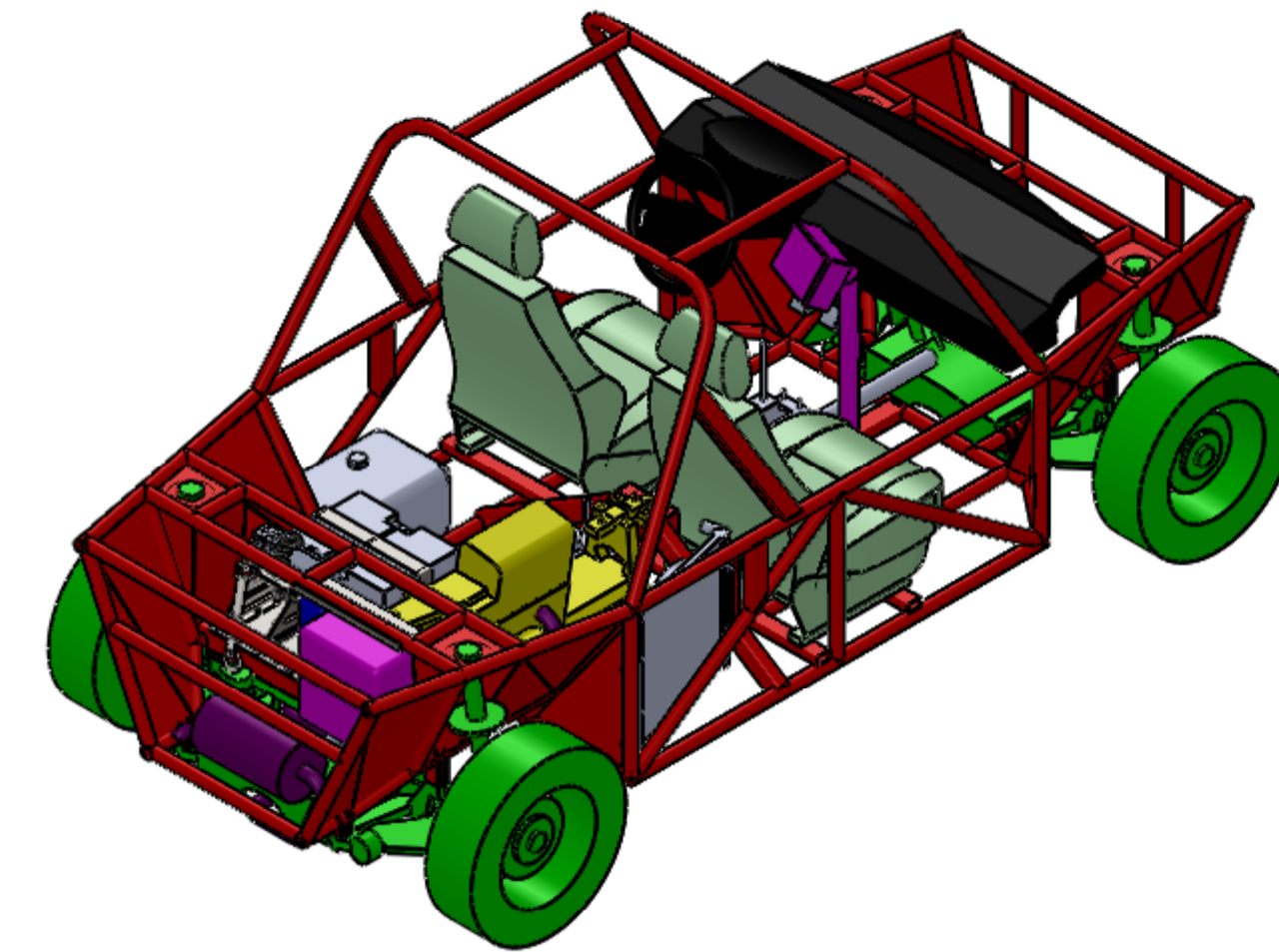
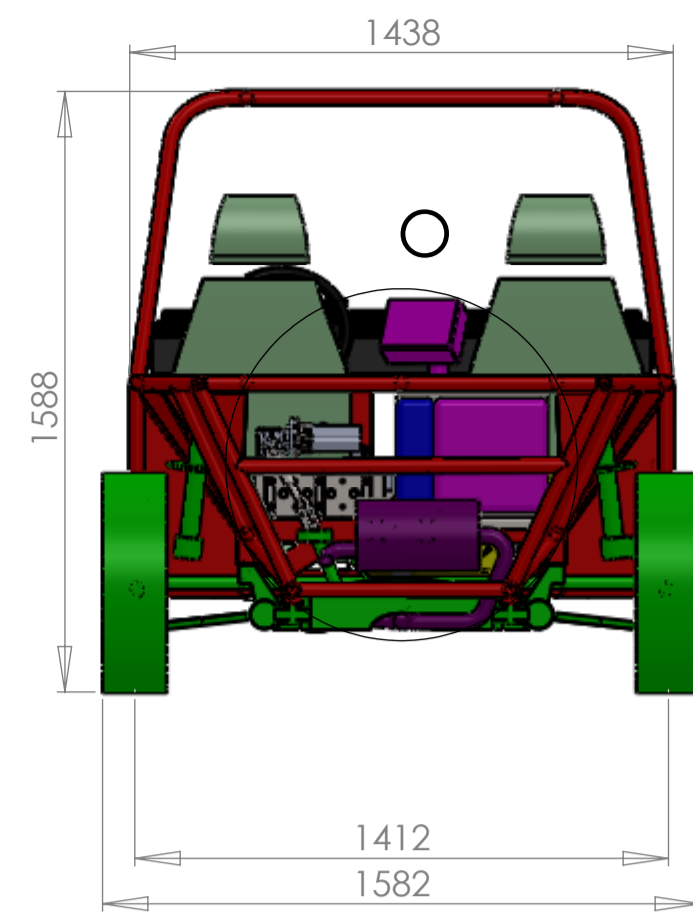
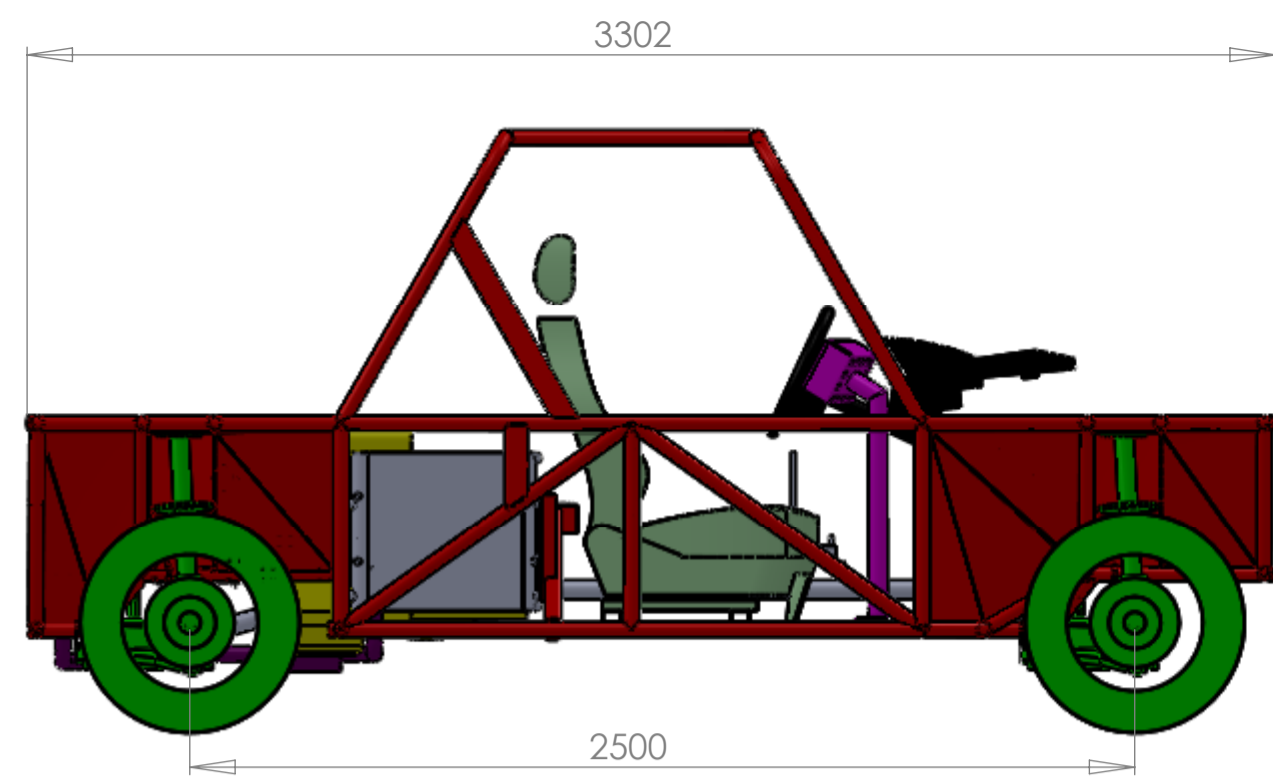
- [11] *Industrial.omron.cz*. [online]. 2010 [cit. 18.10.2010]. Automatizační systémy. Dostupné z WWW: <[http://industrial.omron.cz/cs/products/catalogue/automation\\_systems/programmable\\_logic\\_controllers/compact\\_plc\\_series/cp1h/default.html](http://industrial.omron.cz/cs/products/catalogue/automation_systems/programmable_logic_controllers/compact_plc_series/cp1h/default.html)>
- [12] *Industrial.omron.cz*. [online]. 2010 [cit. 18.10.2010]. Pohony a řízení pohybu. Dostupné z WWW: <[http://industrial.omron.cz/cs/products/catalogue/motion\\_and\\_drives/servo\\_systems/servo\\_drives/smartstep\\_2/default.html](http://industrial.omron.cz/cs/products/catalogue/motion_and_drives/servo_systems/servo_drives/smartstep_2/default.html)>
- [13] *Industrial.omron.cz*. [online]. 2010 [cit. 18.10.2010]. Pohony a řízení pohybu. Dostupné z WWW: <[http://industrial.omron.cz/cs/products/catalogue/automation\\_systems/hmi/compact\\_hmi/nq5/default.html](http://industrial.omron.cz/cs/products/catalogue/automation_systems/hmi/compact_hmi/nq5/default.html)>
- [14] *Nord.com*. [online]. 2010 [cit. 18.10.2010]. Katalog. Dostupné z WWW: <[http://www2.nord.com/cms/cz/product\\_catalogue/elcat.jsp?var1=public&ProdH=1D01&lang=cs&country=CZ](http://www2.nord.com/cms/cz/product_catalogue/elcat.jsp?var1=public&ProdH=1D01&lang=cs&country=CZ)>
- [15] *CarStyling.ru* [online]. 2010 [cit. 18.10.2010]. 1989 Volkswagen Futura. Dostupné z WWW: <[http://www.carstyling.ru/ru/car/1989\\_volkswagen\\_futura/](http://www.carstyling.ru/ru/car/1989_volkswagen_futura/)>
- [16] Vlk, František. *Koncepce motorových vozidel*. 1. vyd. Brno, 2000: Nakladatelství a vydavatelství VLK. ISBN 80-238-5276-0
- [17] Vlk, František. *Automobilová elektronika 1 – Asistenční a informační systémy*. 1. vyd. Brno, 2006: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., Nakladatelství a vydavatelství. ISBN 80-239-6462-3
- [18] Vlk, František. *Automobilová elektronika 2 – Systémy řízení podvozku a komfortní systémy*. 1. vyd. Brno, 2006: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., Nakladatelství a vydavatelství. ISBN 80-239-7062-3
- [19] Vlk, František. *Dynamika motorových vozidel*. 2.vyd. Brno, 2005: Prof. Ing. František Vlk, DrSc., Nakladatelství a vydavatelství. ISBN 80-239-0024-2

## **SEZNAM PUBLIKACÍ:**

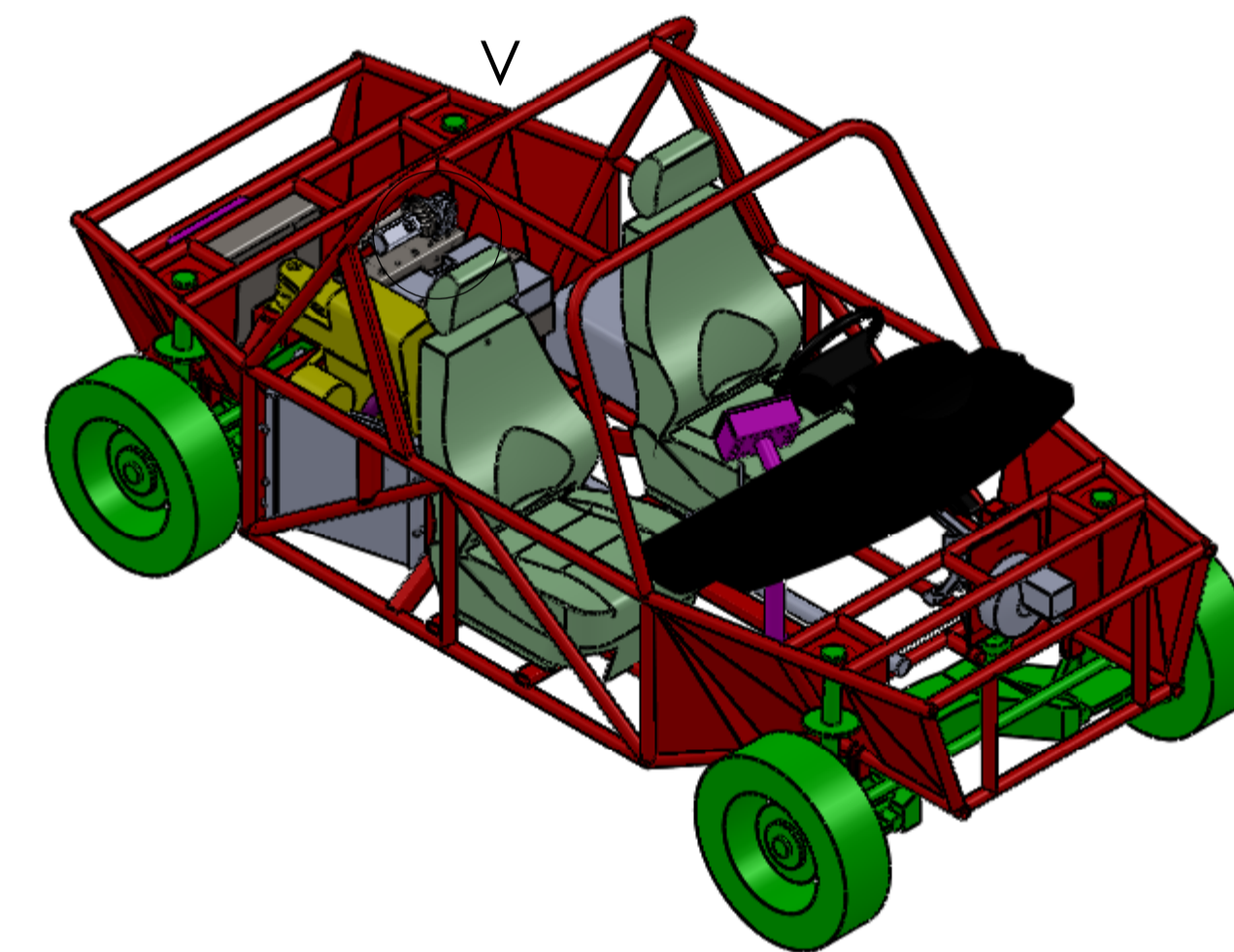
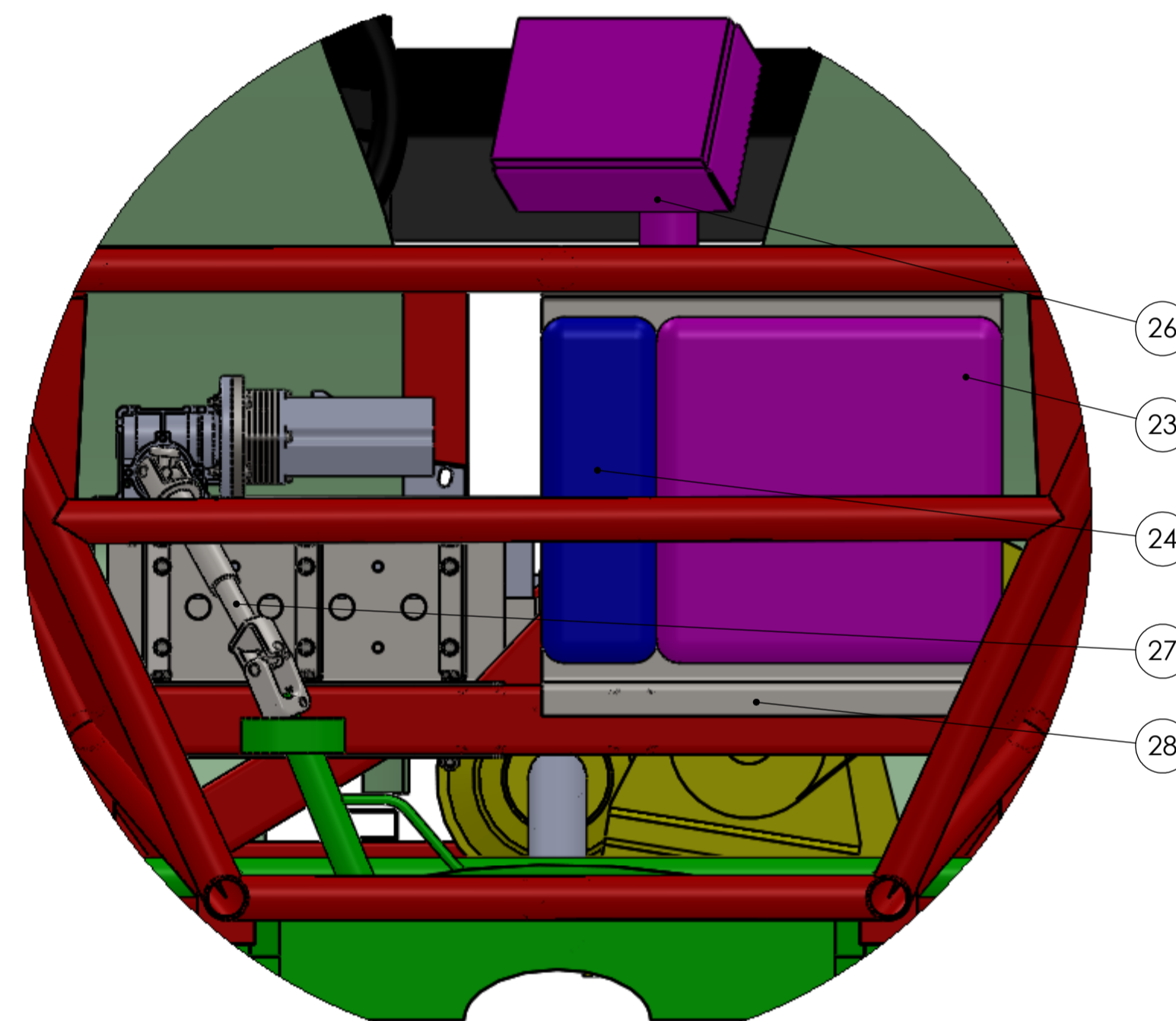
- [1] V. Balog, M. Tesař: *Experimentální vozidlo – od návrhu k realizaci*, VVA 2010, Prototypy: od virtuality k realitě, Seminář pořádaný firmou SWELL, Hradec Králové 2010.

## SEZNAM PŘÍLOH:

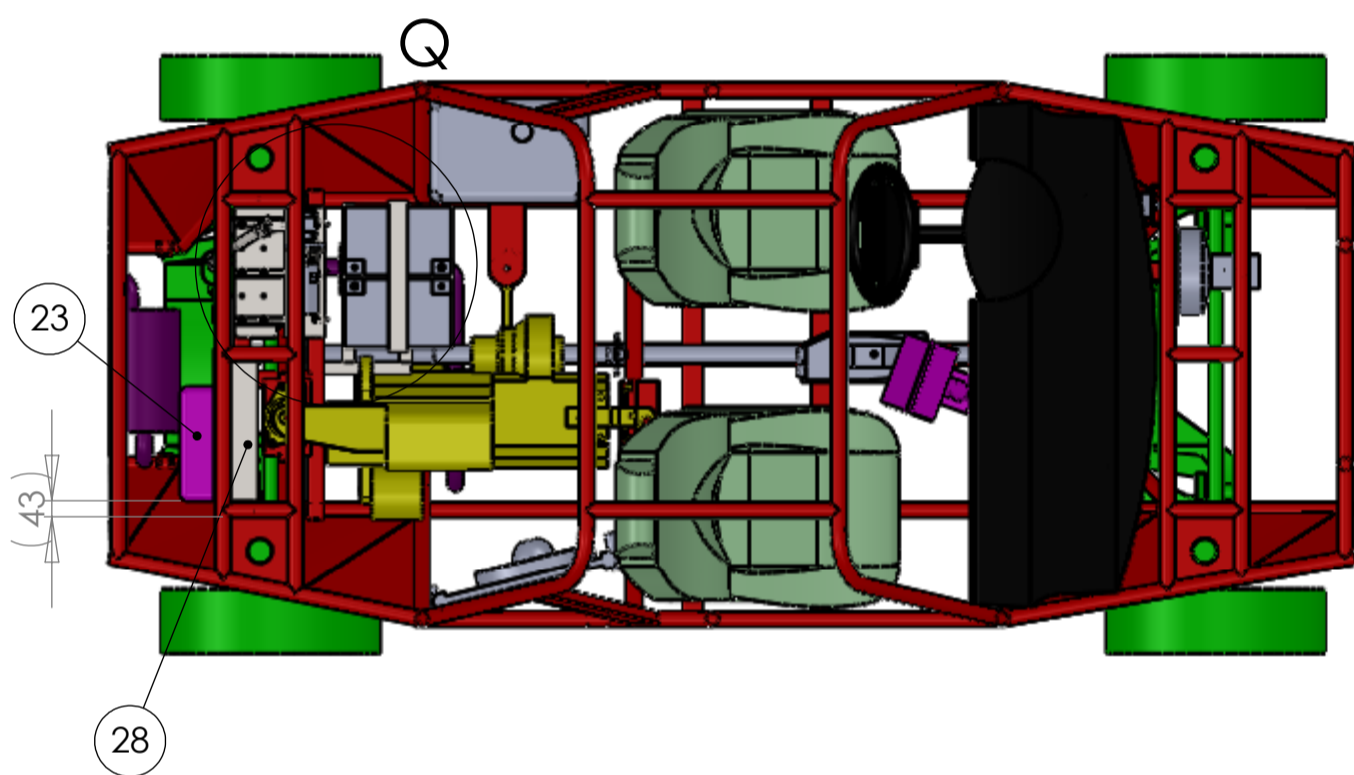
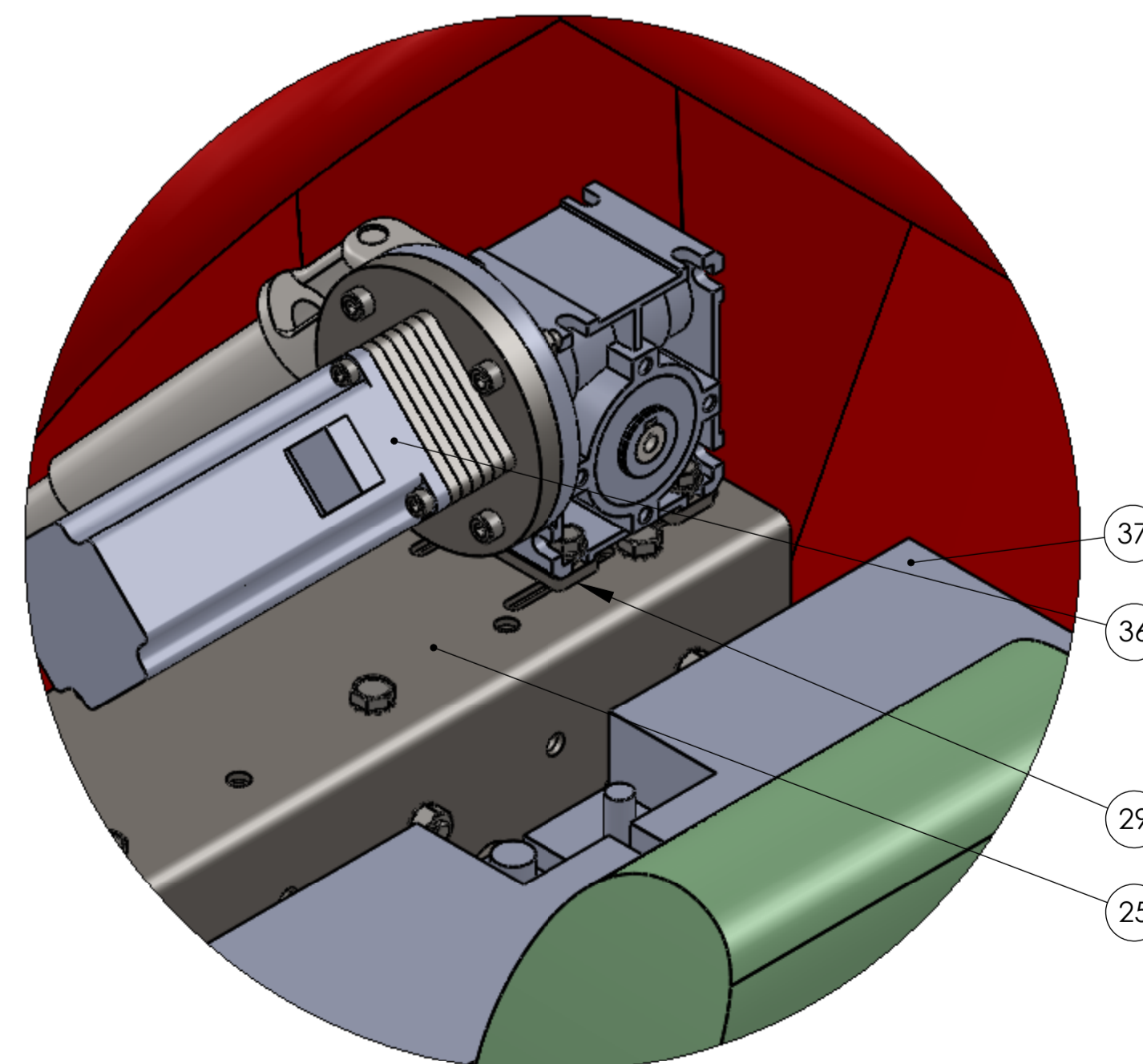
Příloha č. 1	Sestavní výkres EXPERIMENTÁLNÍ_VOZIDLO
Příloha č. 2	Sestavní výkres DRŽÁKU_POHONU_NAT._ZADNÍ_NÁPRAVY
Příloha č. 3	Sestavní výkres KLOUBOVÝ_HŘÍDEL
Příloha č. 4	Sestavní výkres RÁMEČEK_POD_AKU
Příloha č. 5	Sestavní výkres SEST_MOT_OMRON_PR_NORD
Příloha č. 6	Výrobní výkres dílu: DRZ_MOT_2_ZZ2
Příloha č. 7	Výrobní výkres dílu: DRZ_MOT_2_2_ZZ2
Příloha č. 8	Výrobní výkres dílu: ŽEBRA_DRŽÁKU_MOTORU
Příloha č. 9	Výrobní výkres dílu: HRIDEL_PREV_KLOUB_Z_1_ZZ2
Příloha č. 10	Výrobní výkres dílu: VIDLICKA_TISHRAN_Z_2_ZZ2
Příloha č. 11	Výrobní výkres dílu: J30x30x2_POD_AKU_2
Příloha č. 12	Výrobní výkres dílu: J30x30x2_POD_AKU
Příloha č. 13	Výrobní výkres dílu: KRABICE_POD_AKU
Příloha č. 14	Výrobní výkres dílu: ZAJIST_AKU
Příloha č. 15	Výrobní výkres dílu: PRIR_SERVO_1
Příloha č. 16	Výrobní výkres dílu: PRIR_PREV_1
Příloha č. 17	Výrobní výkres dílu: IEC_ADAPTÉR
Příloha č. 18	Výrobní výkres dílu: PODLOZKA_POD_PREV
Příloha č. 19	Sestavní výkres: KONZOLA_POD_LCD
Příloha č. 20	Výrobní výkres dílu: PLATLE_POD_DRZ_LCD_Z_1_ZZ2
Příloha č. 21	Výrobní výkres dílu: TR100x2_DRZ_2_LCD_Z_1_ZZ2
Příloha č. 22	Výrobní výkres dílu: TR100x2_DRZ_1_LCD_Z_1_ZZ2
Příloha č. 23	Výrobní výkres dílu: PLATLE_POD_LCD_Z_1_ZZ2
Příloha č. 24	Výrobní výkres dílu: DRZAK_ROZVADECE_Z1_ZZ2



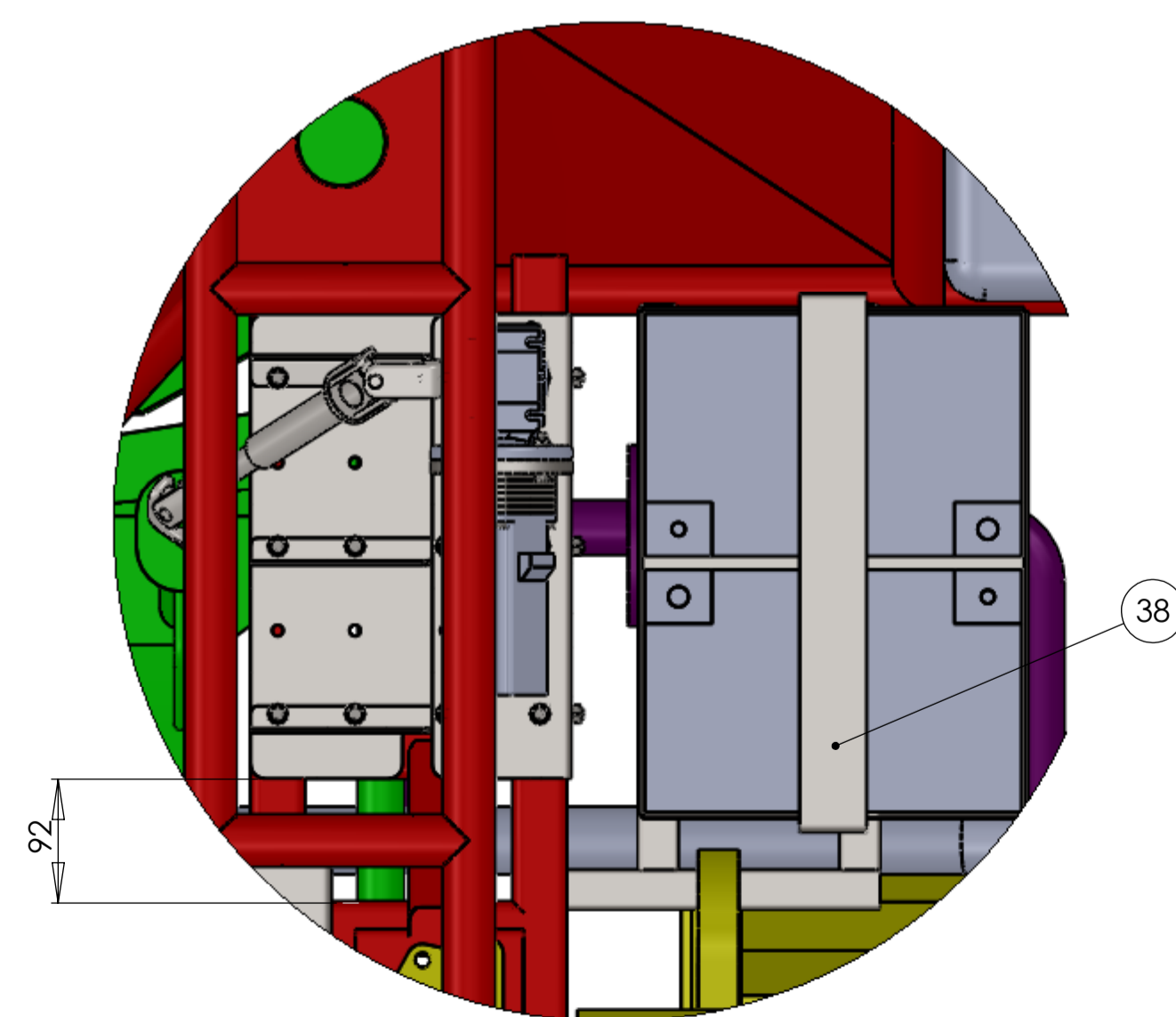
DETAIL O  
MÉRITKO 1 : 5



DETAIL V  
MÉRITKO 1 : 2



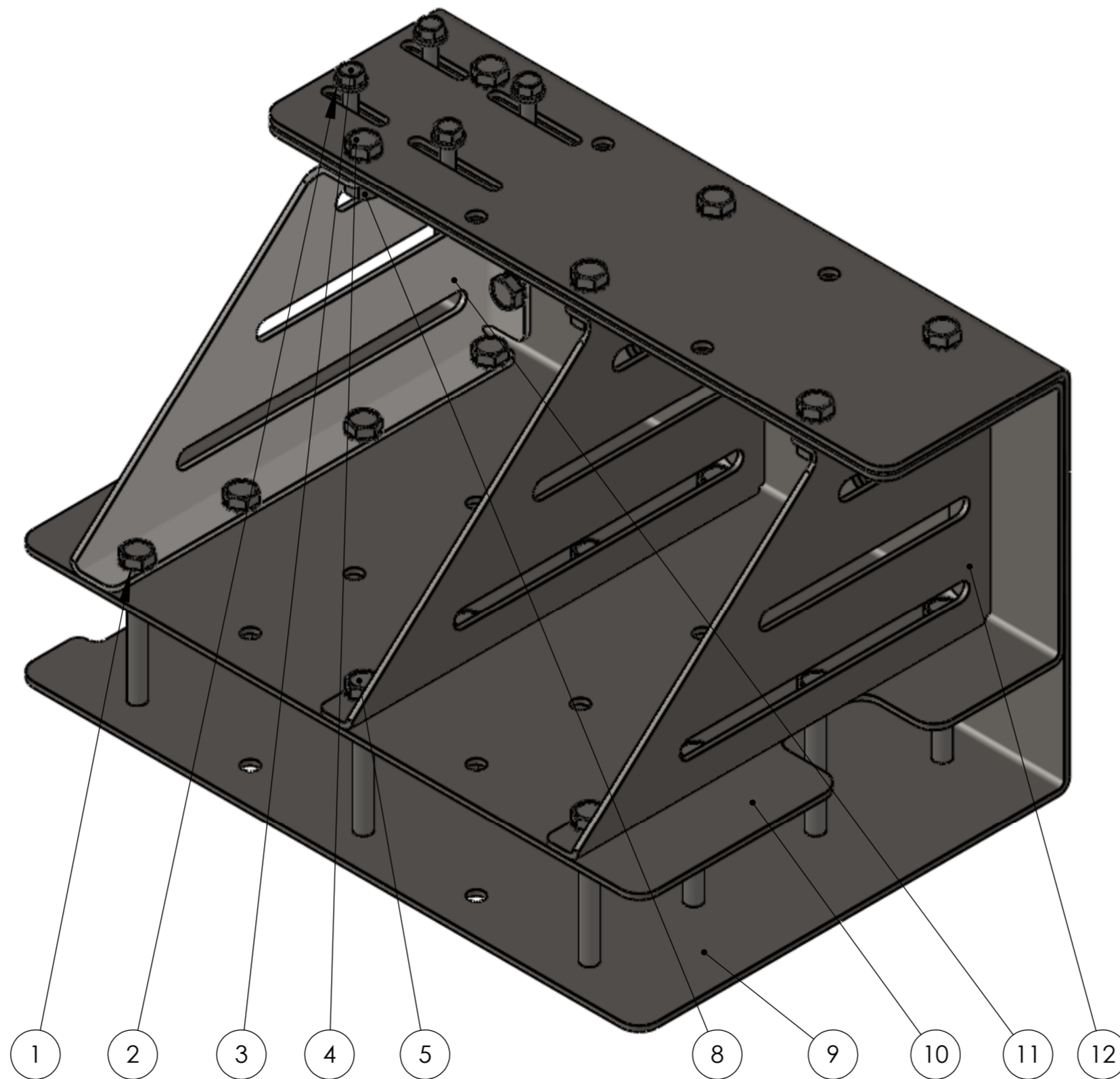
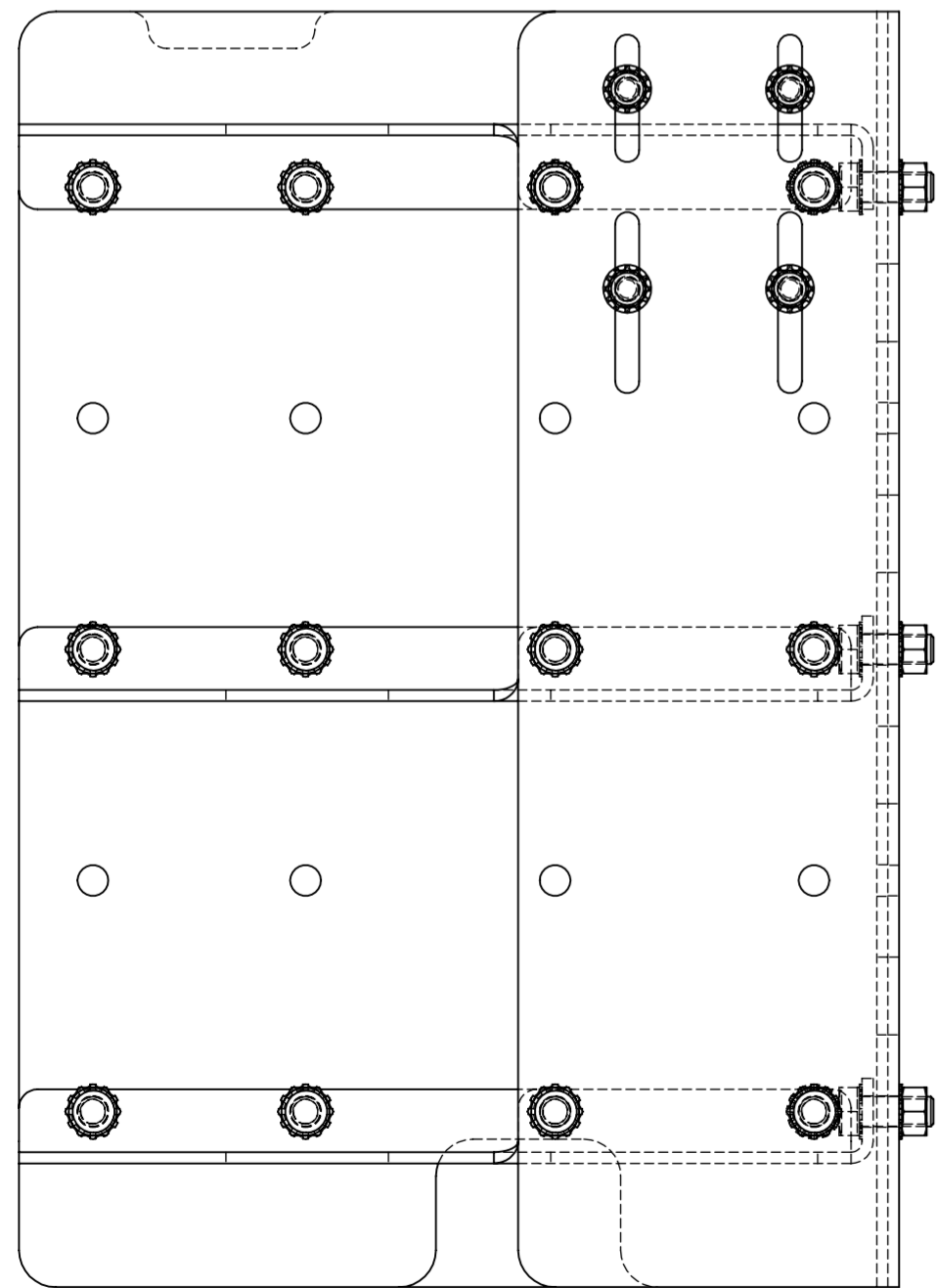
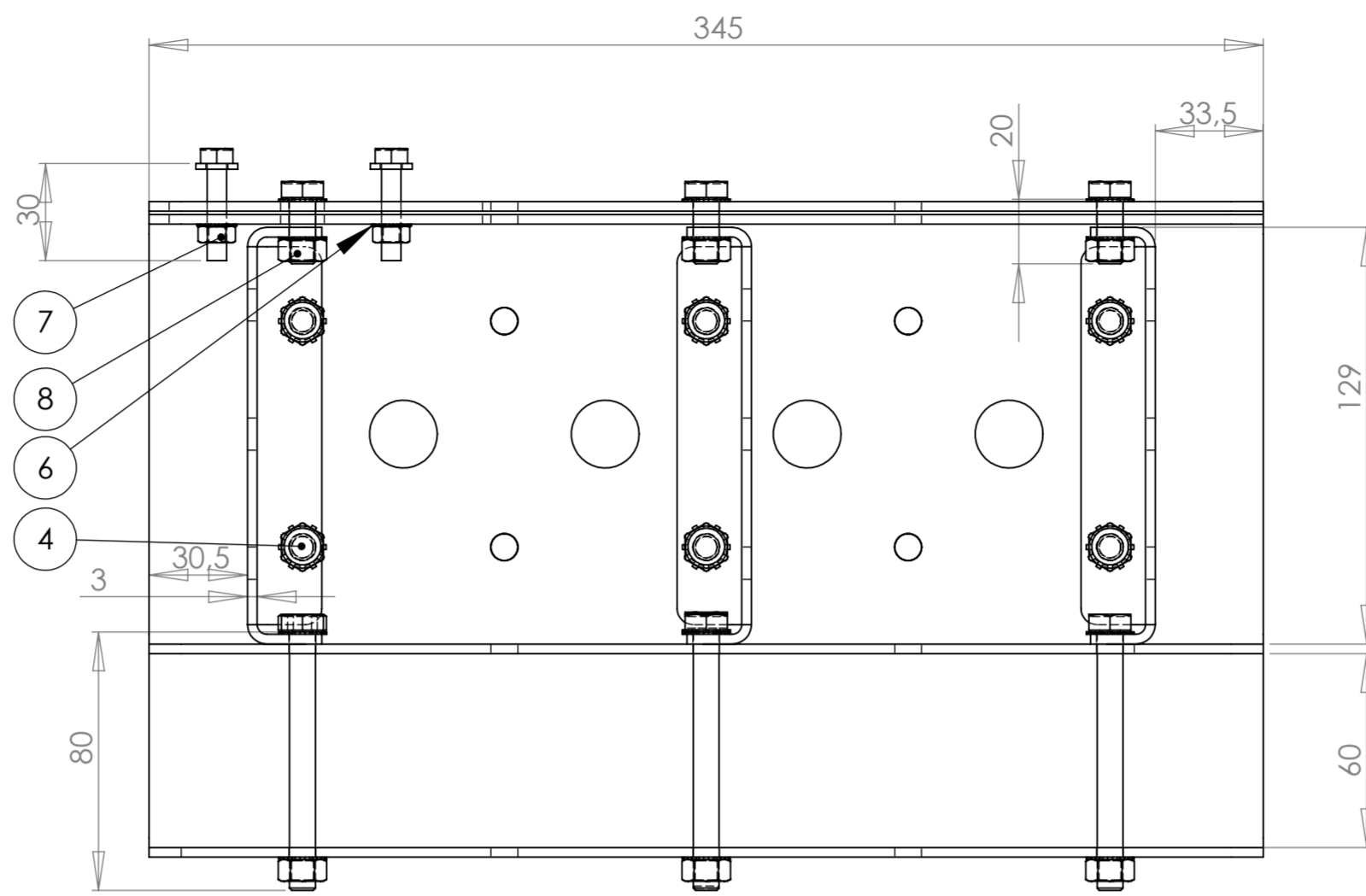
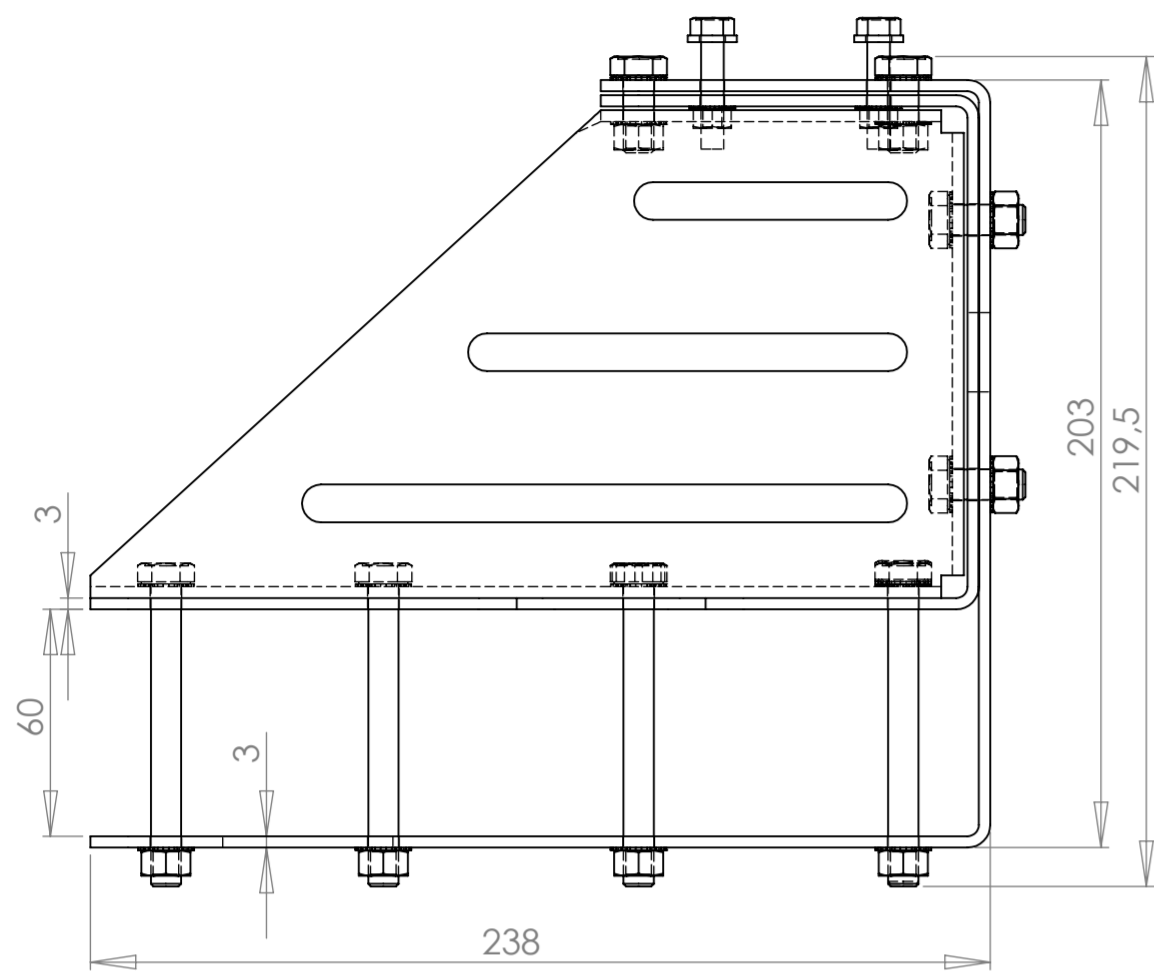
DETAIL Q  
MÉRITKO 1 : 5



CELKOVÁ HMOTNOST ZAŘÍZENÍ PRO ŘÍZENÍ ZADNÍ NÁPRAVY JE PŘÍBLIŽNĚ 40 kg  
(PLUS ELEKTRO ROZVADEČ, PLC A KABELAŽ)

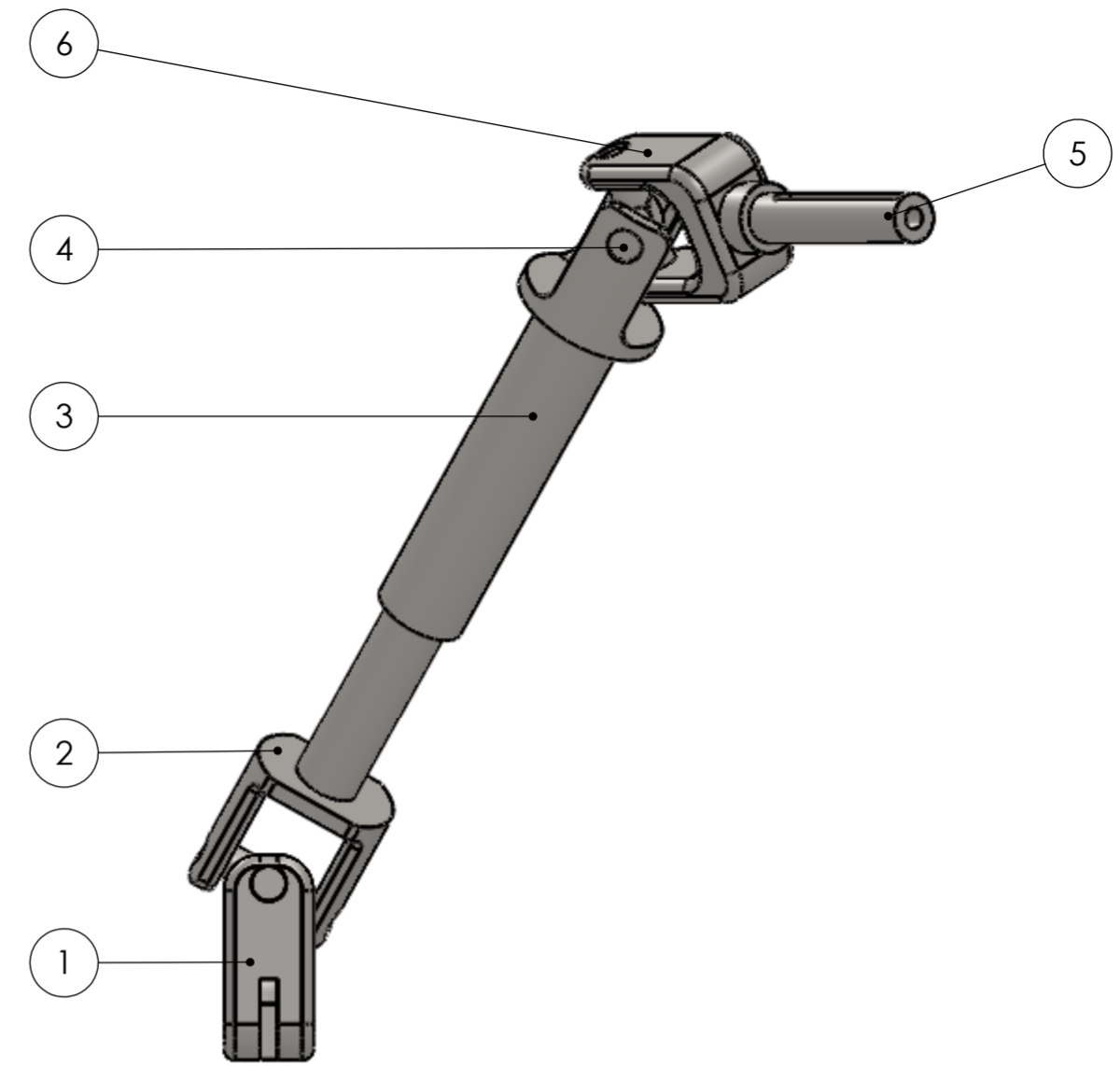
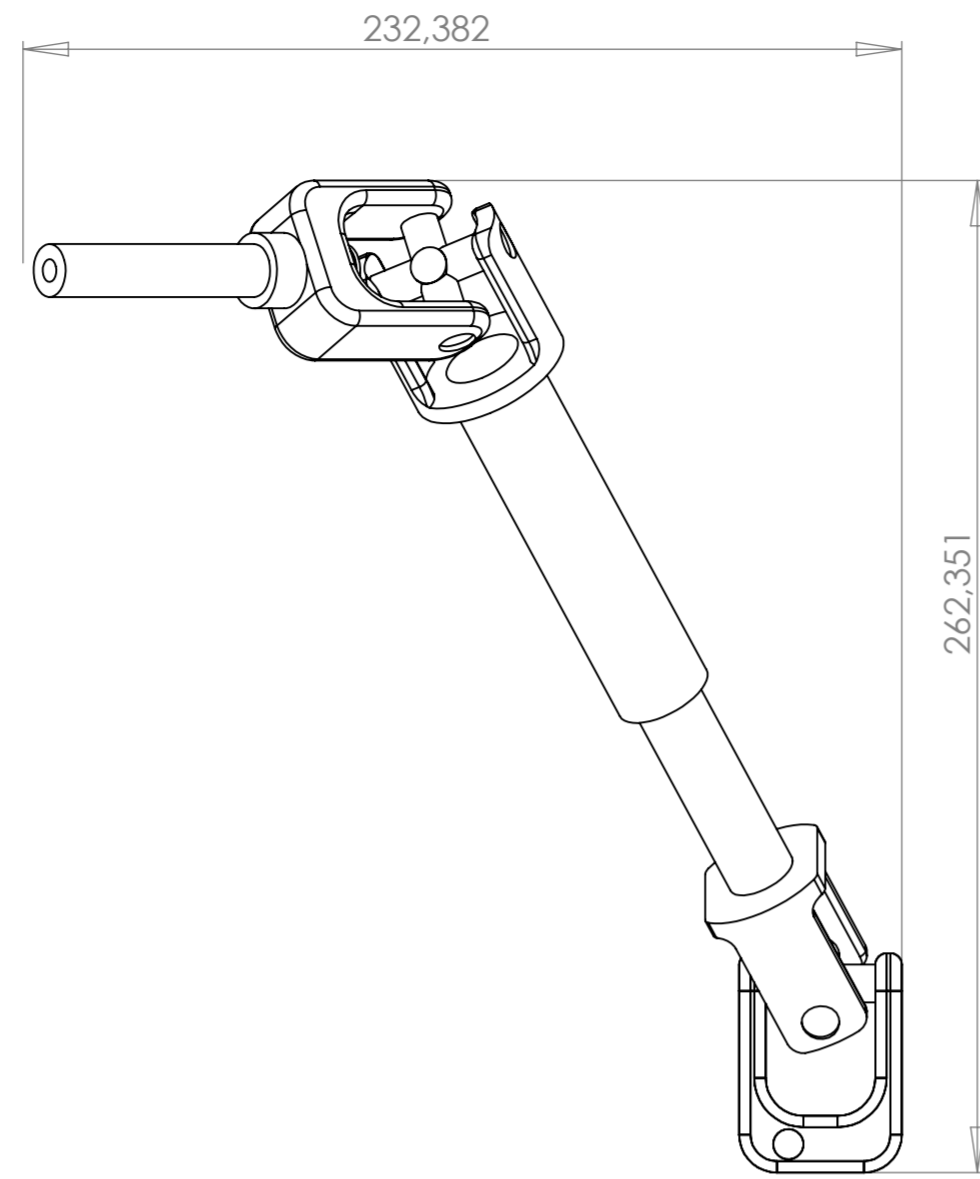
Č. POLOŽKY	Č. DÍLU	POPIS	Množství
23	ROZVADEČ_Z_1_ZZ2	ELEKTRO ROZVADEČ	1
24	PLC_ZZ2	PLC	1
25	DRŽÁK_SEST	DRŽÁK POHONU NATÁČ. Z. N.	1
26	KONZOLA_POD_LCD_Z_1_ZZ2		1
27	KLOUBOVÝ_HŘÍDEL		1
28	DRŽÁK_ROZVADEČE_Z_1_ZZ2	OHÝBANÝ PLECH	1
29	PODLOŽKA_POD_PREV_ZZ2	PLECHOVÝ VÝPALEK	2
36	SEST_MOT_OMRON_PR_NORD	SESTAVA POHONU	1
37	AKUMULÁTOR_74A		2
38	RAMECEK_POD_AKU		1

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS	FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				
DRAWN: V.BALOG	SIGNATURE:	DATE:	TITLE: <b>SESTAVA EXPERIMENTÁLNÍHO VOZIDLA</b>	
CHKD:			DWG NO.:	A1
APPVD:			SCALE: 1:20	SHEET 1 OF 24
MFG:			WEIGHT:	
QA:				



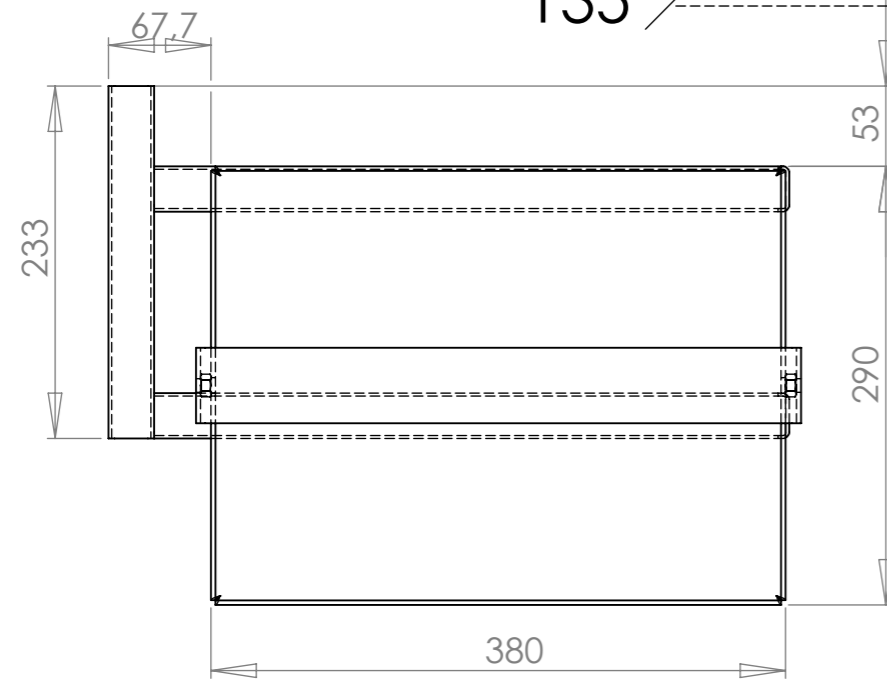
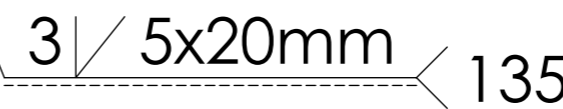
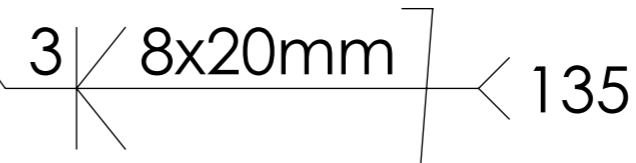
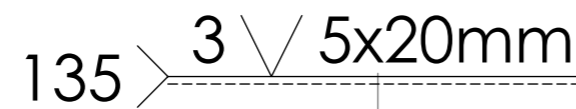
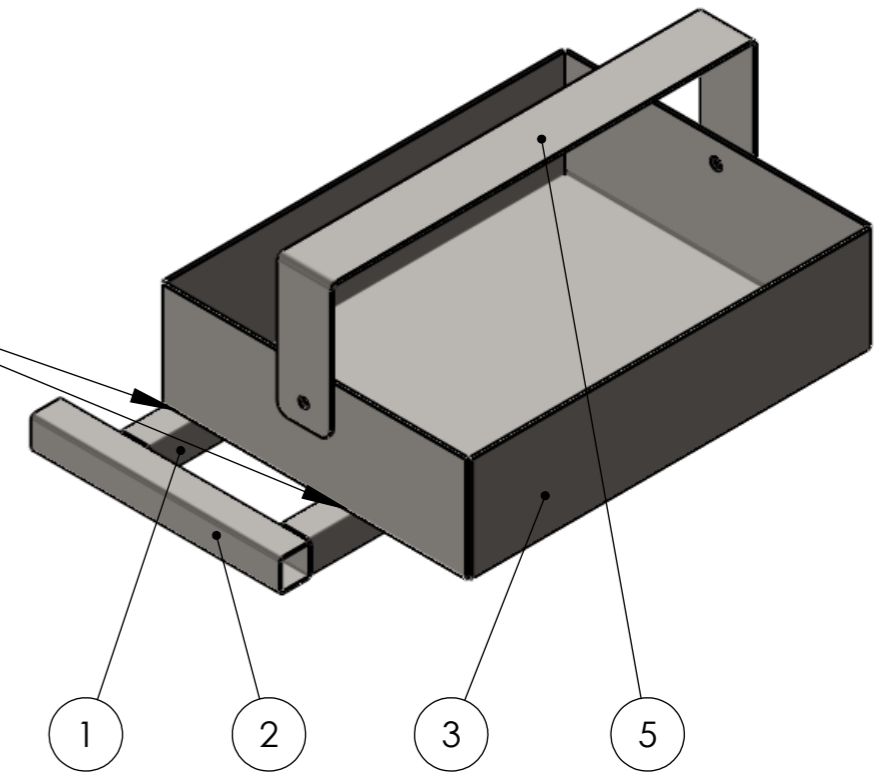
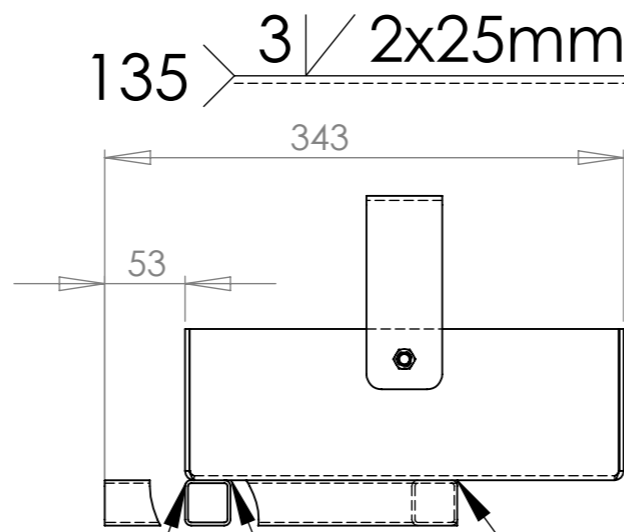
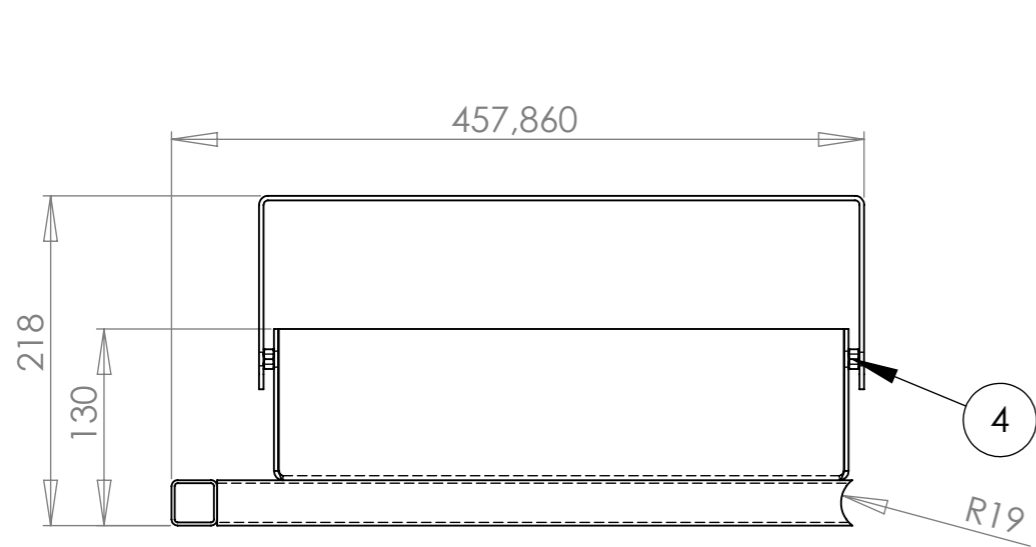
Č. POLOŽKY	Č. DÍLU	POPIS	Množství
1	VĚJÍŘOVÁ PODLOŽKA 8,5 mm	SPOJOVACÍ MATERIÁL	48
2	OBYČEJNÁ PODLOŽKA 6,8 mm	SPOJOVACÍ MATERIÁL	4
3	ŠROUB SE ŠESTIHRANNOU HLAVOU M6-30mm	SPOJOVACÍ MATERIÁL	4
4	ŠROUB SE ŠESTIHRANNOU HLAVOU M8-20mm	SPOJOVACÍ MATERIÁL	12
5	ŠROUB SE ŠESTIHRANNOU HLAVOU M8-80mm	SPOJOVACÍ MATERIÁL	12
6	VĚJÍŘOVÁ PODLOŽKA 6,5 mm	SPOJOVACÍ MATERIÁL	4
7	SAMOJISTNÁ MATICE M6	SPOJOVACÍ MATERIÁL	4
8	SAMOJISTNÁ MATICE M8	SPOJOVACÍ MATERIÁL	24
9	DRZ_MOT_2_ZZ2	OHÝBANÝ PLECH	1
10	DRZ_MOT_2_2_ZZ2	OHÝBANÝ PLECH	1
11	ZEBRO_DRZ_MOT_ZZ2	OHÝBANÝ PLECH	1
12	ZEBRO_DRZ_MOT_2_ZZ2	OHÝBANÝ PLECH	2

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DRAWN:	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:		
CHK'D:				DRŽ. POHONU NAT. Z. N.		
APP'VD:				MATERIAL:	DWG NO.	A2
MFG:				WEIGHT: 9,6 kg	SCALE:1:2	SHEET 2 OF 24
Q.A:				POZICE 26		



Č. POLOŽKY	Č. DÍLU	POPIS	Množství
1	Vidlicka_tishran_Z_1_ZZ2	STÁVAJÍCÍ KLOUBOVÝ HŘÍDEL	2
2	Kloub_hrid_2_Z_1_ZZ2	STÁVAJÍCÍ KLOUBOVÝ HŘÍDEL	1
3	Kloub_hrid_1_Z_1_ZZ2	STÁVAJÍCÍ KLOUBOVÝ HŘÍDEL	1
4	KRIZ_Z_1_ZZ2	STÁVAJÍCÍ KLOUBOVÝ HŘÍDEL	2
5	HŘIDEL_PREV_KLOUB_Z_1_ZZ2	OBRÁBĚNÝ DÍL	1
6	Vidlicka_tishran_Z_2_ZZ2	OBRÁBĚNÝ STÁVAJÍCÍ DÍL KL. HŘÍDELE	1

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
SURFACE FINISH:					
TOLERANCES:					
LINEAR:					
ANGULAR:					
DRAWN:	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
CHK'D:				<b>KLOUBOVÝ HŘÍDEL</b>	
APP'VD:					
MFG:					
Q.A:					
			MATERIAL:	DWG NO.	<b>POZICE 28</b>
			WEIGHT: 1,3 kg	SCALE:1:2	A2
				SHEET 3 OF 24	



### PO SVAŘENÍ ŽÁROVĚ ZINKOVAT

Č. POLOŽKY	Č. DÍLU	POPIS	Množství
1	J30x30x2_POD_AKU	JEKL 30x30x2	2
2	J30x30x2_POD_AKU_2	JEKL 30x30x2	1
3	KRABICE_POD_AKU	OHÝBANÝ PLECH	1
4	M8	PŘIVAŘOVACÍ MATICE	2
5	ZAJIST_AKU	OHÝBANÝ PLECH	1

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

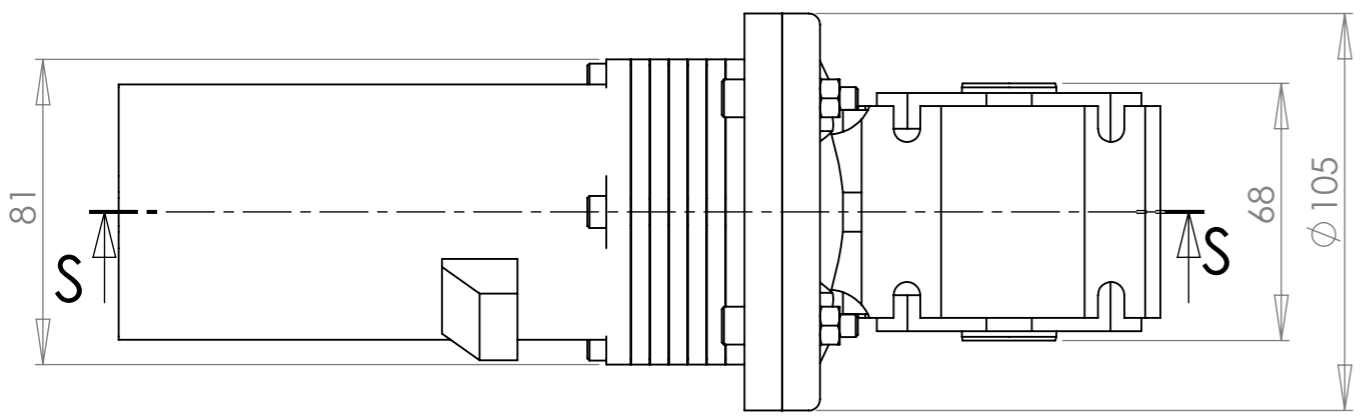
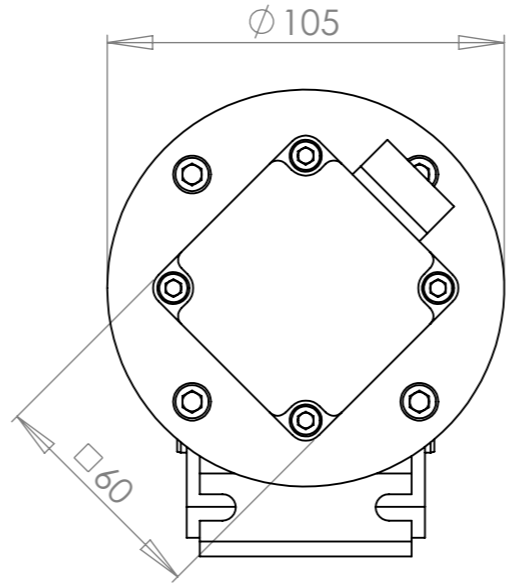
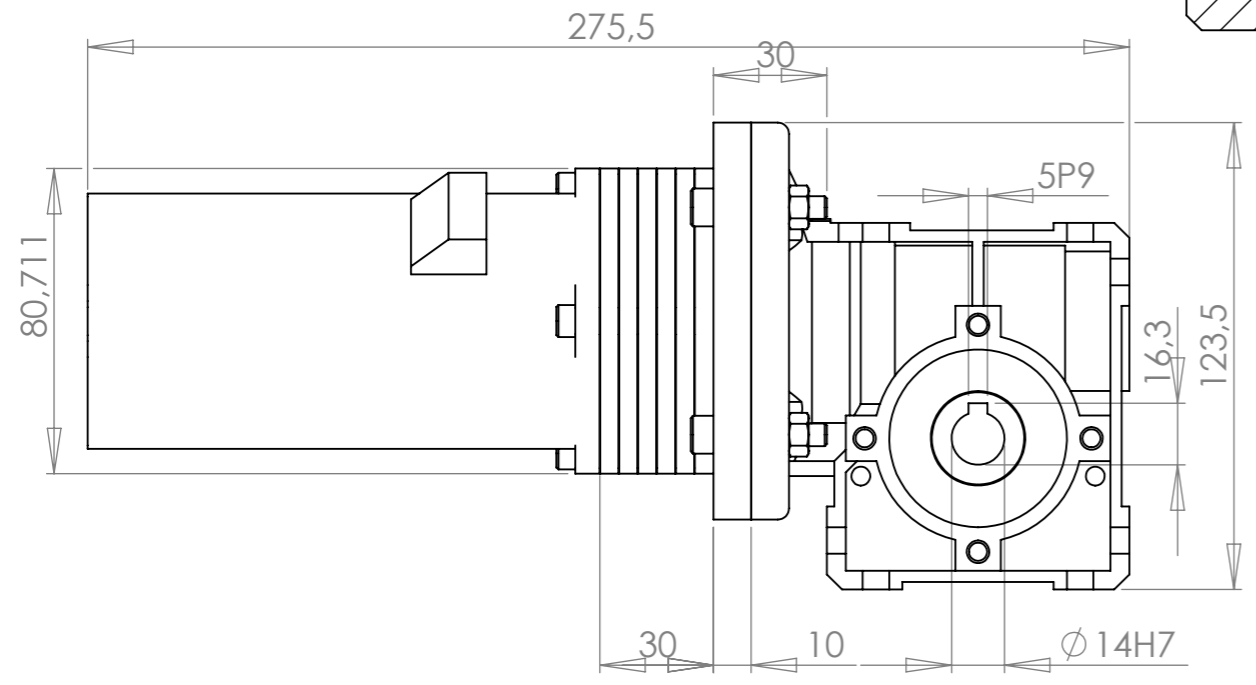
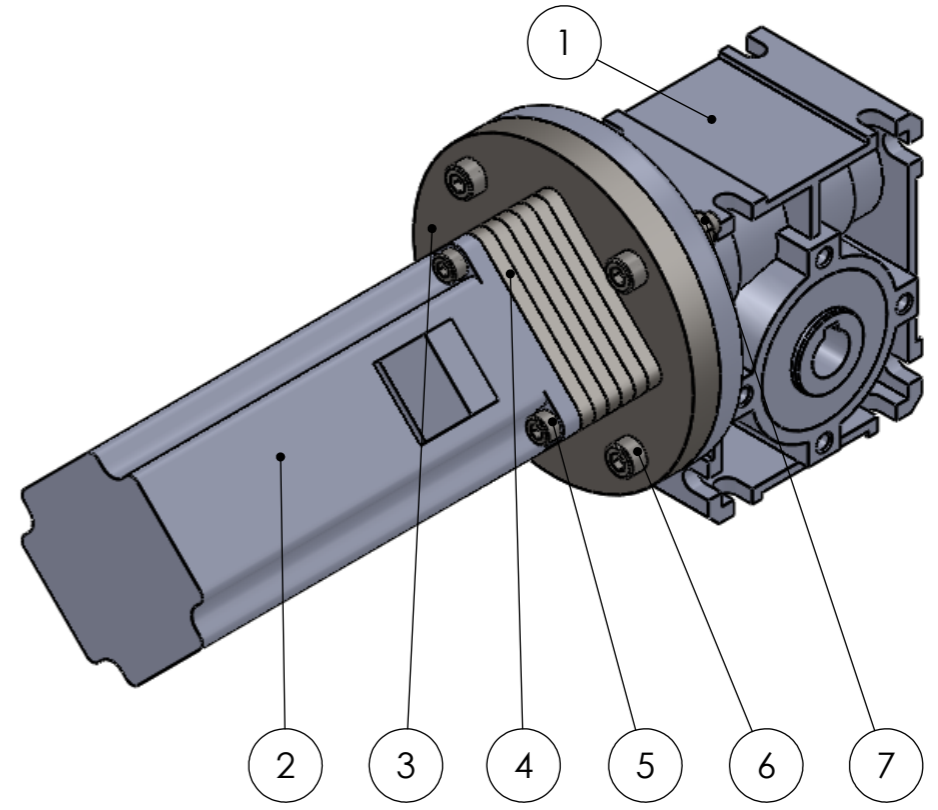
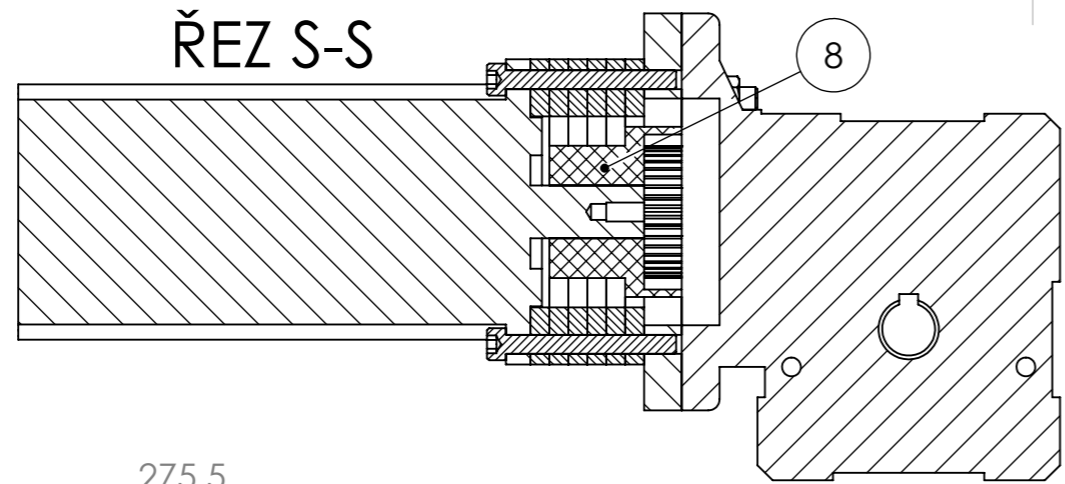
DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN		
CHK'D		
APPV'D		
MFG		
Q.A		

TITLE: <b>RÁMEČEK POD AKU</b>	
DWG NO. <b>POZICE 40</b>	A3
WEIGHT: <b>8,1 kg</b>	SCALE:1:5
SHEET 4 OF 24	

ŘEZ S-S



Č. POLOŽKY	Č. DÍLU	POPIS	Množství
1	SK1SI31	ŠNEKOVÁ PŘEVODOVKA	1
2	SERVO_OMRON	SERVOMOTOR	1
3	PRIR_PREV_1	PLECHOVÝ VÝPALEK	1
4	PRIR_SERVO_1	PLECHOVÝ VÝPALEK	6
5	IMBUSOVÝ ŠROUB M5-45mm	SPOJOVACÍ MAT.	4
6	IMBUSOVÝ ŠROUB M6-50mm	SPOJOVACÍ MAT.	4
7	SAMOJISTNÁ MATICE M6	SPOJOVACÍ MAT.	4
8	IEC_ADAPTÉR	DODÁVKA S PŘEVODOVKOU	1

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:  
 FINISH:  
 DEBUR AND BREAK SHARP EDGES

DO NOT SCALE DRAWING REVISION

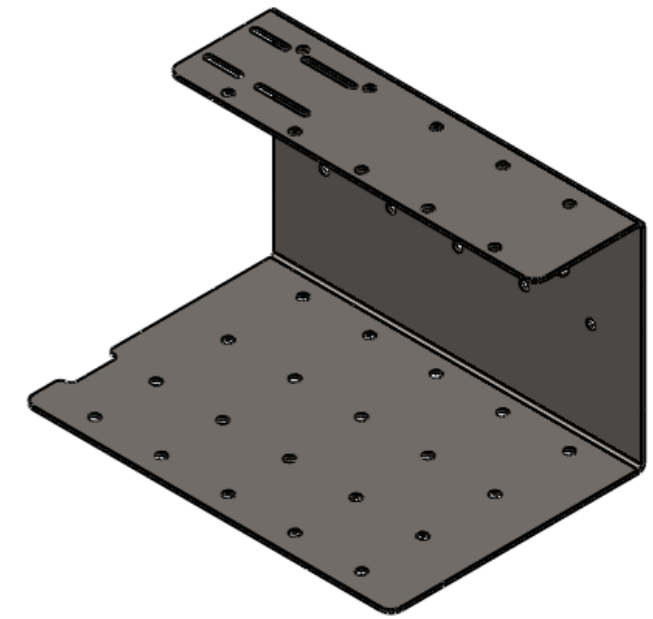
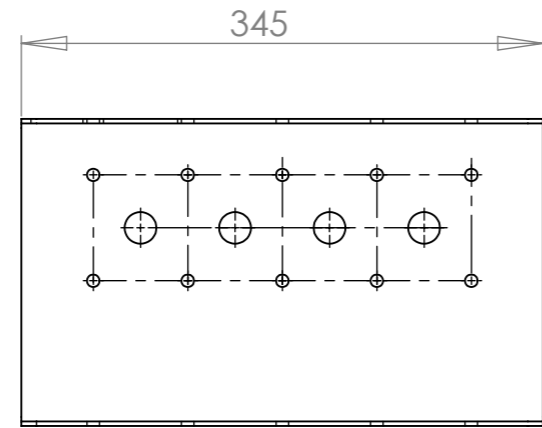
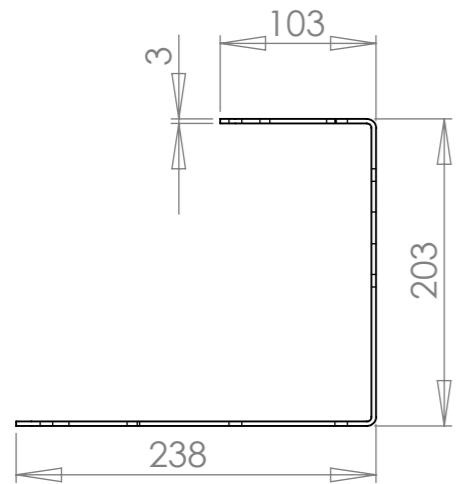
TITLE: **SEST\_MOT\_OMRON PR\_NÖRD**

DWG NO. **POZICE 38** A3

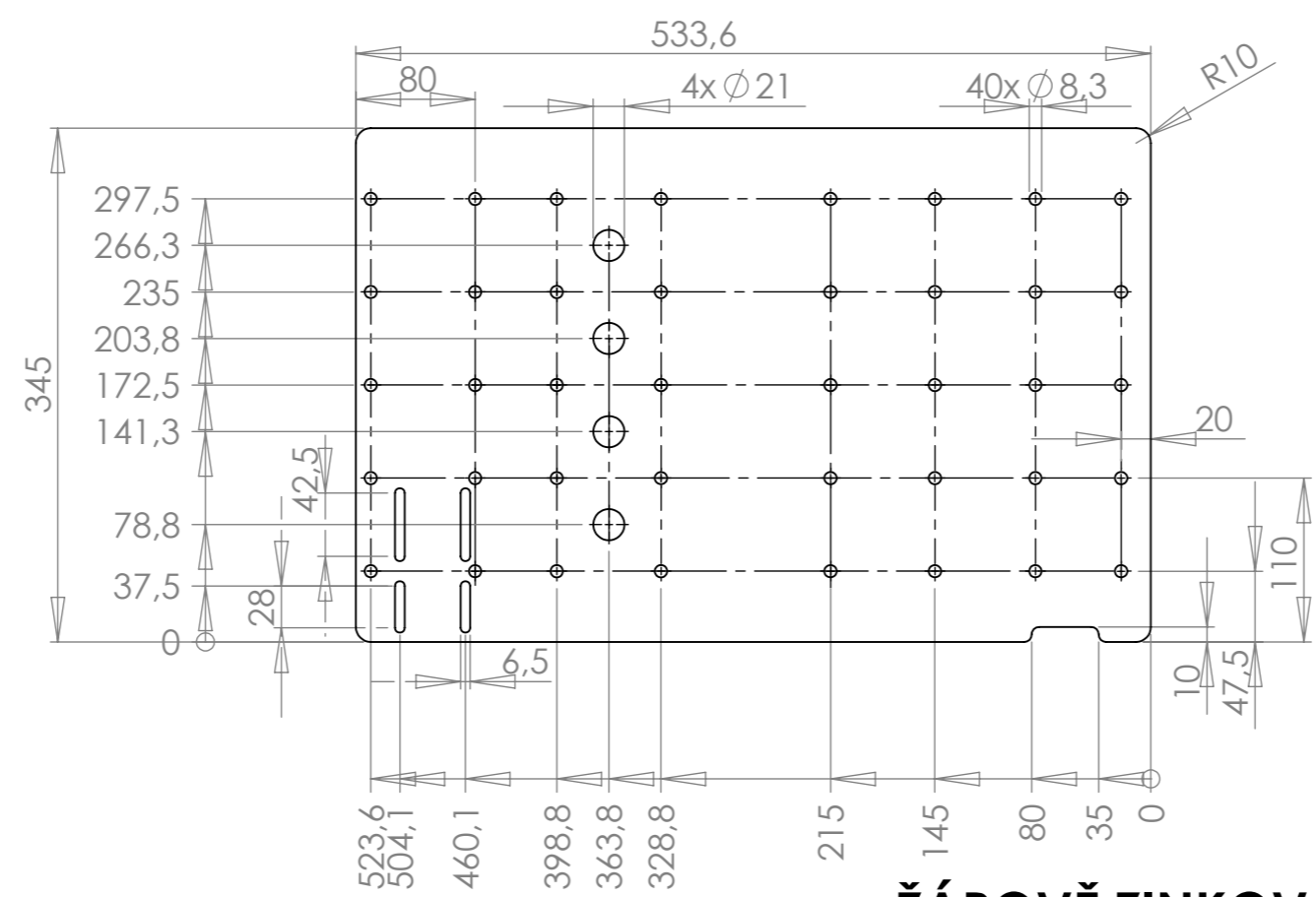
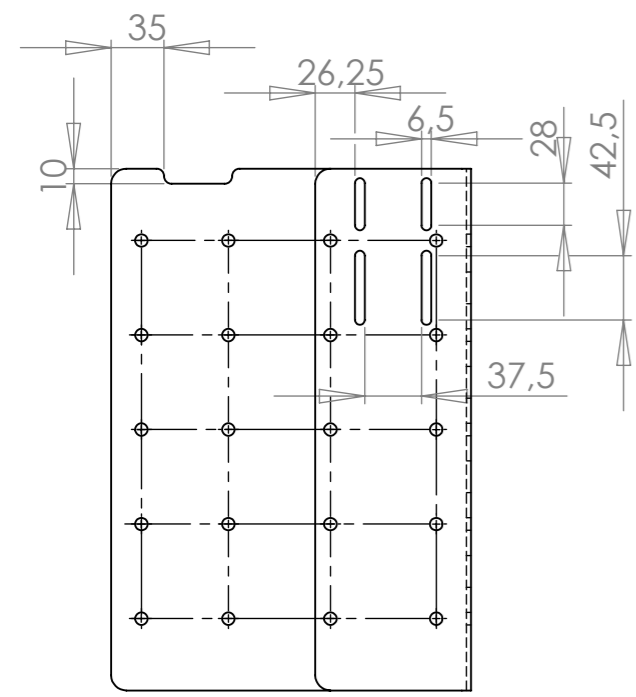
SCALE:1:2 SHEET 5 OF 24

NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN		
CHK'D		
APPV'D		
MFG		
Q.A		

MATERIAL: WEIGHT:

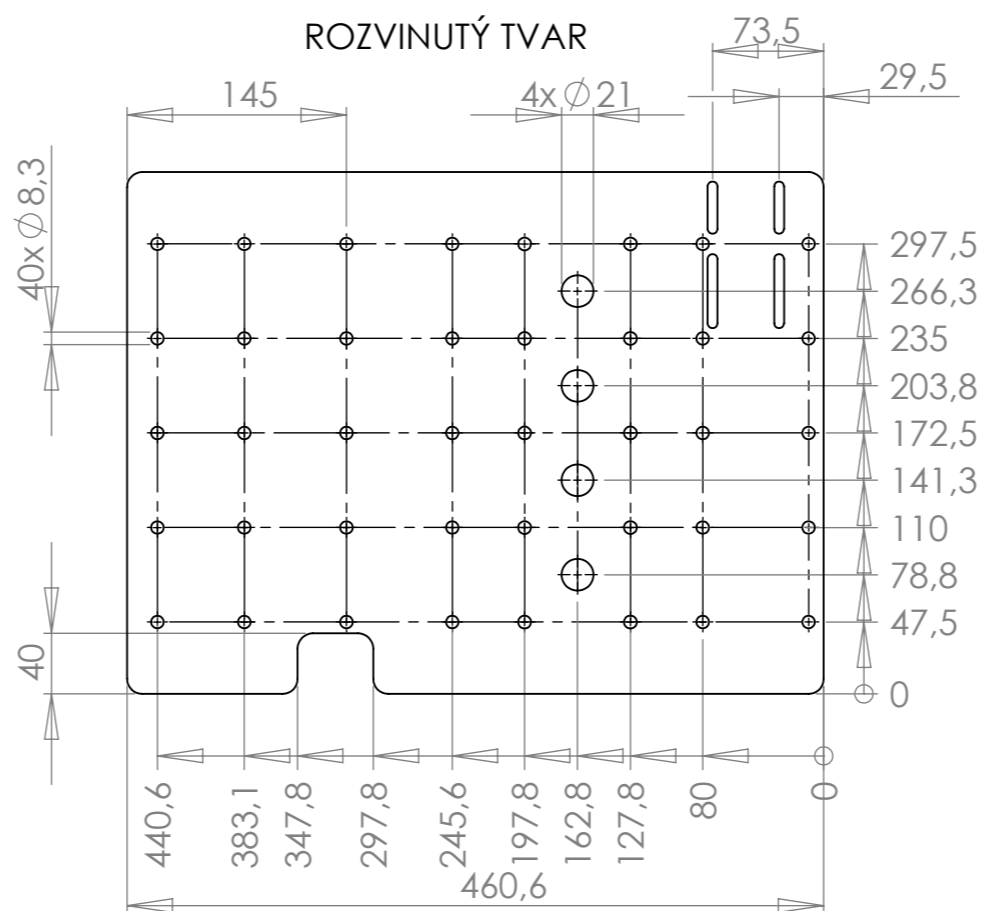
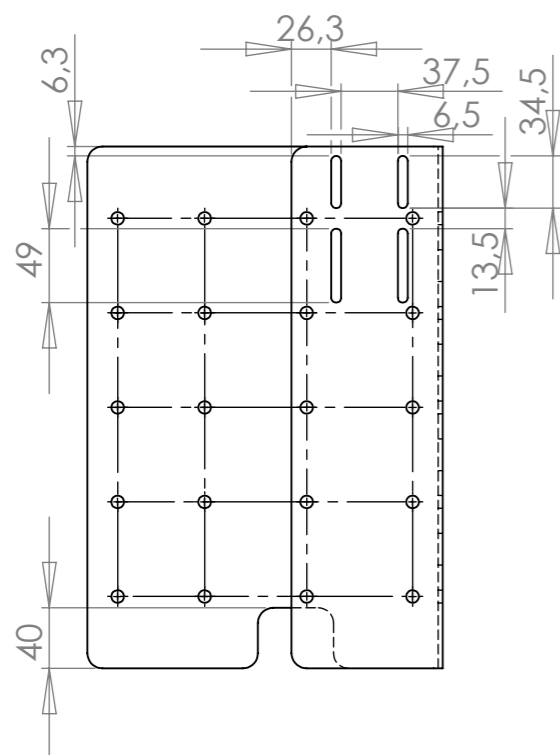
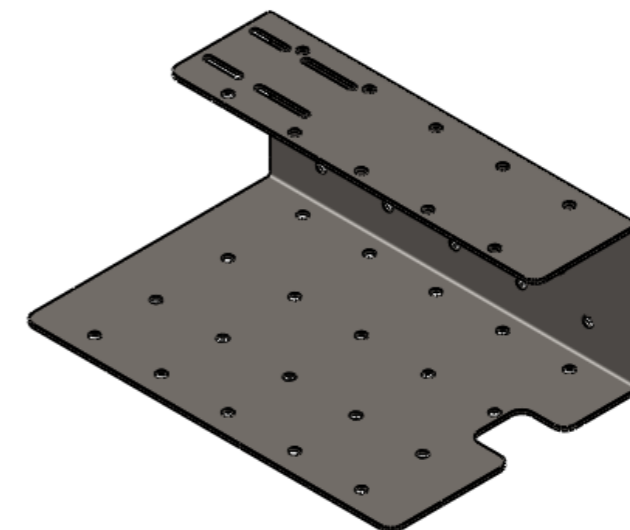
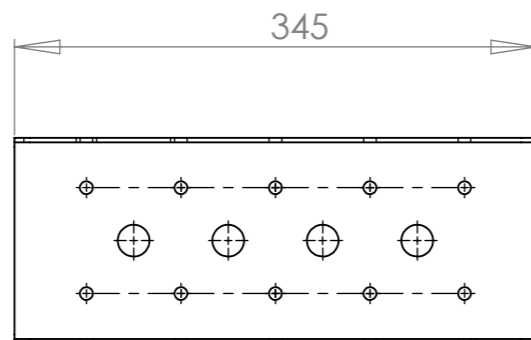
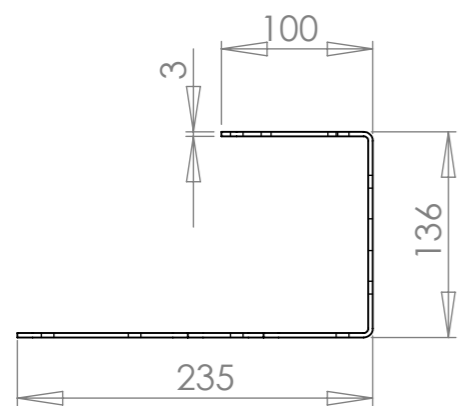


ROZVINUTÝ TVAR



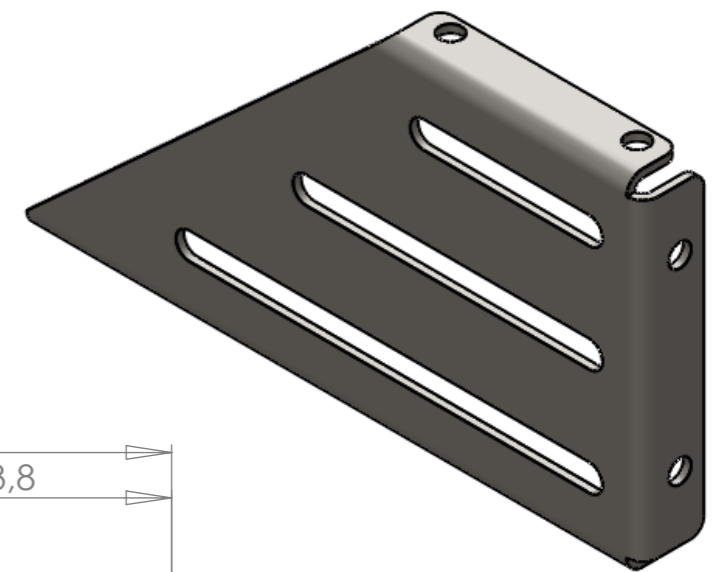
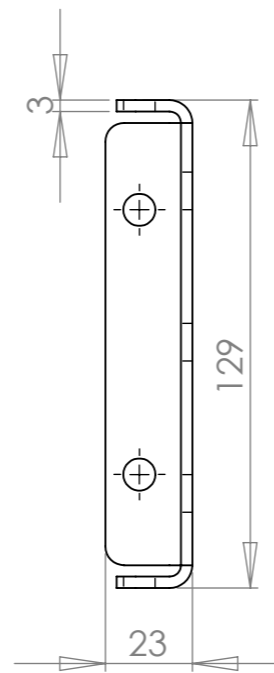
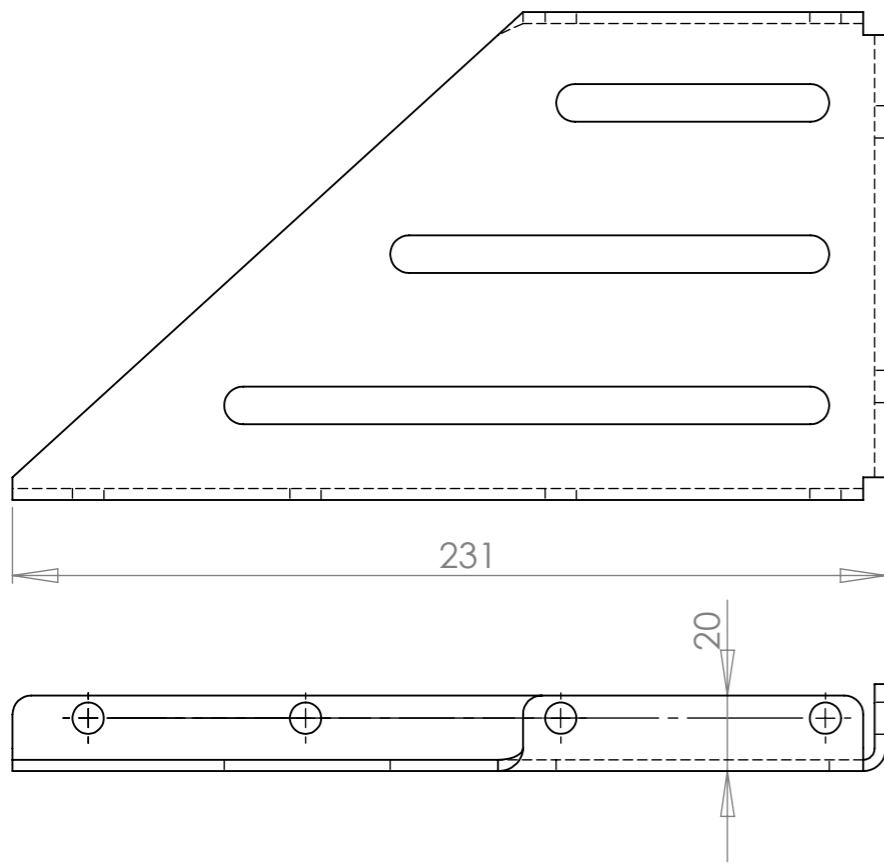
**ŽÁROVĚ ZINKOVAT**

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A				MATERIAL:	DWG NO.
				11373	<b>DRZ_MOT_2_ZZ2</b>
				WEIGHT: 4,3 kg	A3
				SCALE:1:5	SHEET 6 OF 24

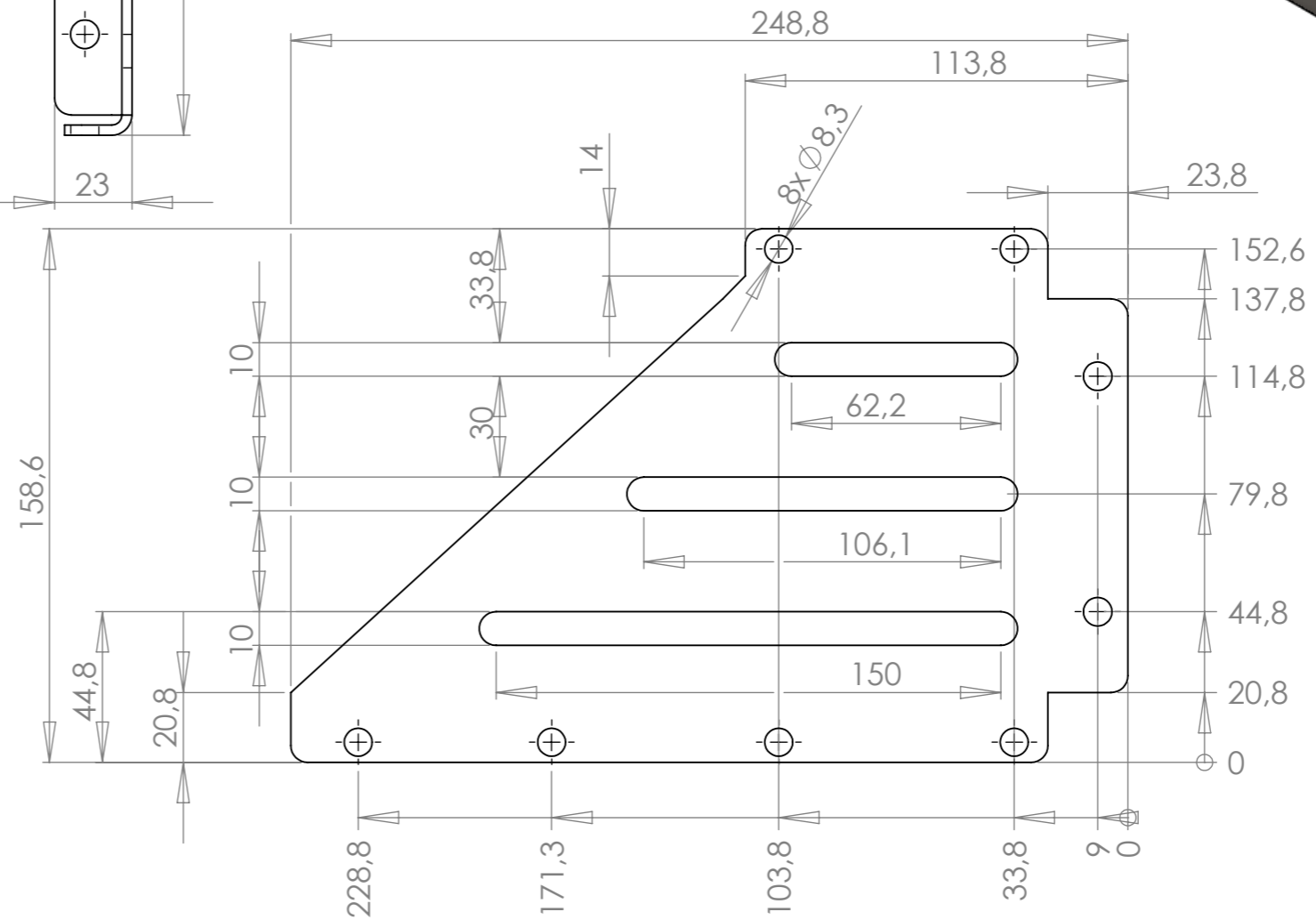


### ŽÁROVĚ ZINKOVAT

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN		SIGNATURE		DATE		TITLE:		DRZ_MOT_2_2_ZZ2	
CHK'D									
APPV'D									
MFG									
Q.A						MATERIAL:		DWG NO.	
						11373		A3	
						WEIGHT: 3,6 kg		SCALE:1:5	
								SHEET 7 OF 24	



ROZVINUTÝ TVAR

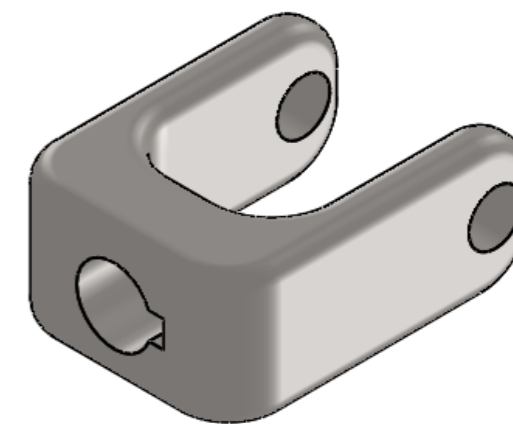
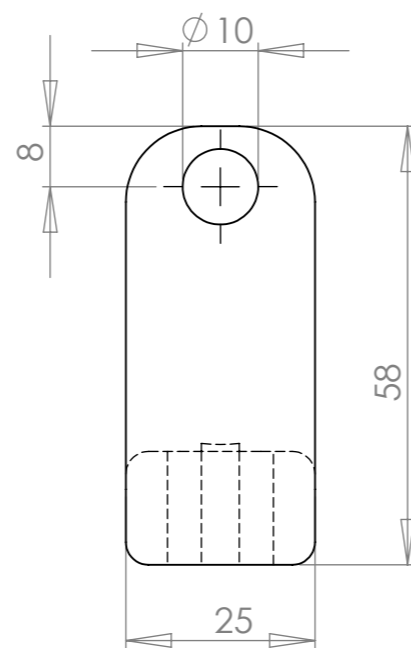
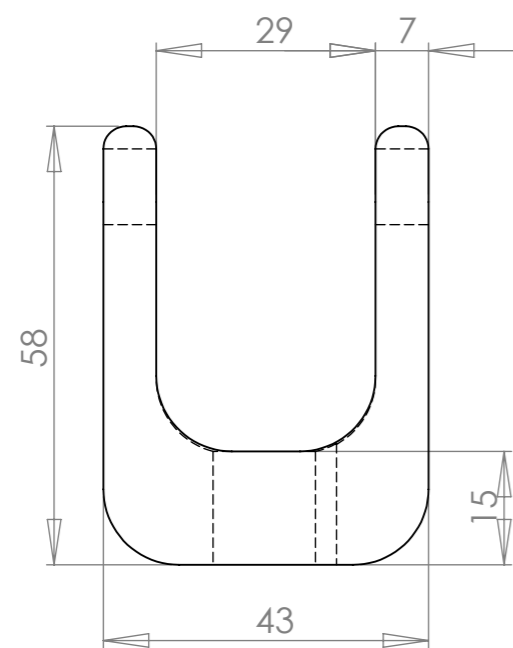
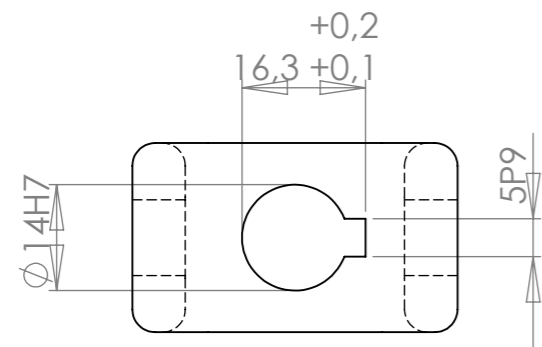


**2xOHNOUT DLE TOHOTO VÝKRESU (VÝKRES: ZEBRO\_DRZ\_MOT\_2\_ZZ2)**  
**1xOHNOUT NA OPAČNOU STRANU (VÝKRES: ZEBRO\_DRZ\_MOT\_ZZ\_2)**

**ŽÁROVĚ ZINKOVAT**

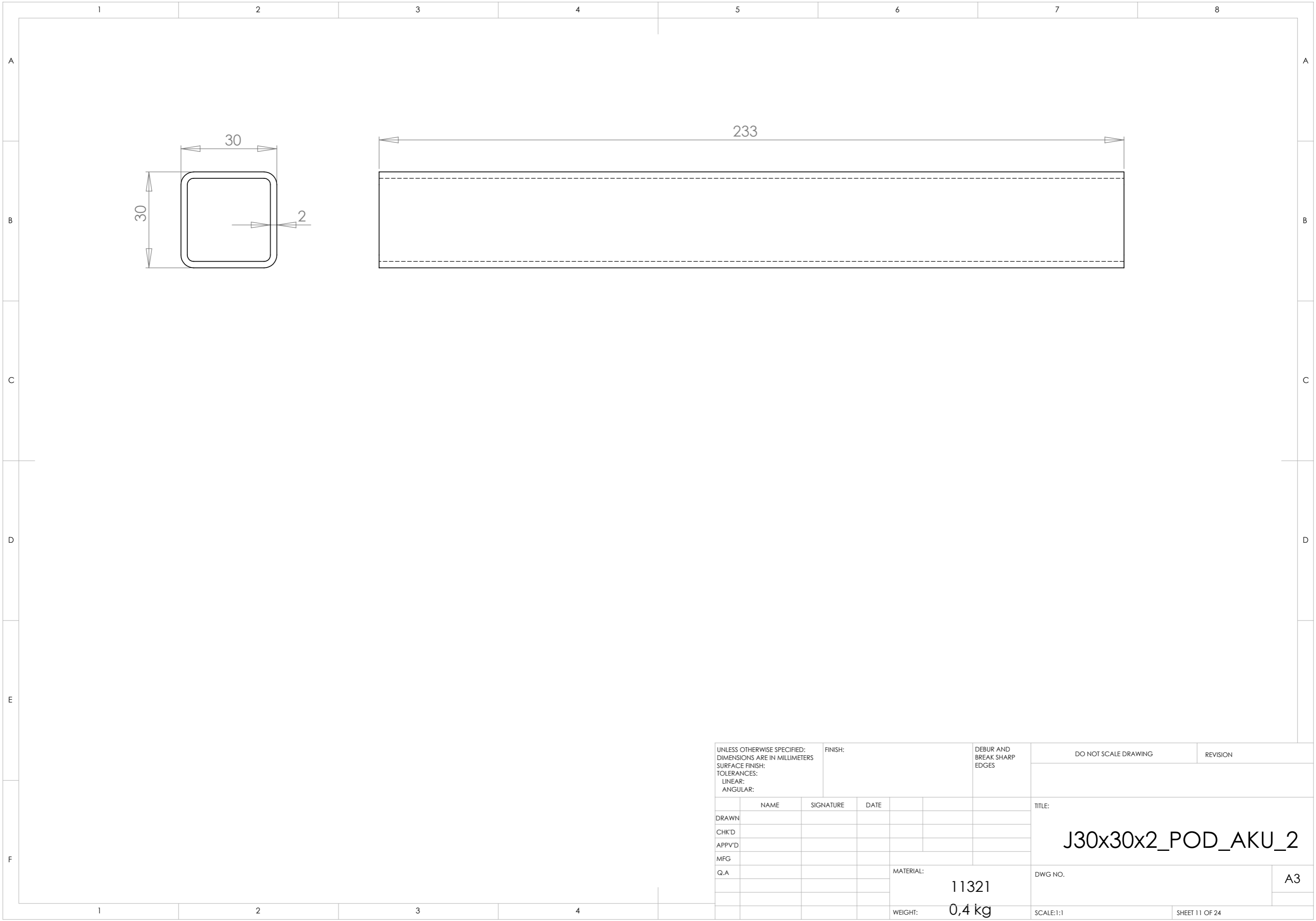
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE		TITLE: <b>ŽEBRA_DRŽÁKU MOTORU</b>	
CHK'D					DWG NO.	A3
APPV'D						
MFG						
Q.A				MATERIAL:		
				11373		
				WEIGHT: 0,6 kg	SCALE:1:2	SHEET 8 OF 24



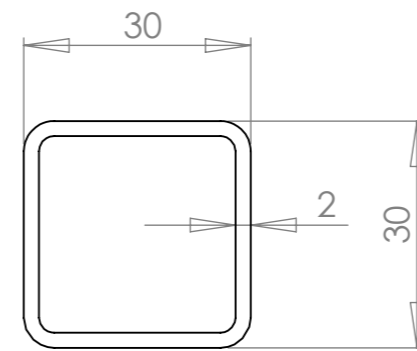
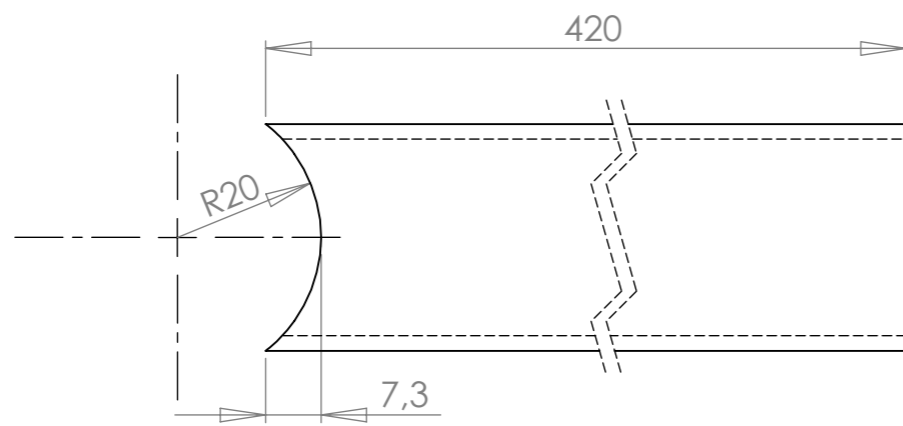


**POLOTOVAR: POUŽÍT VIDLIČKU ZE STÁVAJÍCÍHO KLOBOVÉHO HŘÍDELE**

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
DRAWN		NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:		
CHK'D							<b>VIDLIČKA_TISHRAN Z_2_ZZ2</b>		
APPV'D									
MFG									
Q.A									
				MATERIAL:		DWG NO.		A3	
				11600					
				WEIGHT: 0,2 kg		SCALE:1:1		SHEET 10 OF 24	

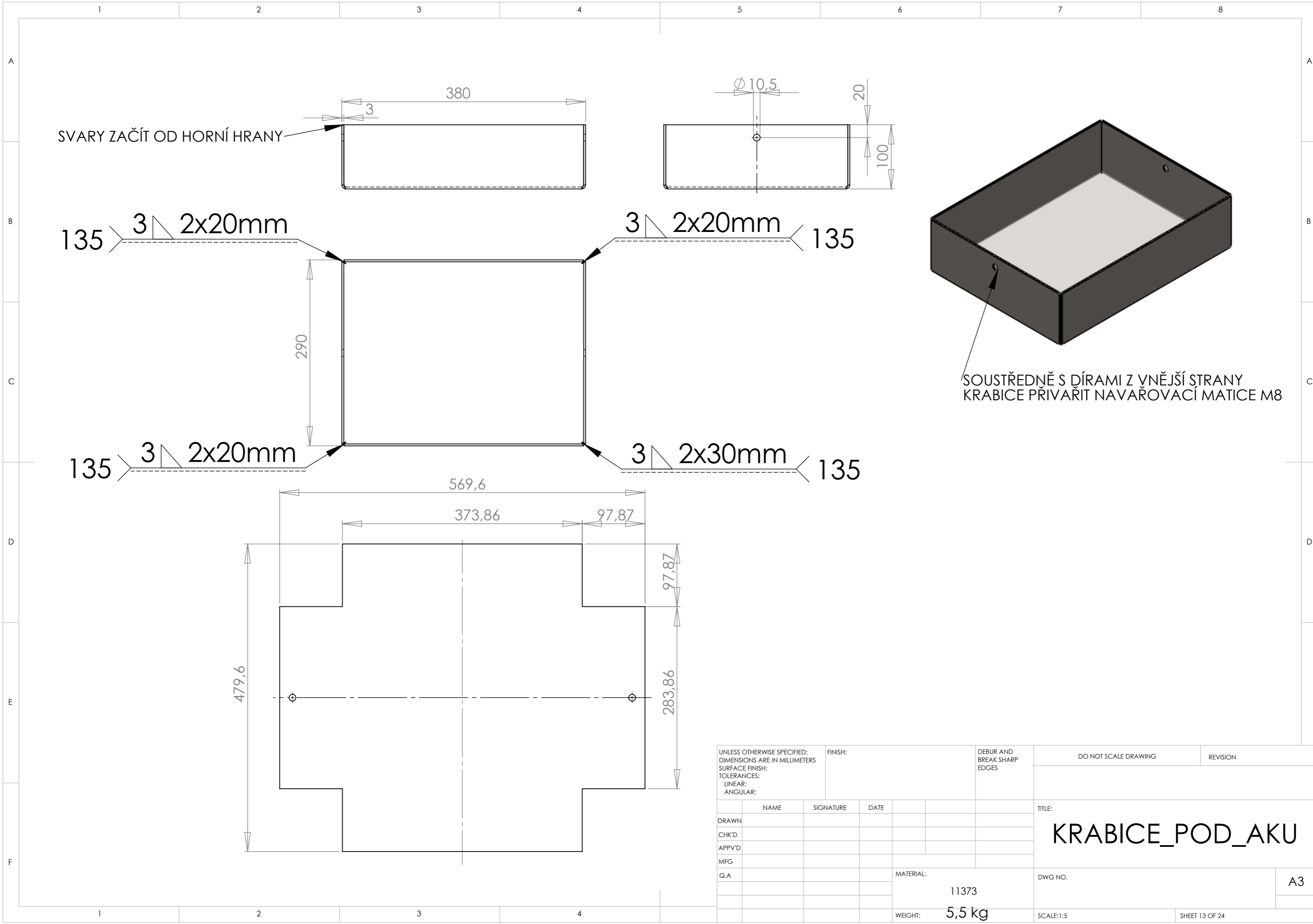


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:											
TOLERANCES:											
LINEAR:											
ANGULAR:											
	NAME	SIGNATURE	DATE					TITLE:			
DRAWN								J30x30x2_POD_AKU_2			
CHK'D											
APPV'D											
MFG											
Q.A											
						MATERIAL:		DWG NO.		A3	
							11321				
						WEIGHT:	0,4 kg	SCALE:1:1		SHEET 11 OF 24	



### VYROBIT CELKEM 2 KUSY

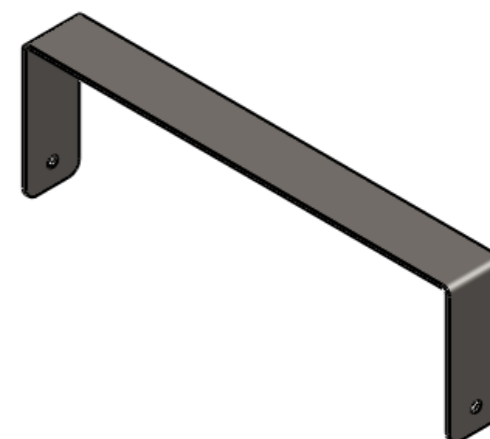
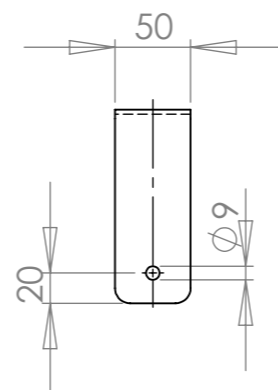
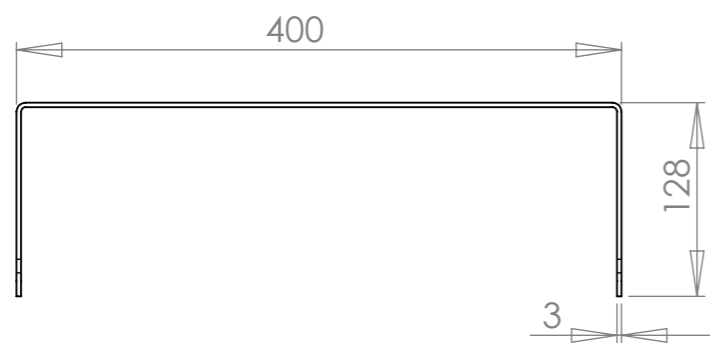
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:			
DRAWN						<b>J30x30x2_POD_AKU</b>			
CHK'D									
APPV'D									
MFG									
Q.A						MATERIAL:	DWG NO.		A3
						11321			
						WEIGHT: 0,7 kg	SCALE:1:1	SHEET 12 OF 24	



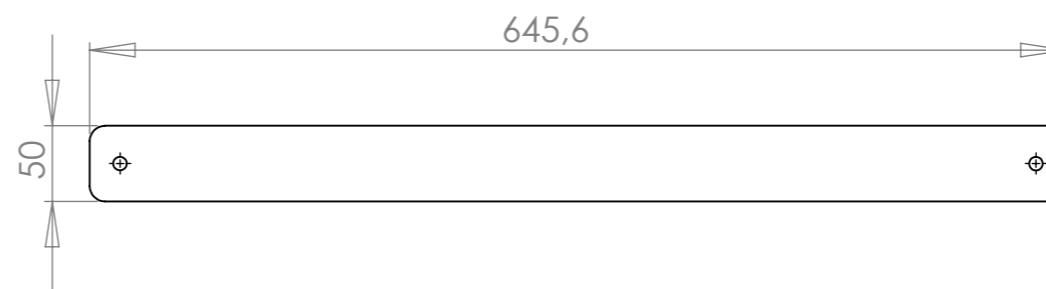
SVARY ZAČÍT OD HORNÍ HRANY

SOUSTŘEDNĚ S DÍRAMI Z VNĚJŠÍ STRANY KRABICE PŘIVARIT NAVÁROVACÍ MATICE M8

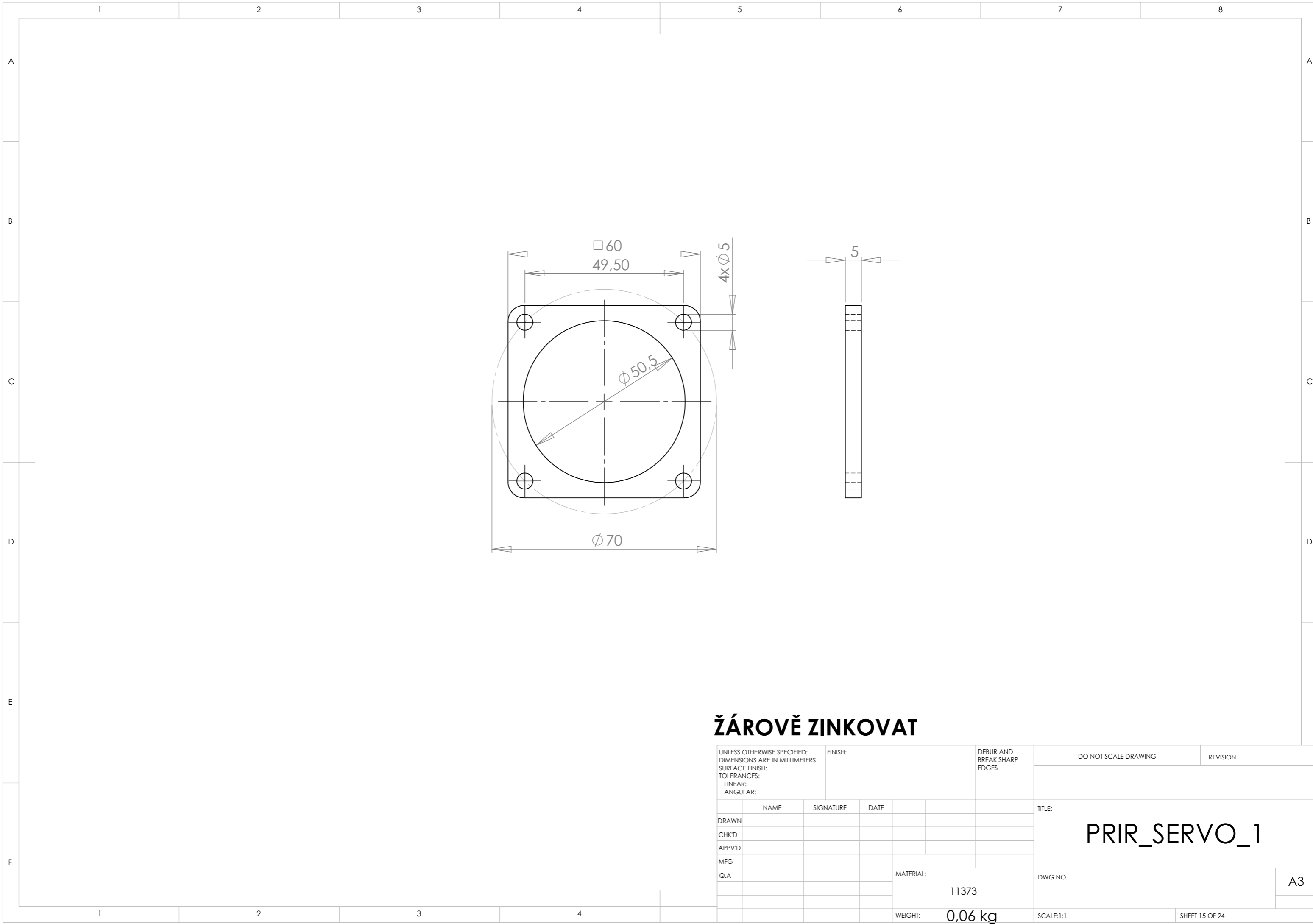
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:											
TOLERANCES:											
LINEAR:											
ANGULAR:											
DRAWN		NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:		KRABICE_POD_AKU	
CHK'D											
APPV'D											
MFG											
Q.A								MATERIAL:		A3	
								11373		DWG NO.	
								5,5 kg		SCALE:1:5	
								WEIGHT:		SHEET 13 OF 24	



ROZVINUTÝ TVAR

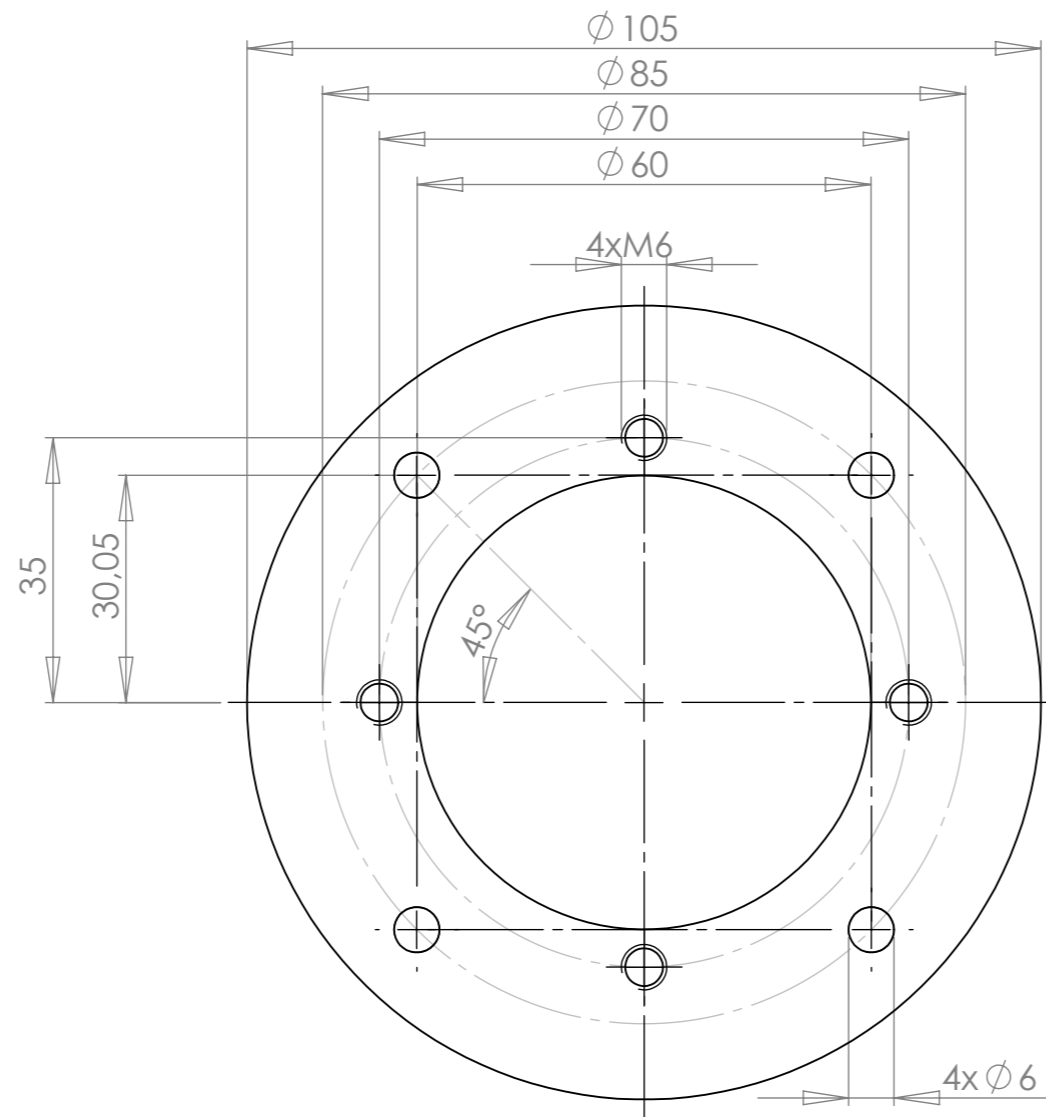


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
						TITLE: <b>ZAJIST_AKU</b>					
DRAWN		SIGNATURE		DATE		MATERIAL:		DWG NO.		A3	
CHK'D						11373					
APPV'D						WEIGHT: 0,7 kg		SCALE:1:5		SHEET 14 OF 24	
MFG											
Q.A											



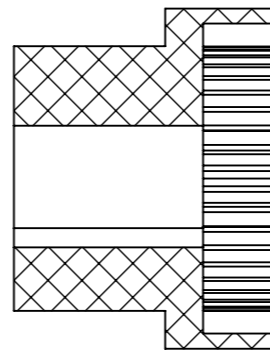
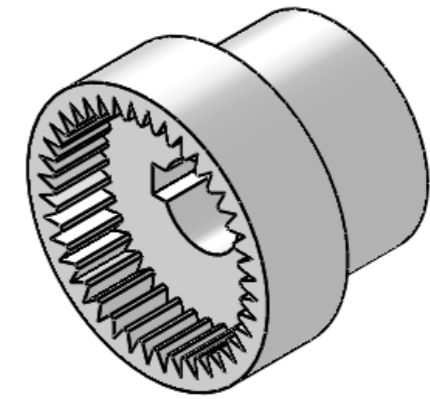
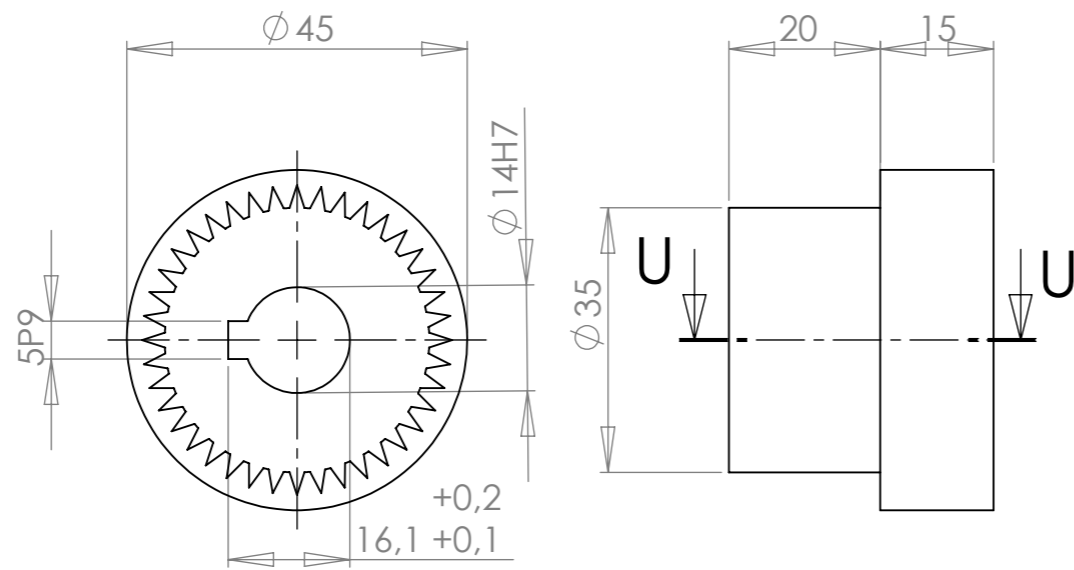
## ŽÁROVĚ ZINKOVAT

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:			
DRAWN						PRIR_SERVO_1			
CHK'D									
APPV'D									
MFG									
Q.A						MATERIAL:	DWG NO.		A3
						11373			
						WEIGHT:	0,06 kg	SCALE:1:1	SHEET 15 OF 24



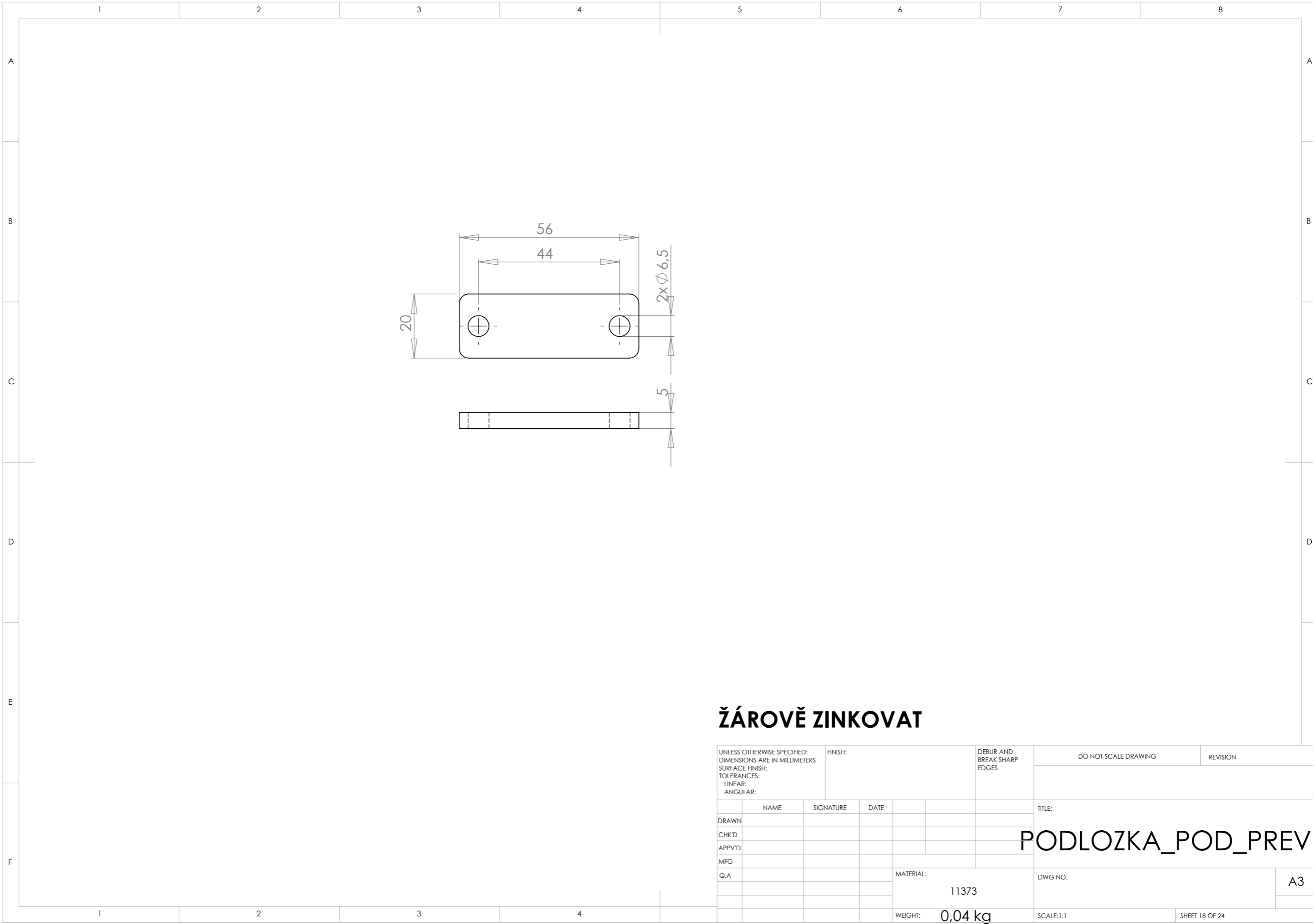
# ŽÁROVĚ ZINKOVAT

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
DRAWN		NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE: <b>PRIR_PREV_1</b>		
CHK'D									
APPV'D									
MFG									
Q.A					MATERIAL: 11373		DWG NO.		A3
					WEIGHT: 0,45 kg		SCALE:1:1		SHEET 16 OF 24



ŘEZ U-U

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN		SIGNATURE		DATE		TITLE:		IEC_ADAPTÉR	
CHK'D									
APPV'D									
MFG									
Q.A						MATERIAL:		DWG NO.	
						ABS		A3	
						WEIGHT: 0,03 kg		SCALE:1:1	
								SHEET 17 OF 24	

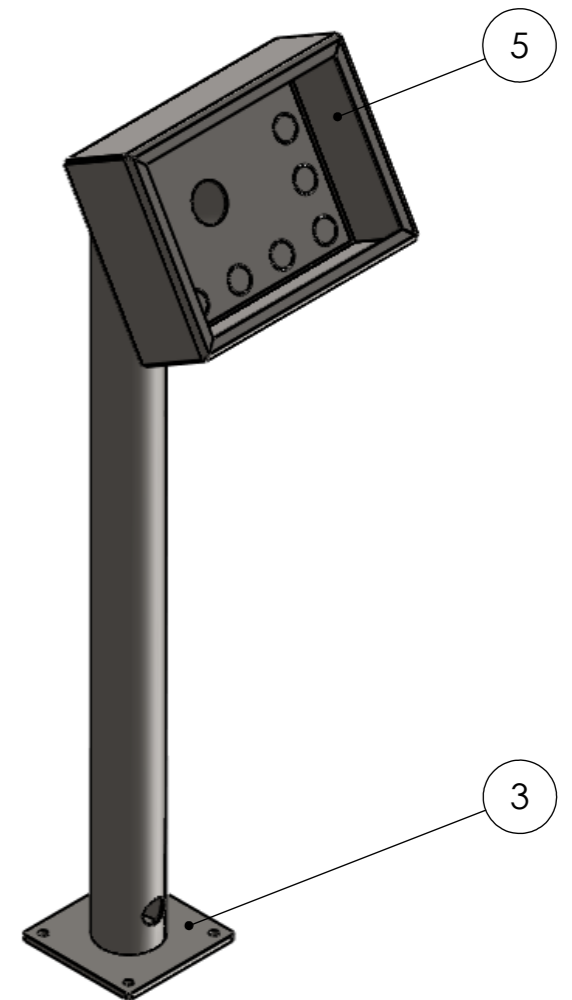
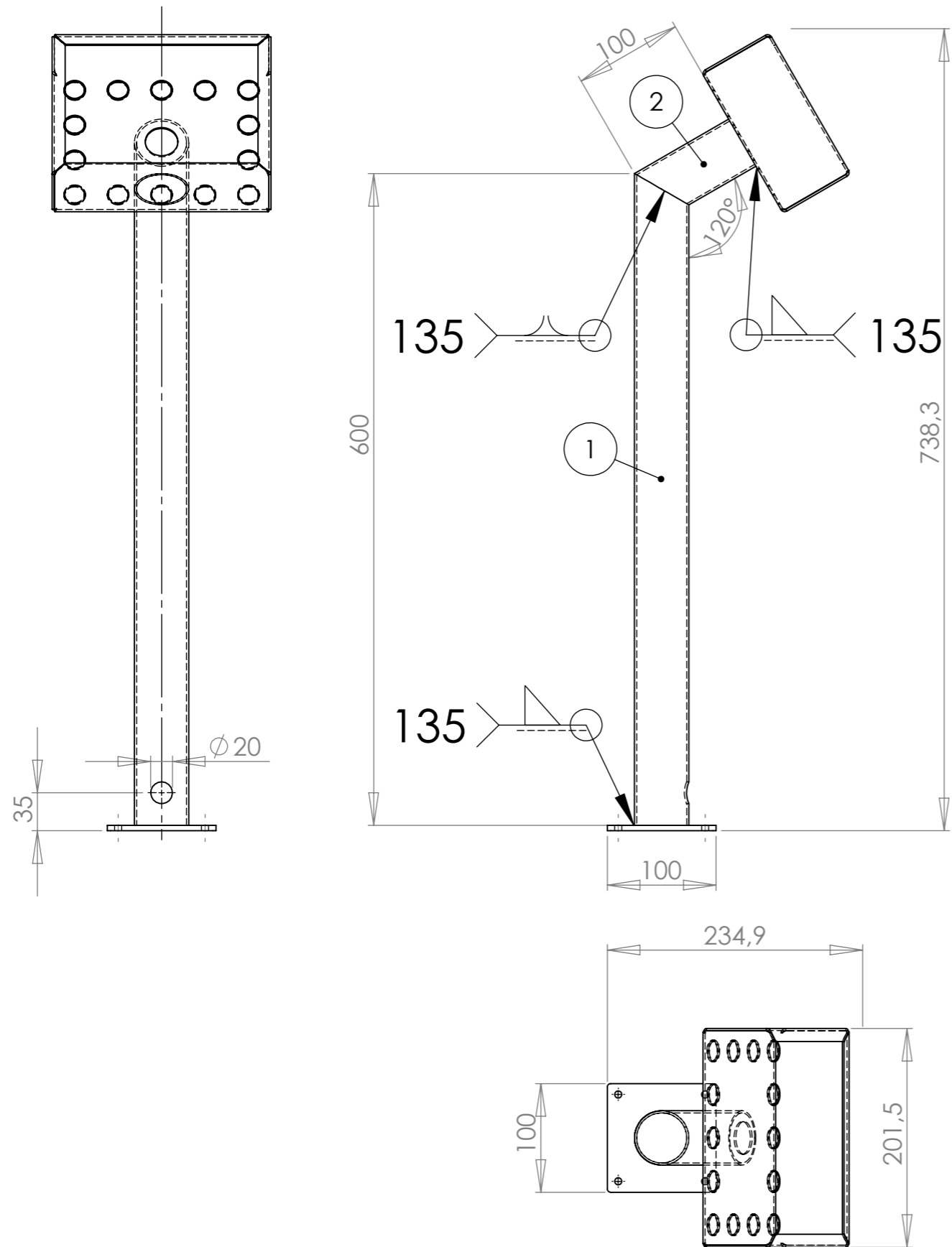


# ŽÁROVĚ ZINKOVAT

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:			
DRAWN						<b>PODLOZKA_POD_PREV</b>			
CHK'D									
APPV'D									
MFG									
Q.A									
				MATERIAL:		DWG NO.		A3	
				11373					
				WEIGHT: 0,04 kg		SCALE:1:1		SHEET 18 OF 24	

1 2 3 4 5 6 7 8

A  
B  
C  
D  
E  
F



**PO SVAŘENÍ ŽÁROVĚ ZINKOVAT**

Č. POLOŽKY	Č. DÍLU	POPIS	Množství
1	TR100x2_drz_2_LCD_Z 1 ZZ2	TRUBKA	1
2	TR100x2_drz_1_LCD_Z 1 ZZ2	TRUBKA	1
3	PLATLE_POD_DRZ_LC D Z 1 ZZ2	PLECHOVÝ VÝPALEK	1
5	PLATLE_POD_LCD_Z_ 1 ZZ2	OHNUTÝ PLECHOVÝ VÝPALEK	1

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND BREAK SHARP EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

NAME SIGNATURE DATE

DRAWN

CHK'D

APPV'D

MFG

Q.A

MATERIAL:

WEIGHT: 4,5 kg

TITLE:  
**KONZOLA POD LCD**

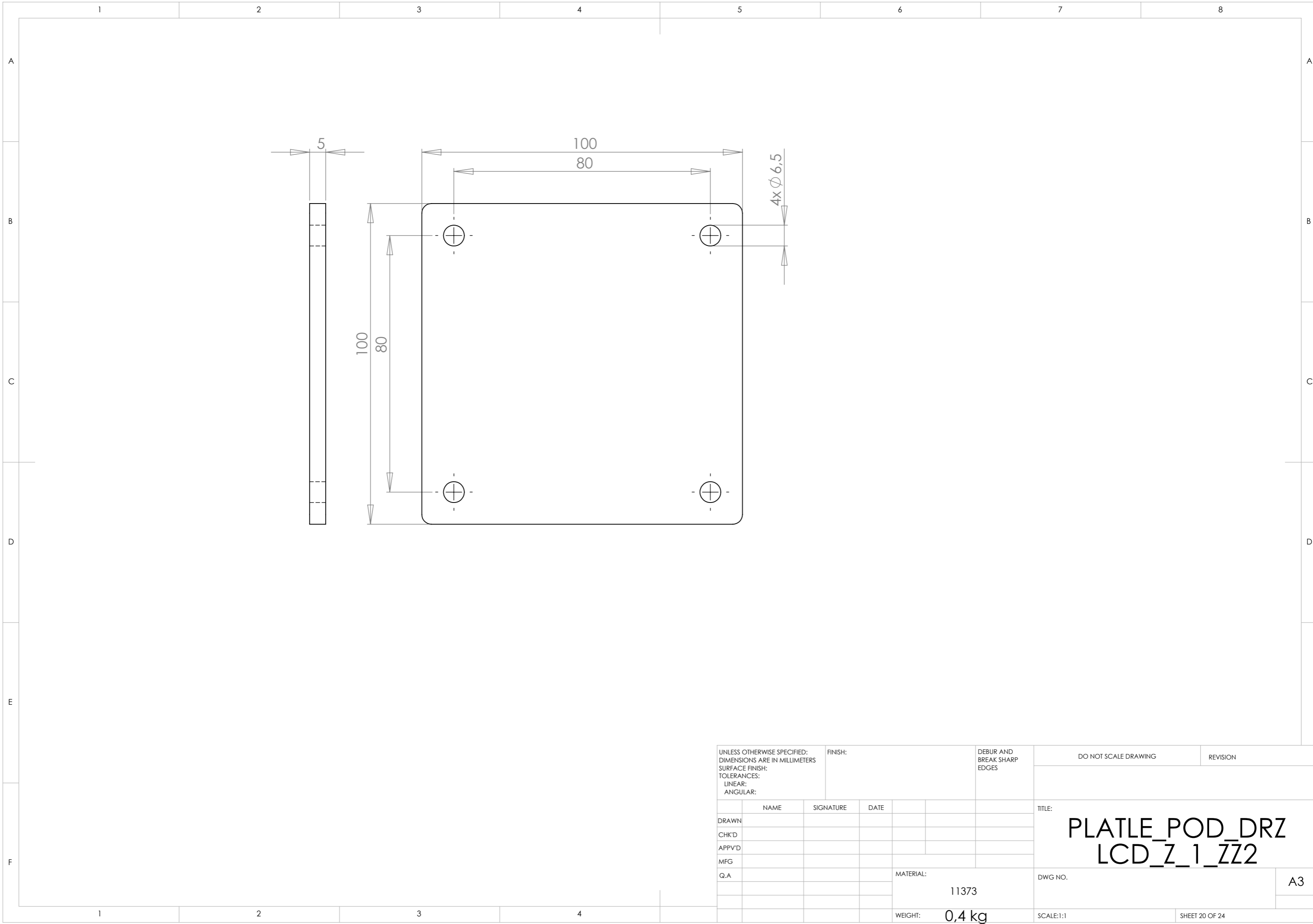
DWG NO. **POZICE 27**

A3

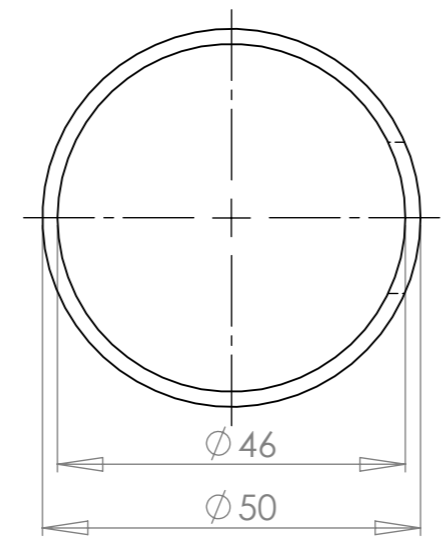
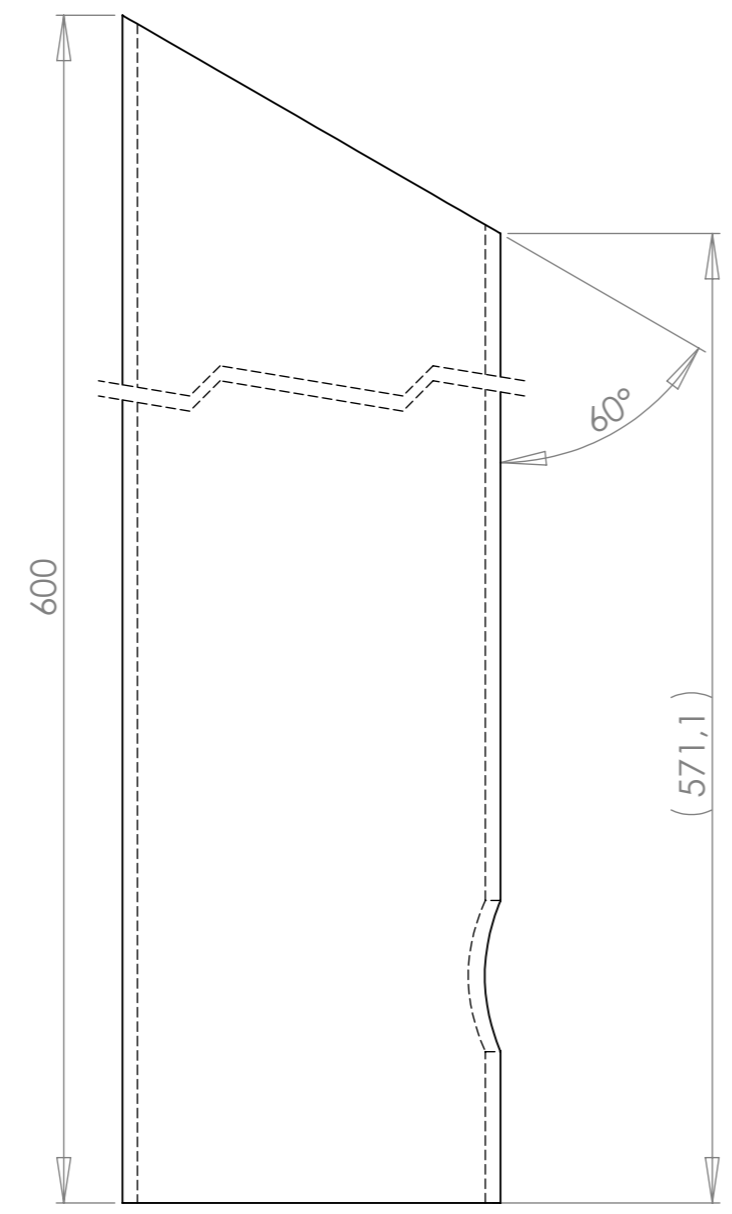
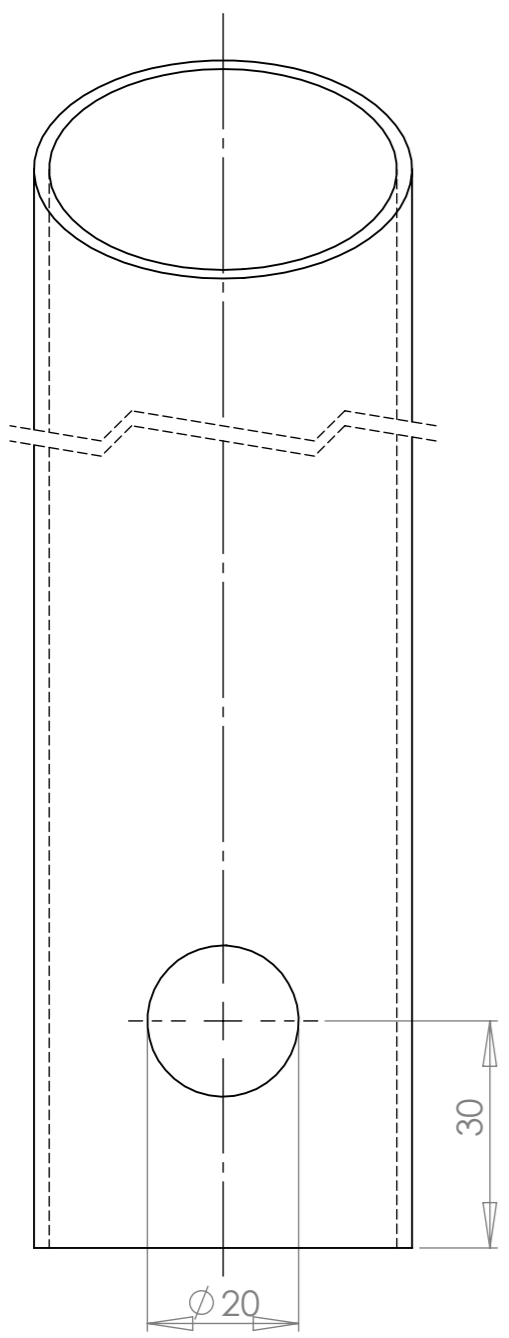
SCALE:1:5

SHEET 19 OF 24

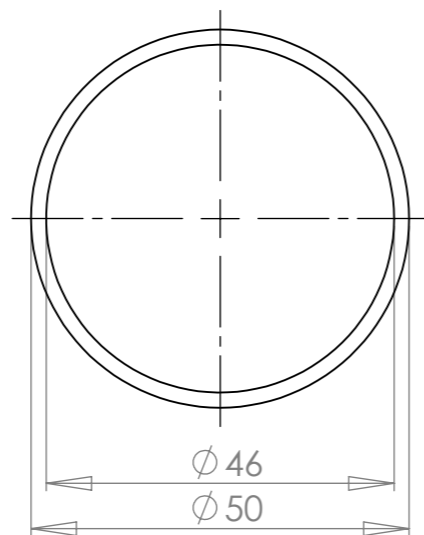
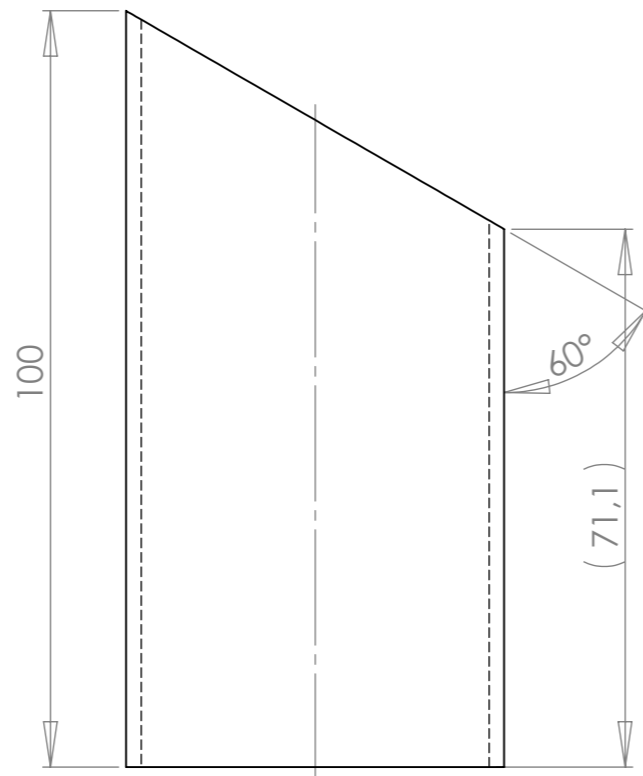
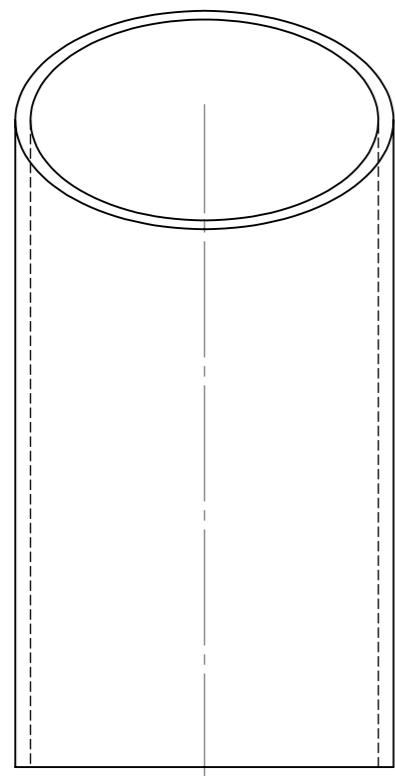
1 2 3 4



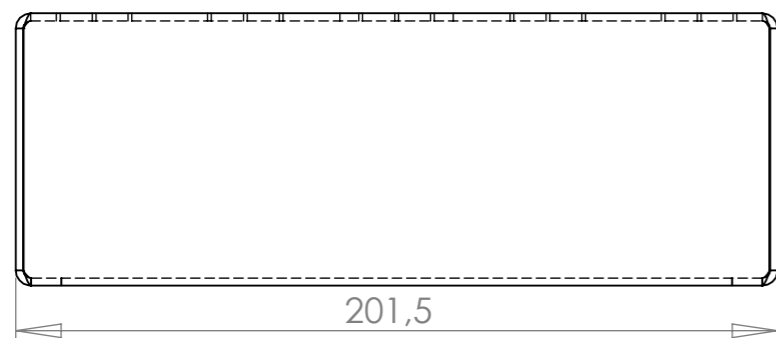
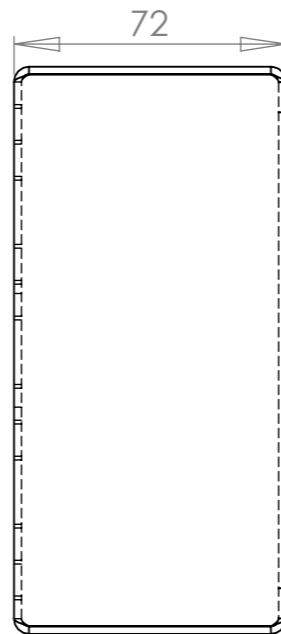
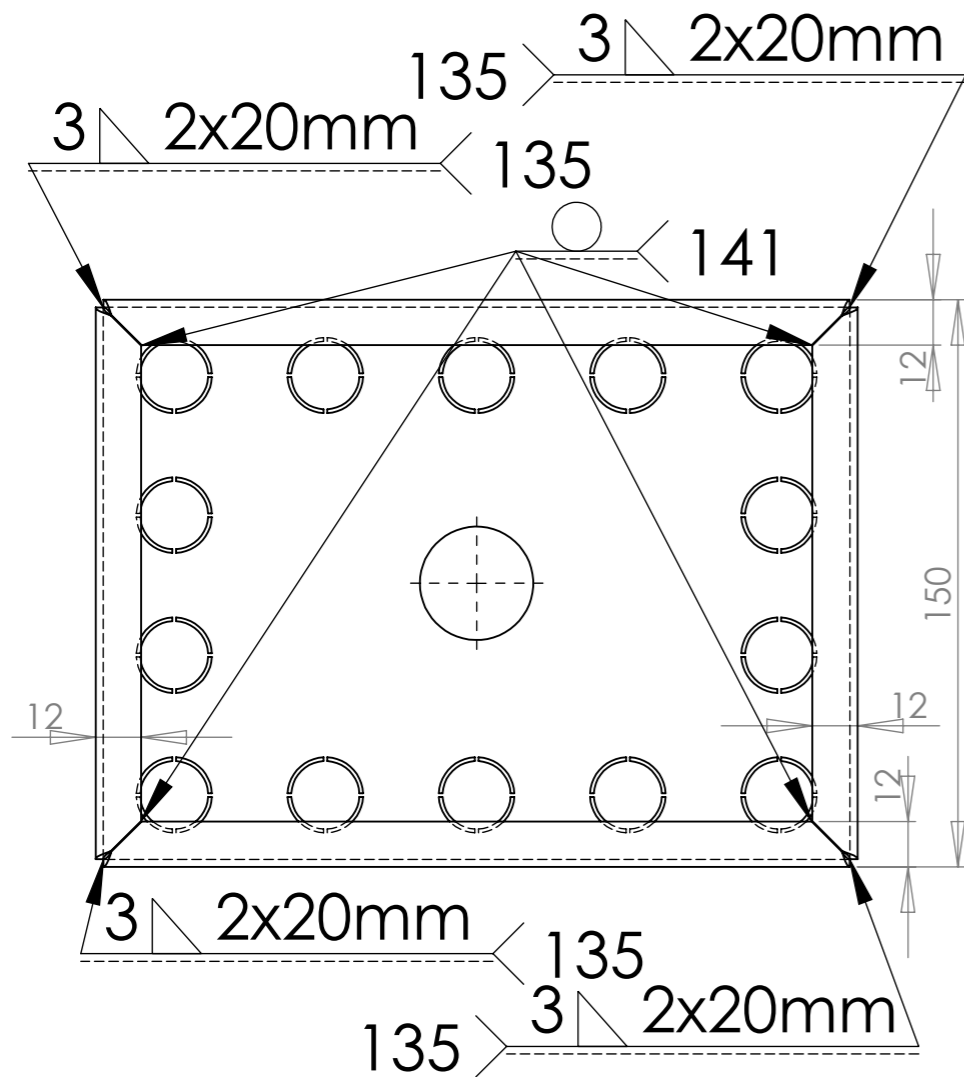
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:			
DRAWN						<b>PLATLE_POD_DRZ</b> <b>LCD_Z_1_ZZ2</b>			
CHK'D									
APPV'D									
MFG									
Q.A						MATERIAL:		DWG NO.	
						11373			
						WEIGHT: 0,4 kg		SCALE:1:1	
								SHEET 20 OF 24	
								A3	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE: <b>TR100x2_DRZ_2 LCD_Z_1_ZZ2</b>			
DRAWN						DWG NO.		A3	
CHK'D									
APPV'D									
MFG									
Q.A					MATERIAL:				
						11321			
					WEIGHT:	1,4 kg		SCALE:1:1	
								SHEET 21 OF 24	



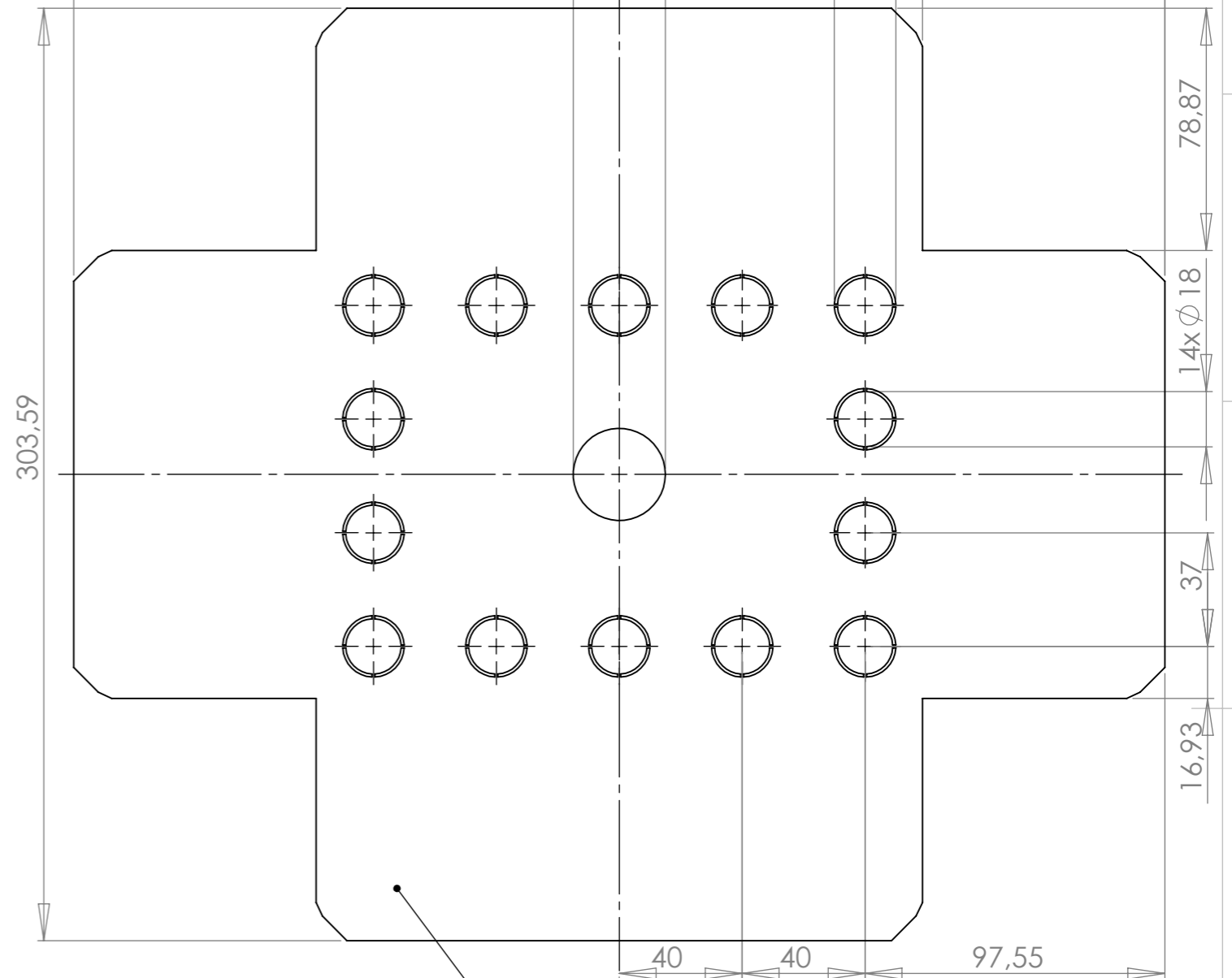
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
DRAWN		NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE: TR100x2_DRZ_1 LCD_Z_1_ZZ2		
CHK'D									
APPV'D									
MFG									
Q.A					MATERIAL:		DWG NO.		A3
					11321				
					WEIGHT: 0,2 kg		SCALE:1:1		SHEET 22 OF 24



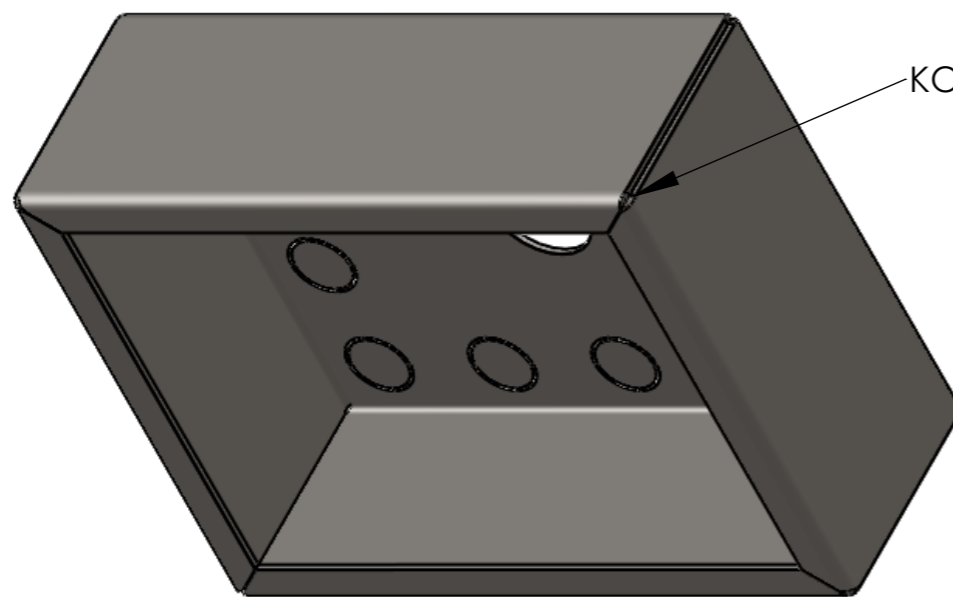
303,59

ROZVINUTÝ TVAR

355,09

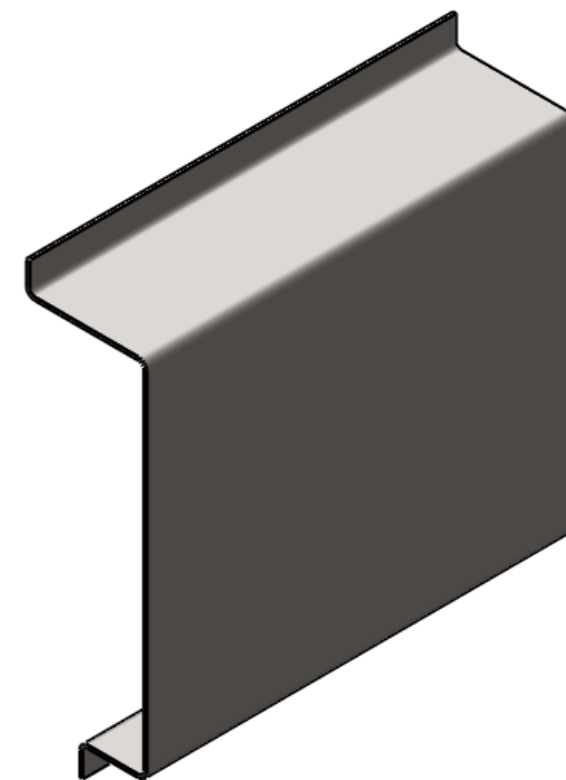
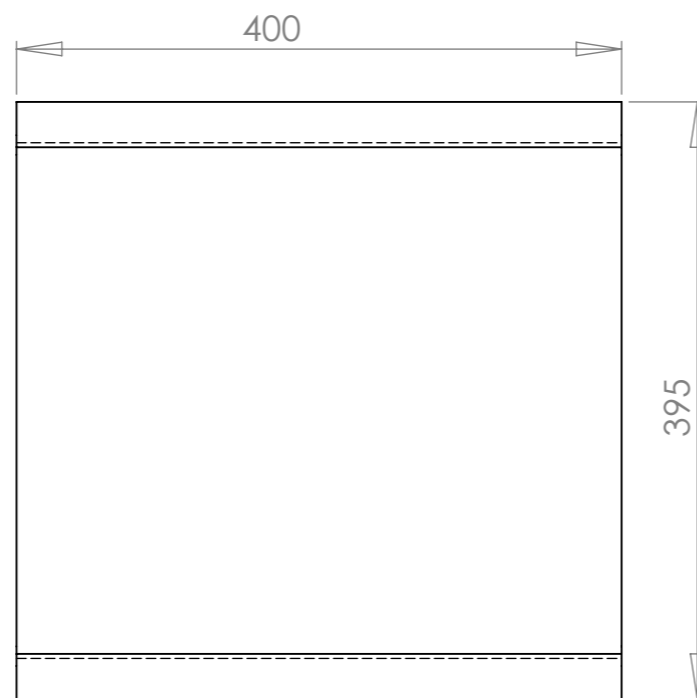
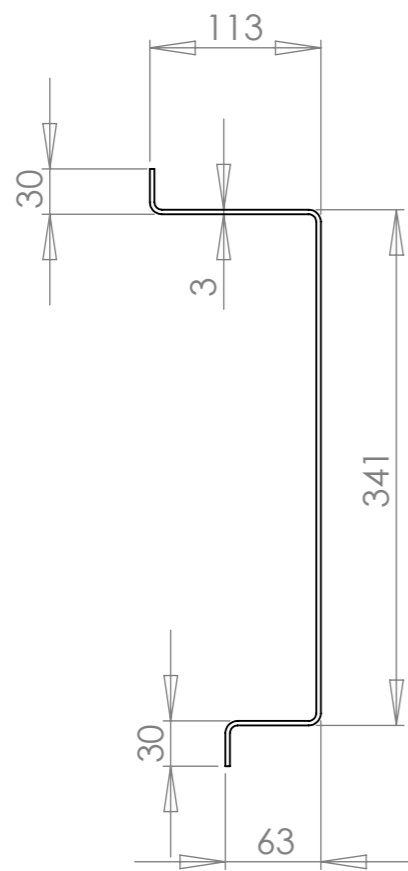


TLOUŠŤKA PLECHU 2 mm

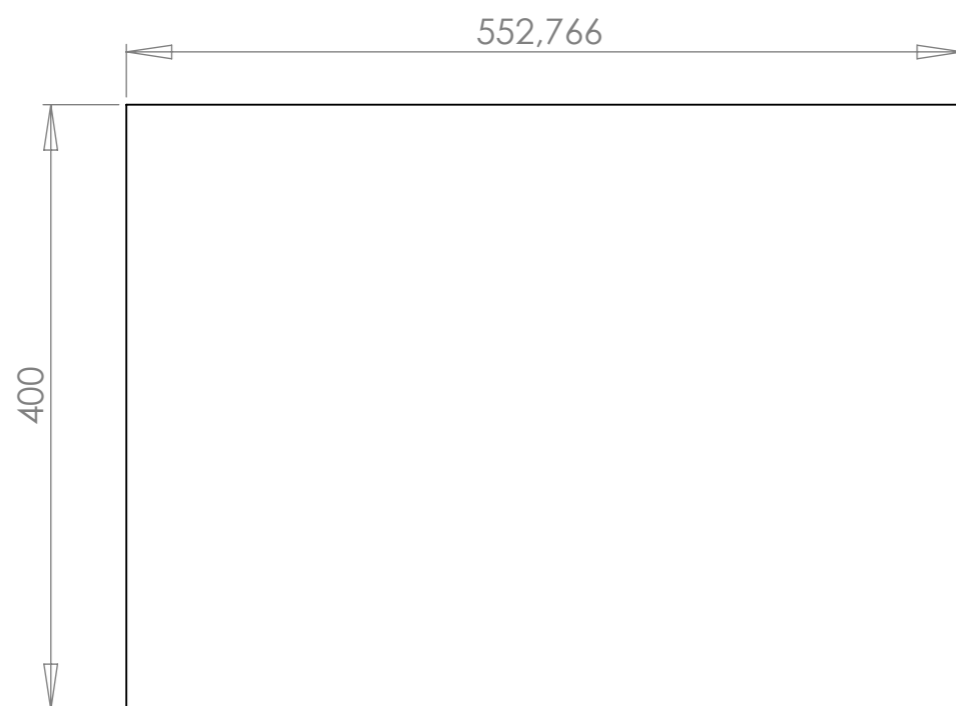


KOUTOVÉ SVARY ZAČÍT OD HORNÍ HRANY

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
DRAWN			NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE: <b>PLALTE_POD LCD_Z_1_ZZ2</b>		
CHK'D											
APPV'D											
MFG											
Q.A							MATERIAL: 11321		DWG NO.		A3
							WEIGHT: 1,3 kg		SCALE:1:2		SHEET 23 OF 24



ROZVINUTÝ TVAR



POKUD NENÍ UVEDENO JINAK: JEDNOTKY JSOU V MILIMETRECH		OPRACOVÁNÍ:		ODSTRANIT OSTŘÉ HRANY	NEUPRAVOVAT MĚŘÍTKO VÝKRESU	ZMĚNA
DRSNOST:					NÁZEV: <b>DRZAK ROZVADECE_Z1_ZZ2</b>	
TOLERANCE:						
LINEÁRNÍ:						
ÚHLOVÁ:						
NAVRHL	JMÉNO	PODPIS	DATUM			
PŘEZKOŮŠEL						
SCHVÁLIL						
VÝROBA						
Z. JAKOSTI				MATERIÁL:	Č. VÝKRESU	A3
				11373		
				HMOTNOST: 5 kg	MĚŘÍTKO:1:5	LIST 24 Z 1 LISTŮ