



# Návrh upínacího přípravku na otočný stůl GOM pro zefektivnění 3D optického skenování

## Bakalářská práce

*Studijní program:* B2301 – Strojní inženýrství  
*Studijní obor:* 2301R000 – Strojní inženýrství  
*Autor práce:* **Filip Alger**  
*Vedoucí práce:* Radomír Mendřický  
*Konzultant BP:* Jiří Šafka



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2015/2016

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Filip Alger**  
Osobní číslo: **S15000388**  
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Strojní inženýrství**  
Název tématu: **Návrh upínacího přípravku na otočný stůl GOM pro zefektivnění 3D optického skenování**  
Zadávací katedra: **Katedra výrobních systémů a automatizace**

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

Cílem závěrečné práce je návrh a zhotovení upínacího přípravku na otočný stůl GOM, který umožní bezpečné a stabilní upínání dílů různých tvarů a velikostí a povede ke zvýšení efektivity bezkontaktního optického 3D skenování strojních součástí.

1. Seznámit se s vybavením a zařízením laboratoře potřebným k realizaci praktické části práce (3D bezkontaktní skener Atos II 400, otočný stůl GOM, SW GOM Inspect apod.) a s principy optické digitalizace.
2. Provést rešerši variant a konstrukčních uspořádání měřicích přípravků pro optické 3D skenování.
3. Realizovat návrh a výrobu upínacího přípravku pro otočný stůl GOM (volba vhodné metody výroby přípravku, volba materiálu, provedení pevnostních výpočtů namáhání přípravku a stability upnutí obrobku).
4. Analýza časových hodnot upínání - porovnání 3D skenování bez a s použitím přípravku, ověření přesnosti a efektivity měření při digitalizaci dílů s využitím upínacího přípravku.
5. Vyhodnocení výsledků, závěr.


Rozsah grafických prací: Dle potřeby  
Rozsah pracovní zprávy: 40  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:

- [1]HLAVÁČ, V. a M. ČONKA. *Počítačové vidění*. Praha: Grada, 1992. ISBN 8085424-67-3.  
[2]ZHANG, S. *Handbook of 3D Machine Vision: Optical Metrology and Imaging*. Boca Raton: CRC Press, 2013. ISBN: 978-1-4398-7219-2.  
[3]DRASTÍK, F. *Přesnost strojních součástí podle mezinárodních norem: Tolerování rozměrů a geometrických vlastností*. Ostrava: Montanex, 1996. ISBN 80-85780-18-6.  
[4]GOM MbH. *Inspection: V8 Manual Basic*. Braunschweig (Germany): GOM MbH, 2014.  
[5]GOM MbH. *Atos V7 - Hardware: User manual*. Braunschweig (Germany): GOM MbH, 2010.  
[6]VOTRUBEC, J. *Návrh a konstrukce přípravku pro zefektivnění 3D optického skenování*. Liberec, 2013. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní, Katedra výrobních systémů.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Radomír Mendřický, Ph.D.  
Katedra výrobních systémů a automatizace  
Konzultant bakalářské práce: Ing. Jiří Šafka, Ph.D.  
Katedra výrobních systémů a automatizace  
Datum zadání bakalářské práce: 15. listopadu 2015  
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. února 2017

  
prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld  
děkan



  
Ing. Petr Zelený, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 15. listopadu 2015

## **Prohlášení**

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

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

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

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 8. září 2016

Podpis:

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval všem, kteří mě podporovali v průběhu mého studia, a to zejména přátelům a rodině. Hlavní dík patří mé matce a sestře za jejich motivaci během celé této doby. Dále bych chtěl také poděkovat panu Radomíru Mendřickému za odborné vedení, za pomoc, cenné rady při zpracování a vyhodnocování této práce.

## **Anotace**

První část bakalářské práce se zabývá popisem technologie optického skenování. Dále jsou zde popsány důvody vzniku návrhu přípravku, jeho požadované vlastnosti a v neposlední řadě i shrnutí variant přípravků, nabízených volně na trhu.

Druhá část se zabývá rešerší možných konstrukčních variant, návrhem vhodného materiálu a principem upínání. Na tomto základě byly zvoleny nejvhodnější varianty a tyto dále podrobněji rozebrány. Cílem bylo zvolit nejvhodnější řešení pro skener ATOS II a otočný stůl GOM. V závěru práce je porovnání měření s použitím přípravku a bez něj.

***Klíčová slova:* optický skener, digitalizace, upínací přípravek, 3D tisk, přesnost**

## **Abstract**

The first part of the thesis is concerned with the description of the technology behind optical scanning. Furthermore, it also covers the reasons for the device design, its desired qualities and the summary of other device variations available at the market.

The second part researches possible construction options, suitable material and the principle of clamping. On this basis, the most suitable choices were selected and further analysed. The aim was to pick the best solution for ATOS II scanner and GOM pivot desk. The conclusion of the thesis compares the results of measuring with and without the clamping fixture.

***Key words:* optical scanner, digitalisation, fixture, 3D print, accuracy**

Počet stran: 44

Počet příloh: 27

Počet obrázků: 28

Počet tabulek: 4



## Obsah

<b>Obsah.....</b>	<b>6</b>
<b>1 Úvod.....</b>	<b>8</b>
<b>2 Teoretická část.....</b>	<b>9</b>
2.1 Princip digitalizace.....	9
2.2 Základní rozdělení snímacích systémů .....	9
2.2.1 Dotyková metoda .....	9
2.2.2 Bezdotyková metoda .....	9
2.3 Optický skener ATOS II .....	10
2.4 Příprava dílů ke skenování.....	11
2.5 Zpracování výsledků .....	12
2.6 Přípravky pro 3D skenery .....	12
2.7 Návrh a konstrukce přípravku.....	13
2.7.1 Příložky .....	15
2.7.2 Šestiboké hranoly a kostky.....	17
2.7.3 Podpůrné podpěry pevné s výměnnými hroty .....	18
2.7.4 Stavitelné podpěry .....	19
2.7.5 Podpěra široká rovná a s odrazkou.....	24
2.7.6 Podpěra horizontální .....	24
2.7.7 Spojovací materiál přípravku .....	30
2.7.8 Hmotnosti dílů přípravku .....	32
<b>3 Porovnání měření s přípravkem a bez přípravku .....</b>	<b>33</b>
3.1 Měření bez přípravku .....	33
3.2 Měření s přípravkem .....	34
3.3 Porovnání přesnosti skenování.....	35
3.4 Porovnání času měření .....	37
3.5 Ukázka upínání dalších součástí .....	39
<b>4 Závěr .....</b>	<b>40</b>
<b>5 Seznam použité literatury .....</b>	<b>41</b>



---

**Seznam příloh .....43**





# 1 Úvod

Výroba i měření se často neobejdou bez pomocných zařízení, bez kterých by byl výrobní a kontrolní proces pracnější, méně přesný nebo v některých případech dokonce nemožný. Tyto pomůcky se nazývají přípravky.

V dnešní hektické době se neustále zvyšují nároky na zrychlování a zpřesňování výroby i měření. Díky pokroku ve vývoji počítačové techniky, automatizace, softwaru i hardwaru vznikají neustále nové možnosti jak tyto procesy zefektivnit. Jednou z moderních a dnes poměrně široce rozšířených měřicích technik je 3D skenování.

Samotné přípravky nejsou pro skenování nezbytné, ale mohou celý proces zrychlit, což přináší úsporu nejen časovou, ale i finanční. Při optickém skenování je důležité, aby byl měřený objekt nepohyblivě uchycen a neměnil svou pozici vůči referenčnímu souřadnému systému. Je to z toho důvodu, že jsou jednotlivé naskenované snímky objektu následně spojovány. V sériové výrobě jsou přípravky navrhovány pro konkrétní díly. Cílem této bakalářské práce je navrhnout a vyrobit univerzálnější stavebnici přípravku pro skener ATOS II. Tento přípravek by mělo být možné upnout k otočné a naklápěcí jednotce GOM, která je součástí skeneru. Dále by měl umožnit lepení referenčních bodů, aby se omezila doba přípravy měření. V závěru práce je porovnání časové náročnosti skenování s a bez přípravku.

## 2 Teoretická část

### 2.1 Princip digitalizace

Digitalizace je proces, díky němuž získáváme z reálného objektu digitální model. Výsledkem digitalizace je množina prostorových bodů (tzv. mrak bodů), které se následně pomocí speciálního softwaru převádějí do modelu CAD. [1]

### 2.2 Základní rozdělení snímacích systémů

Tato doba – 21. století, z důvodu rozvoje techniky nabízí širokou škálu metod, které slouží k získávání 3D modelů měřených objektů. Snímací systémy lze dělit na dotykové neboli mechanické, a bezdotykové. [2]

#### 2.2.1 Dotyková metoda

Dotykové snímací systémy umožňují kontakt měřicí sondy (např. rubínová kulička) a měřeného objektu. Měřicí sonda přejíždí po měřeném objektu a zaznamenává souřadnice bodů, které jsou následně zpracovávány. Dotykové systémy lze dělit na manuální a na skenery, které fungují na podobném principu jako CNC stroje. Na rozdíl od skenerů je u manuálních dotykových systémů posuv sondy řízen ručně. Přesnost závisí na typu doteku a na množství sejmutých souřadnic bodů. Za nevýhodu lze považovat délku snímání. Body jsou snímány pomaleji, jelikož dochází k snímání jednotlivých bodů zvlášť. Za výhodu lze považovat možnosti pohybu sondy. Kontaktní sonda je schopna dostat se do míst, do kterých skener z principu své funkce nevidí. [1]

#### 2.2.2 Bezdotyková metoda

Bezdotyková zařízení, nebo zařízení nazývaná skenery, nevyužívají přímého fyzického doteku s povrchem objektu. Povrch je oskenován najednou, nebo po částech (podle velikosti objektu), čímž vznikne hustý mrak bodů. Z těchto bodů je následně pomocí softwaru vytvořen 3D model. Kolik bodů skener zaznamená, záleží na jeho rozlišení, respektive na rozlišení použitého objektivu. Čím hustší síť bodů skener zaznamená, tím jsou lépe vykresleny jednotlivé detaily a model více odpovídá skutečnosti. Tato metoda je bez pochyb rychlejší než dotyková metoda. [3]

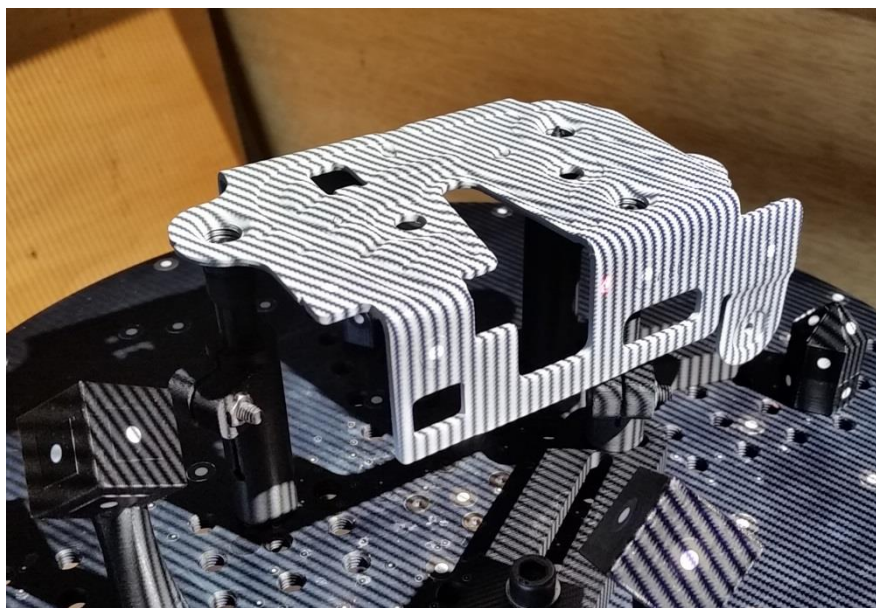
### Bezdotykové metody lze dále dělit na:

- laserové,
- optické,
- rentgenové,
- ultrazvukové
- destruktivní [1]

Tato bakalářská práce se bude věnovat především optickému skeneru ATOS II, který je všem studentům k dispozici na Katedře výrobních systémů a automatizace. V rámci práce byly zkonstruovány upínací přípravky právě pro využití tohoto dostupného skeneru.

### **2.3 Optický skener ATOS II**

Optický skener ATOS II pochází z dílny německé firmy GOM. Skládá se ze dvou kamer a světelného zdroje. Snímání vychází z principů triangulace a stereoefektu. Je-li účelem znát vzdálenost od měřeného bodu, je třeba sestavit pomyslný trojúhelník mezi kamerami a tímto bodem. Jelikož je známa vzdálenost mezi kamerami a velikost úhlů natočeného bodu vůči přímce, lze jednoduchým způsobem vypočítat neznámou vzdálenost bodu. Osvětlovací projektor má vestavěné rastrovací zařízení, které na povrchu vytváří světlé a tmavé pruhy (obr. 1). Pruhy jsou zaznamenávány pomocí již zmíněných kamer. Na základě toho vznikne shluk bodů, u kterých je již známa jejich souřadnice v daném prostoru. Ve výsledku dochází k sestavení 3D modelu. [4]



**Obrázek 1:** Ukázka rastru na povrchu součásti

Skener ATOS II je schopen v jeden moment na jednom snímku zaznamenat až 1,4 milionu bodů. Zpravidla bývá skener umístěn na stativu a pohybuje se pouze měřený objekt, v našem případě pomocí otočného stolu. V případě měření větších objektů, se kterými je náročné manipulovat, může být naopak vhodnější měnit pozici skeneru. Důležité je, aby se objekt a skener vůči sobě nepohybovaly během snímání, což trvá řádově 1 sekundu. [4]

## 2.4 Příprava dílů ke skenování

Optické skenery obtížně zachycují reflexní povrchy. Důvodem toho je jejich princip snímání. Aby došlo ke snížení odrazivosti povrchu, používá se křídový prášek (např. prášky ve spreji). Před aplikací prášků je vhodné povrch důkladně očistit a následně odmastit. Je to z toho důvodu, aby prášek na povrch co nejlépe přilnul. Nevýhodou optického skeneru je to, že nedokáže zachytit černou barvu. Z toho důvodu se černá barva nanáší na upínací a měřicí přípravky, aby se tím zamezilo možnosti jejich zachycení skenerem. V případě, že je objekt složitě členěný a tvarovaný, je nutné, aby docházelo k opakovanému skenování a skenování po více snímcích. Na objekty se lepí kulaté referenční body, jinak také zvané terčíky. [4]

V průběhu skenování je skener identifikuje a interně čísluje. V momentě, kdy dochází k zaznamenávání dvou snímků, je nutné, aby na každém z nich byly zachyceny minimálně tři společné body. Ve chvíli, kdy jsou zachyceny minimálně tři společné body, je možné snímky synchronizovat do jednoho snímku. Pro vhodné umístění bodu

jsou určitá pravidla. Primárně je důležité, aby byly body vhodně rozprostřeny v celém objemu objektu. Sekundárně je důležité, aby body neležely v jedné přímce, protože by tím mohly splynout do jedné roviny a tím nezachytit všechny stupně volnosti v prostoru. Dalším pravidlem je rozmístění bodů tak, aby byly pro skener viditelné z více úhlů pohledu. Posledním pravidlem je, aby byly ve vzájemně spojovaných snímcích viditelné tři společné body. [5]

## 2.5 Zpracování výsledků

Jakmile jsou jednotlivé snímky naskenovány, je třeba je spojit do jediné sítě, čímž dojde k vytvoření reprezentujícího měřeného objektu. K tomuto úkonu slouží software GOM Inspect Professional. Snímky jsou na sebe přesně ustaveny pomocí referenčních bodů. Tím dojde k vytvoření společné polygonální sítě bodů. Dojde-li k nějakým nepřesnostem, je možné nenaskenovaná místa doplňovat. Vzniklá síť je převedena na plochy, které jsou tvořené trojúhelníky, které lze dále modifikovat.

Výsledný model je možné porovnávat s jinými modely, a to v softwaru GOM. Lze porovnávat s dalšími modely, které jsou například vytvořeny pomocí různých CAD systémů. [4]

## 2.6 Přípravky pro 3D skenery

Přípravky jsou prostředky, které umožňují urychlit, zjednodušit, zpřesnit a zefektivnit procesy ve výrobě nebo při kontrole součástí. Snížením doby a složitosti procesu lze také dosáhnout snížení ceny za výrobu nebo kontrolu součástí. [6]

Přípravky používané u skenerů by měly zajistit především zamezení pohybu měřeného objektu a zrychlení procesu skenování, například umožněním nalepení referenčních bodů na jejich povrch či rychlejším upnutím měřeného objektu. Menší díly často nemají na povrchu dostatek místa, nebo rovnou plochu. Proto se pro nalepení referenčních bodů používají přípravky i jako místo k jejich nalepení. Z toho vyplývá, že měřený objekt musí být pevně zafixován vůči přípravku. Pokud by tomu tak nebylo, spojení snímku by bylo nepřesné a na výsledném 3D modelu by docházelo k nepřesnostem. K upínání se dá použít nejen přípravek, ale i různé plastické hmoty. Ty však nejsou ideálním řešením, jelikož nezaručují spolehlivé upnutí předmětů vůči podstavě (stolu). Také jimi nelze upnout těžší předměty. [7]

Obecně se přípravky dají rozdělit na univerzální a speciální, které se využívají pro konkrétní díly. Výhodou univerzálního přípravku je možnost upnutí různorodých tvarů a velikostí předmětů. Nevýhodou zase může být jejich vyšší hmotnost a riziko většího stínění pro kamery skeneru. Speciální přípravky pro konkrétní díly se vyplatí používat hlavně v sériové výrobě a při měření, ve kterém jsou vynaložené vyšší náklady kompenzovány velkou úsporou času. [6]

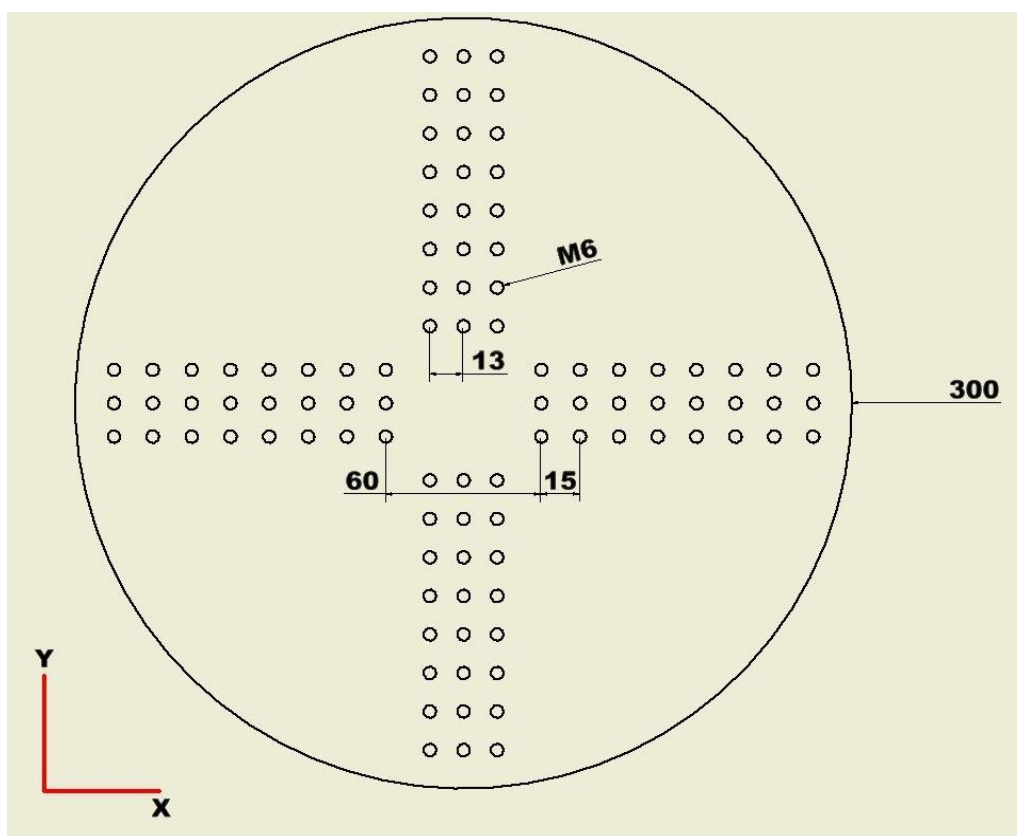
Nabídka upínacích přípravků pro 3D skenery není na trhu příliš obsáhlá. Absence vhodných upínacích prostředků pro použití na stole GOM se tak stala důvodem pro vznik této bakalářské práce. Cílem této práce bylo navrhnout, zkonstruovat a vyrobit sadu upínacího přípravku, který bude odpovídat zadaným parametrům a podmínkám, což by mělo zapříčinit usnadnění a v lepším případě i zrychlení skenování. [8],[9]

Nabízené přípravky pro měření pomocí 3D skeneru jsou si svým konstrukčním uspořádáním podobné. Jedná se převážně o univerzální stavebnice použitelné pro součásti různorodých tvarů. Základní prvek většiny stavebnic tvoří ploché upínací desky se závitovými otvory, profily a výztužné prvky, ze kterých se dá postavit základní konstrukce přípravku. Na tyto základní prvky se dále připevňují vlastní upínací prvky, sloužící k uchycení měřené součásti. Jedná se například o podpůrné prvky, sklíčidla svěráky, nebo stavitelné či pákové upínky. V zájmu variability mívají některé tyto prvky různé tvary koncové části. Vlastní konstrukční provedení se liší výrobce od výrobce, ale ke spojování slouží primárně tvarové a šroubové spoje. Materiály ze kterých jsou nabízené přípravky vyrobeny, tvoří převážně ocel či slitiny hliníku. Někteří výrobci, jako například firma Renishaw s.r.o., nabízejí upínací desky vyrobené z čirého plexiskla neboli akrylátu. Tyto desky mají tzv. okna, čili větší celistvé plochy, které je možno skenerem prosvítit a získat tak lepší obraz měřeného objektu. [8],[9]

## 2.7 Návrh a konstrukce přípravku

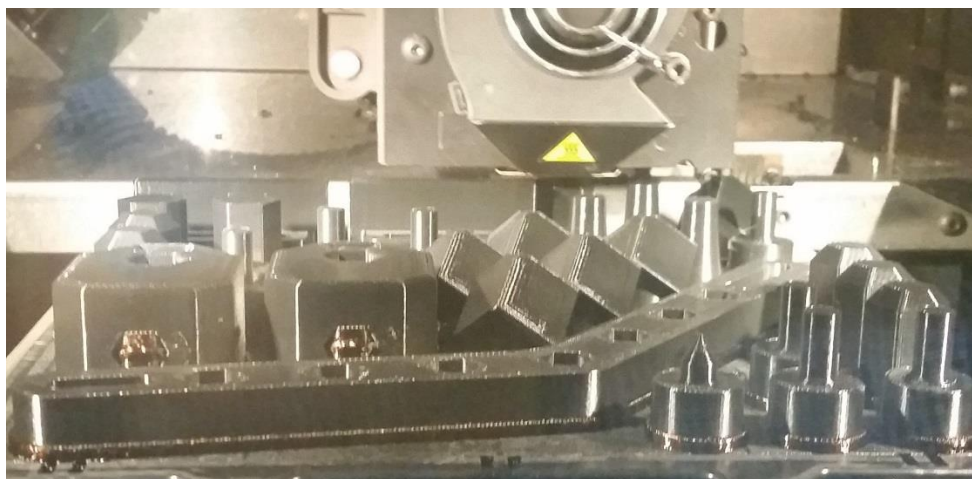
Cílem této práce bylo navrhnout sestavu upínacího přípravku pro otočný naklápěcí stůl (obr. 2) a skener ATOS II, jež jsou k dispozici na Katedře výrobních systémů a automatizace.

Stůl má tvaru kruhu o vnějším průměru 300 mm a o tloušťce 5 mm. Ve stole jsou ve tvaru kříže vyrobeny díry (96 x) se závity M6 ve třech řadách. Rozteče závitů jsou uvedeny v náčrtu. Stůl je vybaven krokovými elektromotory sloužící k jeho otáčení kolem vertikální i horizontální osy.



**Obrázek 2:** Otočný naklápěcí stůl

Stůl GOM má uvedenou nosnost cca 5 kg. Z toho pramení nutnost co nejmenší hmotnosti přípravku, aby zbylo co nejvíce užité hmotnosti na samotný měřený objekt. Dalším požadavkem byla technologická nenáročnost výroby přípravku. Jelikož se mělo jednat o prototyp stavebnice sestávající z mnoha tvarově složitých dílů, byla by kusová výroba pomocí tradičních metod (CNC frézování, vrtání atd.) poměrně drahá. Výhodou dílů z kovu by zase mohla být jejich větší tuhost a pevnost. Zároveň by takto vyrobené kovové díly měly větší hmotnost, než kdyby byly vyrobeny z plastu. Z těchto důvodů padla volba na výrobu přípravku převážně pomocí FDM 3D tiskárny, která je k dispozici na KSA TUL (obr. 3).



**Obrázek 3:** Výroba přípravku na 3D tiskárně

FDM technologie je jedna z více metod 3D tisku. Dnes jsou již k dispozici přesnější metody výroby, ale pro účely této práce přesnost vyhovuje více než dostatečně. Výhodou je i to, že je tato technologie relativně levná a výrobky mají velkou mechanickou pevnost. Použitý materiál je černý ABS plast od firmy Stratasys s obchodním označením ABS-P400. [10]

**Tabulka 1:** Mechanické vlastnosti materiálu

<b>Tabulka vybraných vlastností materiálu ABS-P400</b>	
<b>Vlastnost:</b>	<b>Hodnota:</b>
Hustota	1040 kg/m <sup>3</sup>
Mez pevnosti v tahu	22 MPa
Mez pevnosti v ohybu	41 MPa

Požadavky na přípravky byly:

1. Snadné umístění měřicích terčíků
2. Rychlé upnutí měřených objektů – zkrácení doby přípravy měření
3. Co nejmenší stínění měřeného objektu.

### 2.7.1 Příložky

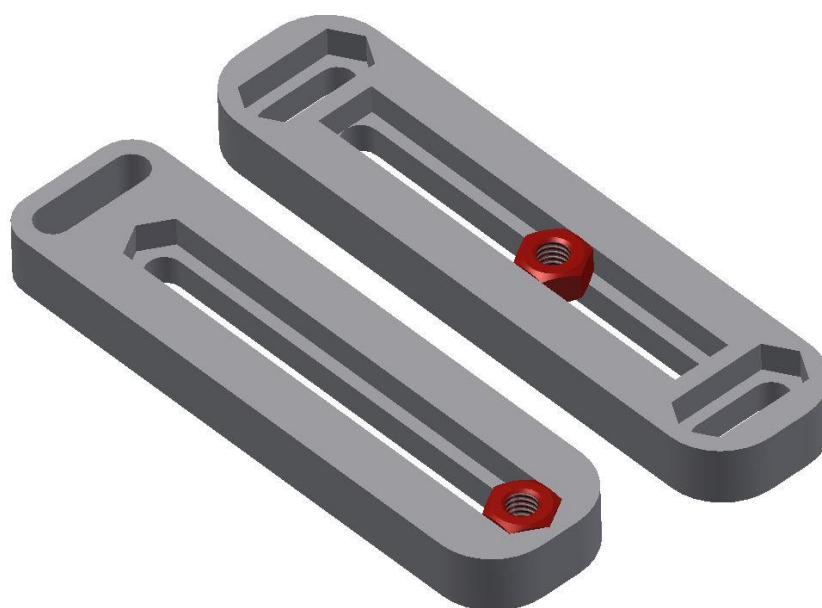
Jelikož měřené objekty mohou mít libovolný tvar, bylo prvním cílem zvýšit počet míst, kam lze přípravek na stole upnout (rovina XY). Z toho důvodu jsem navrhl upínací příložky ve tvaru „I“ a „U“, které lze upnout pomocí imbusových šroubů M6x16 do



předvrtaných závitů na stole a polohovat je do různých pozic. Příložky mají na spodní straně drážku, do které se umístí matice. Do nich lze následně přišroubovat všechny ostatní potřebné součásti přípravku. Dále je umožněno polohovat přípravek do kterékoliv pozice v podélné ose drážky. Příložky tak umožňují využít téměř celou plochu stolu a nejen pozice původních závitových děr.



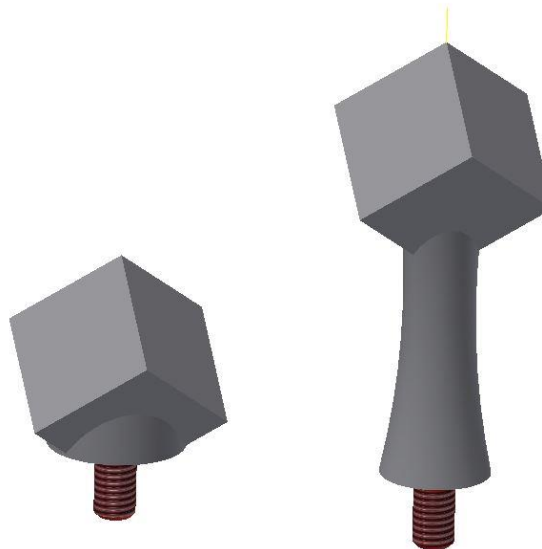
**Obrázek 4:** U-příložka



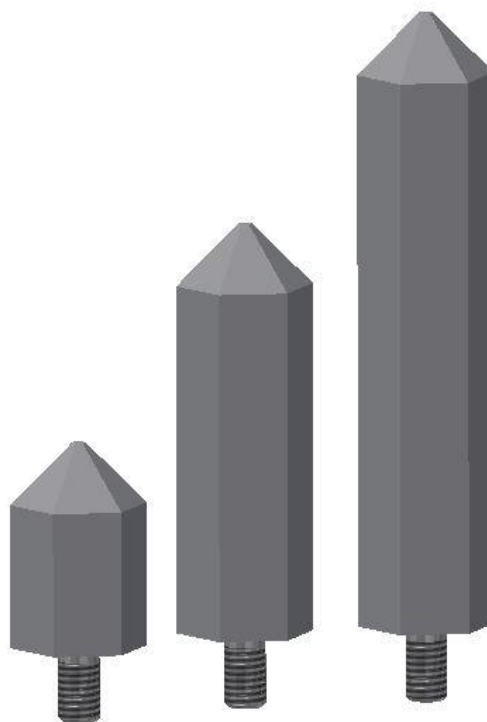
**Obrázek 5:** I-příložky

## 2.7.2 Šestiboké hranoly a kostky

Jelikož ne vždy je možné umístit měřicí body na samotné měřené objekty, vznikl požadavek na vytvoření přípravku k tomu určenému. Prvními jeho součástmi jsou šestiboké hranoly o výškách 30,60 a 90 mm (obr. 7). Díky šesti stranám jsou nalepené body viditelné i při pootočení stolu, což je výhodné pro následné spojování snímků. Druhým důvodem pro jejich vznik bylo i urychlení přípravy skenování, kdy odpadá neustálé přelepování referenčních bodů. Vedlejším, i když přínosným, efektem je to, že se dají použít jako další podpůrné prvky. Druhá taková součást je „kostka“, což je v podstatě krychle položená na jeden z jejích vrcholů. Na spodní straně se nachází osazení kruhového tvaru opět s dírou pro šroub. Díky svému tvaru umožňuje dobrou viditelnost měřících terčíků z různých úhlů. Kostky byly vyrobeny ve dvou verzích a to nízká a s 30 mm vysokou stopkou. Všechny díly mají na spodní straně vytvořenou šestihrannou díru, do které je vlepen šroub M6x10 sloužící k uchycení ke stolu.



Obrázek 6: Kostky



Obrázek 7: Šestiboké hranoly

### 2.7.3 Podpůrné podpěry pevné s výměnnými hroty

Pro podepření dílů, které nejsou díky svému tvaru na stole samy od sebe stabilní, bylo nutné vyrobit podpůrné podpěry. Ty jsou složené z podstavy s otvorem pro upínací šroub M6 a z těla zakončeného otvorem pro šroub M3x10. Podpěry byly vyrobeny v rozměrech 30,40,60 a 70 mm. Odstupňování po 10 mm je nutné z důvodu, kdy je jedna podpěra upnuta přímo na stole a druhá na příložce o tl. 10 mm. Z důvodů upnutí předmětů různorodých tvarů vznikla potřeba pro více typů tvarů konců podpěry neboli hroty. Proto byly navrženy čtyři typy: kulový, špičatý, prizmatický a plochý. Celkem tedy dvanáct kombinací. To je poměrně mnoho pro případ, že by se měla každá varianta vytisknout ve větším množství a bylo by nutné spotřebovat zbytečně moc materiálu pro 3D tisk.

Z toho důvodu padla volba na další konstrukční možnost a to variantu s výměnnými hroty. Tělo podpěry je stávající, kromě vrchní části, kde je vytvořen

šestiboký otvor pro šroub M3x10. Do něj lze zašroubovat výměnné hroty tvarů stejných, jako měly předchozí varianty.

V průběhu měření vznikl další požadavek a to, aby měřené předměty položené na tyto hroty po nich neklouzaly, to znamená, aby měly povrch s vyšším koeficientem tření. Řešením bylo použití pryžových koncovek, které byly vlepeny do šroubovacích základen s tvarem odpovídajícím negativu spodní části pryžových koncovek. Pryžové koncovky mají tři tvary: kulový, špičatý se zaobleným vrcholem a plochý. K tomu byly ponechány předtím vytvořené plastové koncovky: prizmatická a špičatá rozšířená. Celkem tedy pět typů o shodné výšce 15 mm (u pryžových včetně plastové základny).

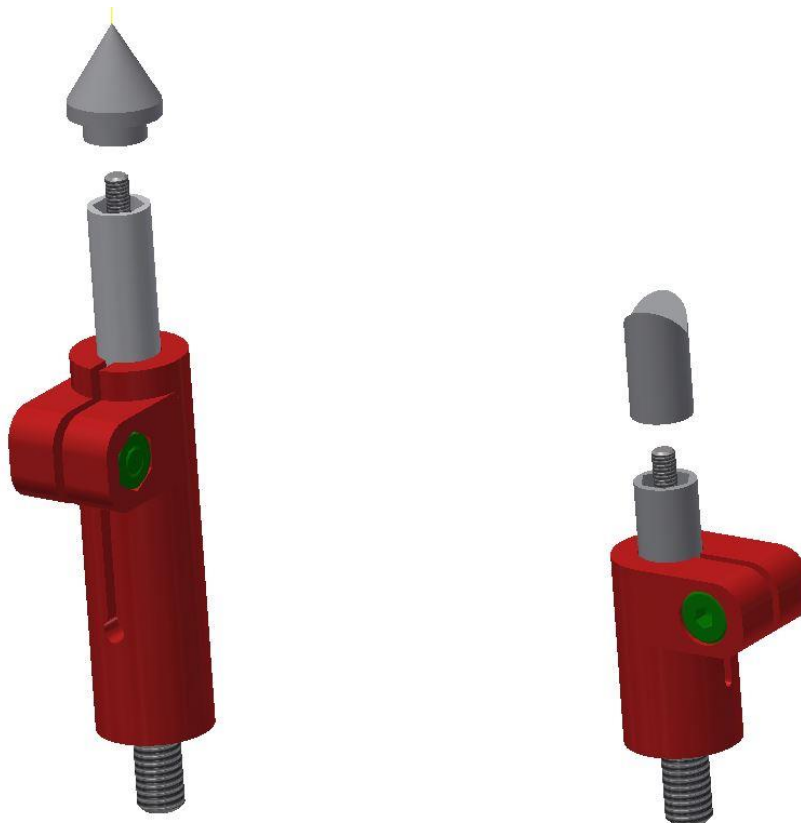


Obrázek 8: Pevné podpěry s výměnnými hroty

#### 2.7.4 Stavitelné podpěry

V průběhu měření v laboratoři bylo zjištěno, že čtyři výškové varianty pevných podpěr neposkytují dostatečnou výškovou variabilitu nastavení pro upínání a v mnohých případech vzniká i potřeba plynulého nastavení výšky přípravku. Z toho důvodu byly zkonstruovány stavitelné podpěry ve dvou variantách: 25 a 50 mm. Ty jsou obdobou teleskopických pístů, jelikož jsou tvořeny válcovým dutým tělem s podélnou drážkou

a výsuvným trnem. Trn je opět možné osadit výměnnými hroty jako u pevných podpěr. Trny byly vyrobeny ve dvou velikostech 20 a 40 mm, aby byl zajištěn co největší výškový rozsah. K zajištění stálé polohy výsuvného trnu slouží svěrný spoj mezi trnem a tělem podpěry, kde k vyvození potřebné síly slouží imbusový šroub M4x12.



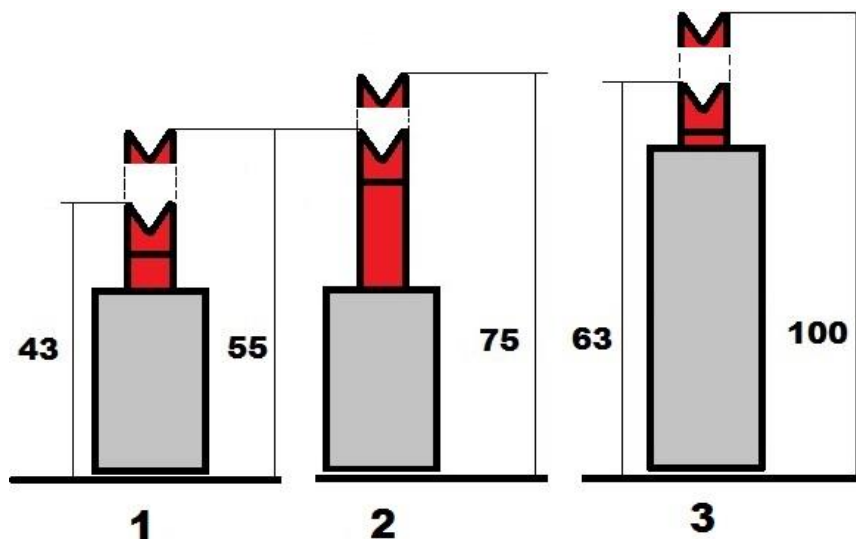
**Obrázek 9:** Stavitelné podpěry

### **Výškový rozsah:**

Výškový rozsah stavitelných podpěr záleží na kombinaci těla a kolíku. Šroubovací výměnná koncovka je ve všech případech stejně vysoká a to 15 mm. Možné kombinace podpěr a kolíků a jejich možné vysunutí je zaznamenáno v tabulce č. 2. Z důvodu stability a pevnosti svěrného spoje uvažují, že minimálně 5 mm z délky kolíku je zasunuto do těla podpěry.

**Tabulka 2:** Výškové rozsahy stavitelných podpěr

Varianta:	Kombinace dílů:	Rozsah od–do [mm]
1.	Malá podpěra + malý kolík	43–55
2.	Malá podpěra + velký kolík	55–75
3.	Velká podpěra + velký kolík	63–100


**Obrázek 10:** Grafické znázornění výškových rozsahů

**Výpočet svěrného spoje:**

Pro zachycení axiálního zatížení je nutné vyvolat minimální tlak (1), který vytvoří dostatečné tření mezi tělem podpěry a kolíkem. Maximální hmotnost měřené součásti s ohledem na nosnost stolu jsem zvolil na 3 kg. Jelikož jedna podpěra nikdy neponese celou tuto hmotnost, ve výpočtu uvažuji hmotnost poloviční, tedy 1,5 kilogramu:

$$p_{minF} = \frac{k_w * F_a}{\pi * f * l * d_p} = \frac{2 * 15}{\pi * 0,3 * 5 * 8} = \mathbf{0,796 \text{ MPa}} \quad (1) [11]$$

$k_w$  – součinitel bezpečnosti [-]

$F_a$  – zatěžující síla (axiální) [N]

$f$  – součinitel tření [-]

$l$  – délka kolíku ve svěrném spoji [mm]

$d_p$  – průměr kolíku [mm]

$p_{minF}$  – minimální tlak [MPa]



Potřebnou montážní sílu  $F_M$  (2), kterou je nutné vytvořit pomocí šroubového spoje, vypočítáme:

$$F_M = p_{\min F} * d_p * l = 0,796 * 8 * 5 = \mathbf{31,84 N} \quad (2) [11]$$

Dále z rovnice rovnováhy jedné poloviny náboje určíme sílu ve šroubovém spoji  $F_Q$  (3) neboli jeho předpětí, kde  $e=13,5$  mm je rameno na kterém působí síla ve šroubu:

$$F_Q = \frac{F_M * d_p}{d_p + 2 * e} = \frac{31,84 * 8}{8 + 2 * 13,5} = \mathbf{7,28 N} \quad (3) [11]$$

Posledním krokem je výpočet potřebného utahovacího momentu šroubu. První částí výpočtu je určení třecího úhlu (4) šroubového spoje, kde za součinitel tření mezi plochami závitů volím  $f=0,15$  a úhel stoupání metrického závitu  $\alpha=60^\circ$  :

$$\varphi'_z = \arctan \frac{f_z}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \arctan \frac{0,15}{\cos \frac{60}{2}} = \mathbf{9,83^\circ} \quad (4) [11]$$

Následuje výpočet úhlu stoupání závitu (5):

$$\gamma = \arctan \frac{P}{\pi * d_2} = \arctan \frac{1}{\pi * 3,5} = \mathbf{3,64^\circ} \quad (5) [11]$$

$P$  – stoupání závitu [mm]

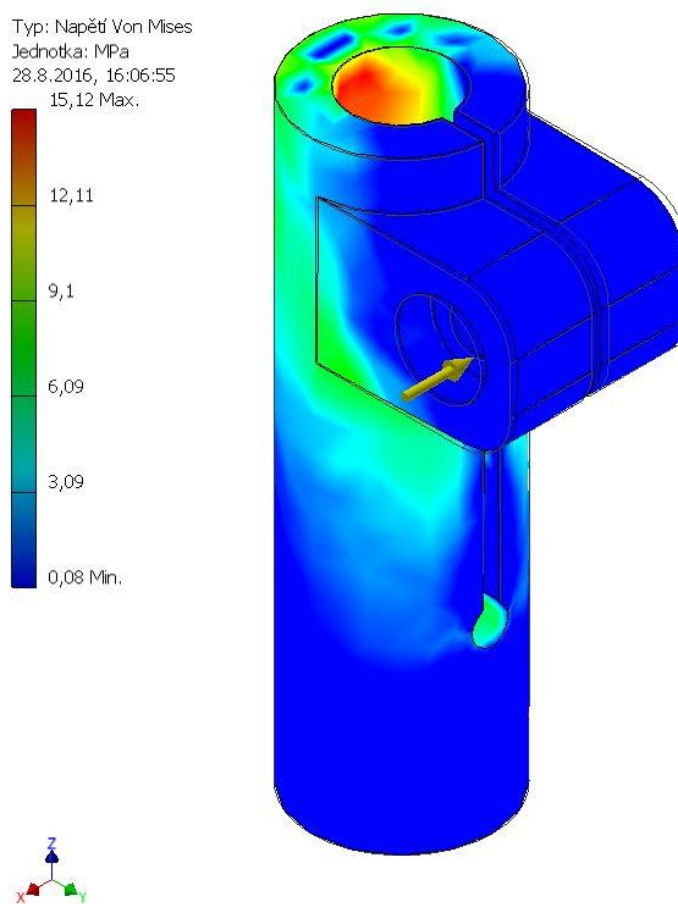
$d_2$  – střední průměr závitu [mm]

Po dosazení je výsledný minimální utahovací moment (6) roven:

$$M_u = \frac{3}{4} * d_2 * F_Q * \tan(\gamma + \varphi'_z) = \frac{3}{4} * 3,5 * 7,28 * \tan(3,64 + 9,83) = \mathbf{4,6 N.mm} \quad (6) [11]$$

## Namáhání těla přípravku:

Tělo přípravku tvoří zároveň i náboj svěrného spoje. Při utahování šroubu dle výpočtu výše na něj působí primárně ohybové napětí. Jeho největší hodnota je dle očekávání na zadní straně těla, což vyplývá z momentové rovnováhy působících sil. Maximální hodnota napětí dle programu Inventor je 15,12 MPa. Mez pevnosti v ohybu materiálu P400 je 41MPa, takže navržené konstrukční uspořádání bezpečně vyhovuje. Při utahování bez použití momentového klíče je však nutné nepoužívat příliš velký utahovací moment, jinak by mohlo dojít k poškození přípravku v místě působení šroubového spoje.

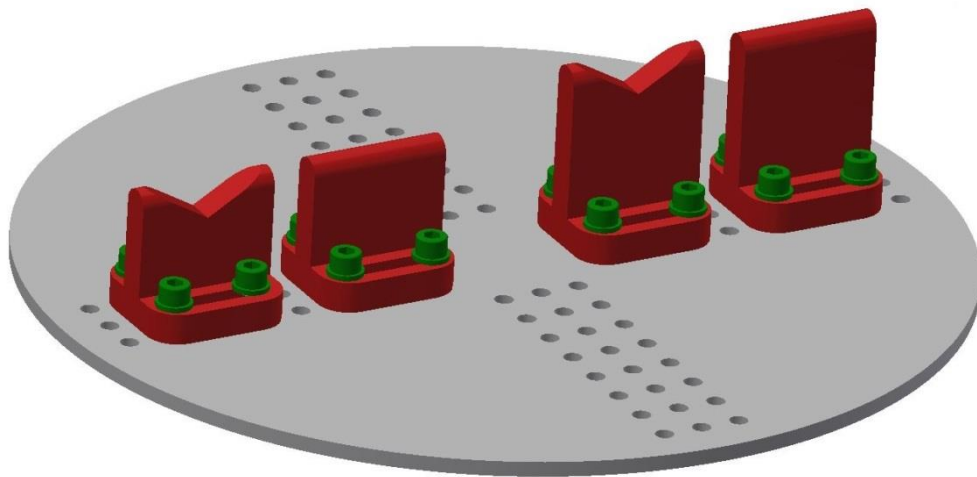


**Obrázek 11:** Průběh namáhání při utažení šroubového spoje



### 2.7.5 Podpěra široká rovná a s odrážkou

Primárně pro podepření rozměrnějších a jednodušších objektů byla navržena podpěra o šířce 45 mm s rovnou vrchní částí. Podstava přípravku má drážky k upnutí ke stolu nebo k příložkám pomocí šroubů M6x16. Horní část rovných podpěr je polepena tenkou vrstvou pryže opět z důvodu zvýšení tření a stability měřeného objektu. Druhou variantou je podpěra s prizmatickou drážkou o vnitřním úhlu  $120^\circ$  vhodná pro upínání rotačních součástí jako např. hřídelí apod. Podpěry jsou vyrobeny ve dvou verzích o výškách 45 a 60 mm.

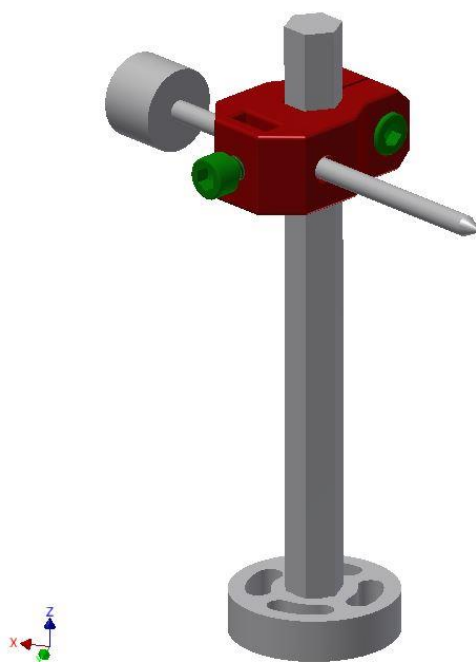


Obrázek 12: široké podpěry

### 2.7.6 Podpěra horizontální

Posledním vytvořeným typem přípravku je upínací trn stavitelný horizontálně i vertikálně. Tento přípravek je obdobou upínání mezi hroty u soustruhu s tím rozdílem, že hrot je stavitelný i výškově. Základ tvoří normalizovaná ocelová šestihranná tyč tažená za studena s délkou strany 7 mm. Ta je nalisována s přesahem do kulaté základny s otvory pro upnutí k otočnému stolu. Upínací horizontální trn o průměru 5 mm je také ocelový z důvodu zachování dostatečné mechanické pevnosti, tuhosti a odolnosti proti ohybu. Konec trnu je rozšířený, aby jej bylo možno rukou pohodlně uchopit a polohovat. Trn byl vyroben na soustruhu, podstava pomocí soustruhu a frézky. Tělo přípravku je již

opět vyrobeno pomocí 3D tiskárny z důvodu tvarové složitosti a snížení hmotnosti. Šestihranná tyč zabraňuje pootáčení těla přípravku během měření a zároveň umožňuje krokovou změnu polohy těla po 60 stupních vůči této tyči. Jemnější úhlové doladění polohy kolem svislé osy Z je umožněno pomocí kruhových drážek pro šrouby v podstavě přípravku. Vertikální zafixování těla s trnem je zajištěno pomocí svěrného spoje s jednostranně rozříznutým nábojem. Potřebná síla k vytvoření svěrného spoje je vyvozena pomocí imbusového šroubu M6x12. Samotný trn je fixován opět pomocí šroubu M6x12, je ovšem možnost ho snadno vyměnit například za šroub s křídlatou hlavou pro rychlejší povolování či utahování. Všechny ocelové díly byly upraveny pomocí brynýrování neboli chemického černění, aby nedocházelo k jejich korozi působením doteku lidské kůže.



**Obrázek 13:** Horizontální podpěra

Maximální dovolené zatížení přípravku je zvoleno na 3kg, tzn. 30N při uvažování  $g=10\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ . Jelikož horizontální přípravek není vhodný pro samostatné použití, měl by být jeho trn zatížen menší silou. Pro výpočty však zvažují plné axiální zatížení  $F_a=30\text{N}$  ve svislém (osa Z) směru.



### Výpočet svěrného spojení a napětí:

Cílem bylo spočítat potřebné předpětí šroubu, aby byl zajištěn spolehlivý svěrný spoj, zkontrolovat napětí v ohybu náboje při utahování šroubu pomocí MKP neboli metody konečných prvků v programu Autodesk Inventor 2014 a dále touto metodou změřit ohyb trnu při zatížení. Pro výpočty svěrného spojení existují dva základní postupy závislé na ohybové poddajnosti náboje a to s poddajným nebo tuhým nábojem. Pro výpočet jsem uvažoval poddajný náboj. Při obou typech výpočtu se předpokládá minimální deformace náboje, proto se ve výpočtu zanedbávají vnitřní silové účinky v náboji. Výpočet je pro zjednodušení počítán pro hřídel kruhového tvaru o průměru 12 mm. Výška stykové plochy je 18 mm. Pro zajištění spolehlivosti výpočtu je tento počítán s koeficientem bezpečnosti  $k_w=2$ . [11]

### Výpočet svěrného spoje:

Pro zachycení axiálního zatížení je nutné vyvolat minimální tlak (7), který vytvoří dostatečné tření mezi nábojem a hřídelem:

$$p_{minF} = \frac{k_w * F_a}{\pi * f * l * d_p} = \frac{2 * 30}{\pi * 0,3 * 18 * 12} = \mathbf{0,295 MPa} \quad (7) [11]$$

$k_w$  – součinitel bezpečnosti [-]

$F_a$  – zatěžující síla (axiální) [N]

$f$  – součinitel tření [-]

$l$  – délka svěrného spoje [mm]

$d_p$  – průměr hřídele [mm]

$p_{minF}$  – minimální tlak [MPa]

Potřebnou montážní sílu  $F_M$  (8), kterou je nutné vytvořit pomocí šroubového spoje vypočítáme:

$$F_M = p_{min} * d_p * l = 0,295 * 18 * 12 = \mathbf{63,72 N} \quad (8) [11]$$



Dále z rovnice rovnováhy jedné poloviny náboje určíme sílu ve šroubovém spoji  $F_Q$  (9) neboli jeho předpětí, kde  $e = 21\text{mm}$  je rameno na kterém působí síla ve šroubu.

$$F_Q = \frac{F_M \cdot d_p}{d_p + 2 \cdot e} = \frac{63,72 \cdot 12}{12 + 2 \cdot 21} = \mathbf{14,16\text{N}} \quad (9) [11]$$

Posledním krokem je výpočet potřebného utahovacího momentu šroubu. První částí výpočtu je určení třecího úhlu šroubového spoje (10), kde za součinitel tření mezi plochami závitů volím  $f=0,15$  a úhel stoupání metrického závitu  $\alpha=60^\circ$  :

$$\varphi'_z = \arctan \frac{f_z}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \arctan \frac{0,15}{\cos \frac{60}{2}} = \mathbf{9,83^\circ} \quad (10)[11]$$

Následně úhel stoupání závitu:

$$\gamma = \arctan \frac{P}{\pi \cdot d_2} = \arctan \frac{1}{\pi \cdot 5,3} = \mathbf{3,44^\circ} \quad (11)[11]$$

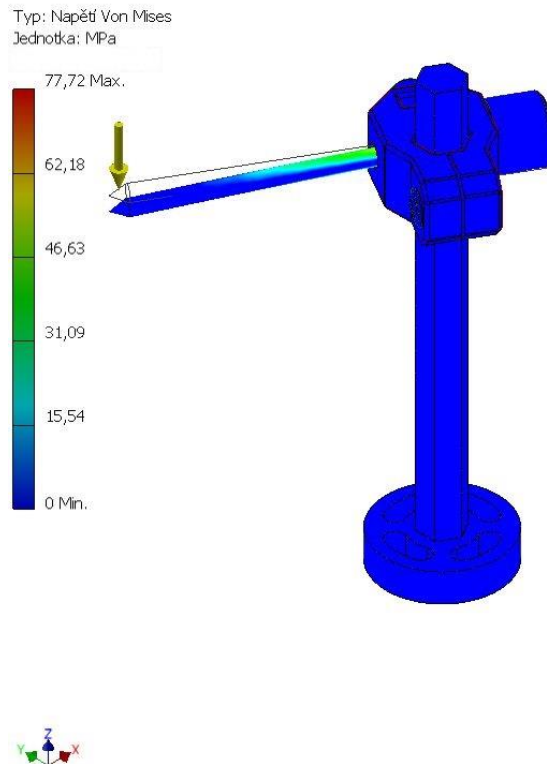
$P$  – stoupání závitu [mm]

$d_2$  – střední průměr závitu [mm]

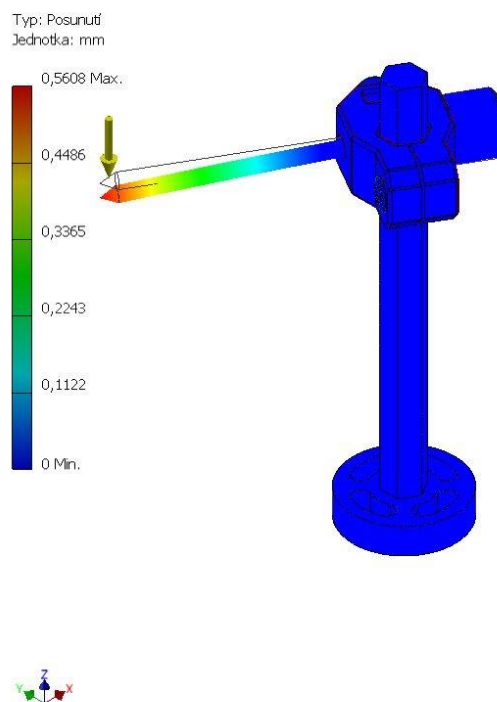
Po dosazení je výsledný minimální utahovací moment roven:

$$M_u = \frac{3}{4} \cdot d_2 \cdot F_Q \cdot \tan(\gamma + \varphi'_z) = \frac{3}{4} \cdot 5,3 \cdot 14,16 \cdot \tan(3,44 + 9,83) = \mathbf{14\text{N} \cdot \text{mm}} \quad (12)[11]$$

### Simulace napětí a posunutí trnu pomocí MKP:



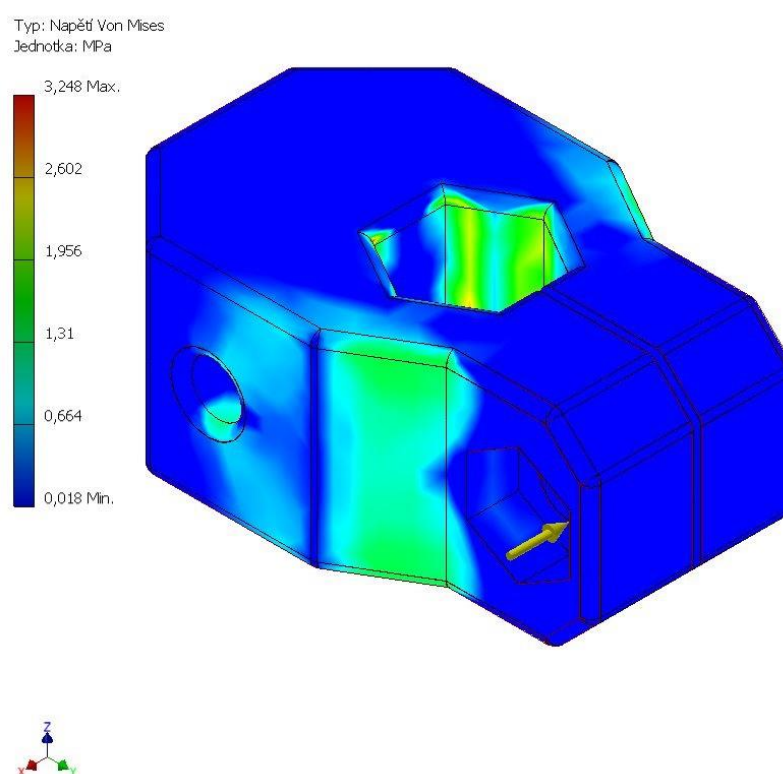
Obrázek 14: Průběh napětí při působení síly



Obrázek 15: Deformace trnu při působení síly

Z výsledků je patrné, že při maximálním zatížení a vysunutí trnu je jeho maximální deformace v řádově desetinách milimetru. To se zdá jako mnoho, je ovšem potřeba mít na paměti, že při měření těžšího předmětu je možné zmenšit vysunutí trnu a tím i ohybový moment, jímž tento předmět na trn působí. Dále se nepředpokládá, že by byl tento přípravek použitý samostatně, ale spíše jako doplněk ostatních přípravků, tudíž by působící zatížení mělo být ve většině případů menší.

### Simulace napětí domečku pomocí MKP při utažení šroubu:



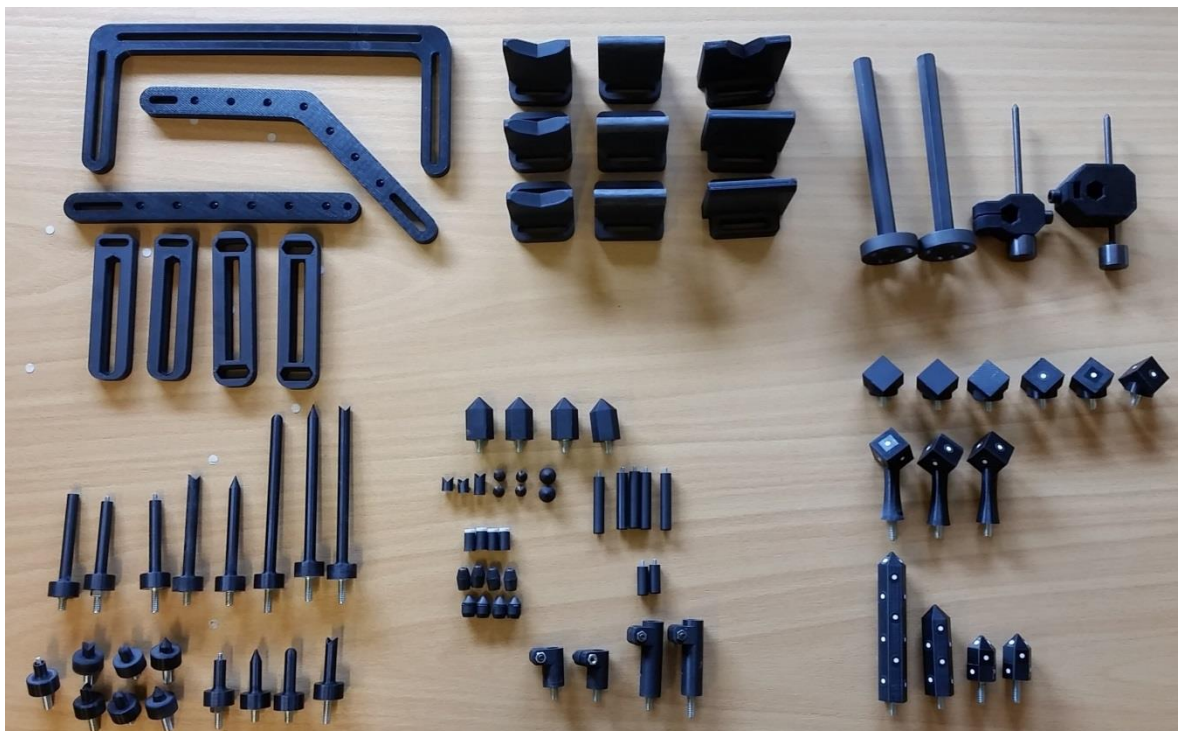
**Obrázek 16:** Průběh napětí při utažení šroubového spoje

Z výsledku simulace je patrné, že maximální napětí při utažení šroubu je zhruba 3MPa, což je opět hluboko pod maximální pevností v ohybu materiálu, jenž činí 41MPa. Stejně tak jako v případě stavitelné podpěry je nutné při utahování šroubového spoje bez použití momentového klíče být opatrný, jinak hrozí poškození plastové části přípravku.

### 2.7.7 Spojovací materiál přípravku

Z technologických důvodů, i s ohledem na životnost závitů, nebyla jejich výroba realizována pomocí 3D tiskárny. Byly použity, jak již bylo řečeno výše v textu, běžně dostupné kovové šrouby a matice a ty následně vsazeny do plastového těla přípravku.

Kovové šrouby a matice bylo nutné k přípravku připevnit. Primární zajištění tvoří tvarová vazba samotného otvoru pro kovové díly, která má stejný šestiboký tvar jako šrouby a matice. Rozměr otvoru je vždy o několik desetin milimetru větší, aby bylo možné kovové díly snadno zasunout. Tato vazba spolehlivě brání jejich protáčení při upevňování přípravku. Nezaručila by ale, aby šrouby a matice nevypadly z těchto otvorů. Byly vyzkoušeny dvě metody, jak tomu zabránit. První z nich byla obdoba nalisovaného spojení u kovových dílů. Tzn. vyrobit otvor v plastu o několik desetin milimetru menší, než je samotný kovový díl a ten následně nahřátý zatavit do otvoru. Tato metoda se však ukázala jako naprosto nedostatečná pro tuto kombinaci materiálů, jelikož součásti bylo možné opět vytáhnout již za použití malé síly. Z toho důvodu jsem zvolil druhou možnost a to použití vteřinového lepidla, které zajišťuje dostatečnou pevnost spoje.



Obrázek 17: Pohled na celou sestavu přípravku



Obrázek 18: Detailnější pohled



Obrázek 19: Detailnější pohled



## 2.7.8 Hmotnosti dílů přípravku

Jelikož má otočná naklápěcí jednotka omezenou nosnost na 5 kilogramů, musí se kombinace použitých součástí přípravku a měřeného objektu do toho limitu vejít. Z toho důvodu jsem vytvořil orientační tabulku č. 3 s přehledem hmotností jednotlivých součástí a některých jejich kombinací. Do hmotnosti jsou zahrnuty i vlepené šrouby a matice, pokud je přípravek obsahuje.

**Tabulka 3:** Hmotnosti součástí přípravku

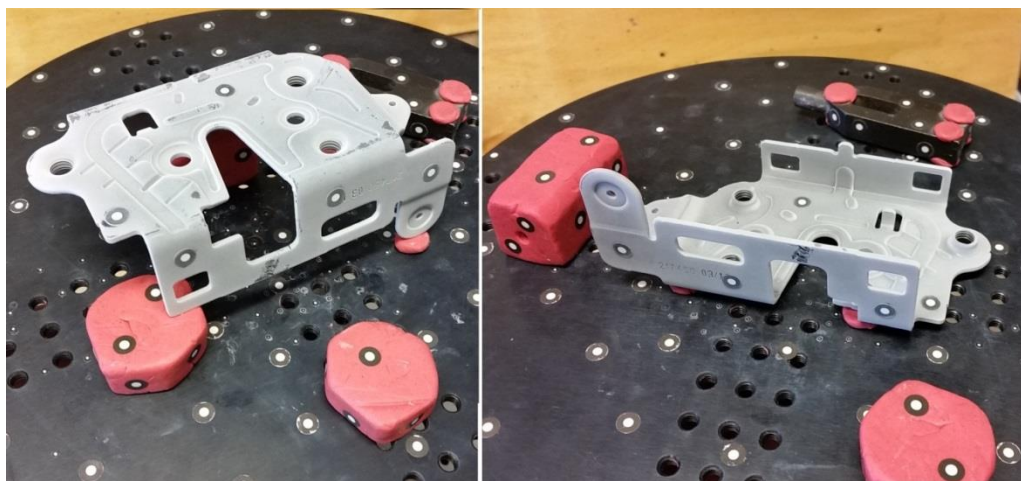
Přehled hmotnosti jednotlivých součástí	
Typ:	Hmotnost (kg)
Horizontální podpěra (kompletní)	0,295
Kostka	0,014
Kostka se stopkou	0,017
Pevná podpěra 30mm	0,009
Pevná podpěra 40mm	0,010
Pevná podpěra 60mm	0,012
Pevná podpěra 70mm	0,013
I-příložka	0,021
U-příložka	0,059
Stavitelná podpěra 25mm + malý kolík	0,013
Stavitelná podpěra 25mm + velký kolík	0,014
Stavitelná podpěra 50mm + malý kolík	0,017
Stavitelná podpěra 50mm + velký kolík	0,018
Šestiboký hranol 30mm	0,011
Šestiboký hranol 60mm	0,020
Šestiboký hranol 90mm	0,030
Široká podpěra nízká	0,032
Široká podpěra nízká s drážkou	0,030
Široká podpěra vysoká	0,039
Široká podpěra vysoká s drážkou	0,037
Výměnné špičky	cca 0,002

### 3 Porovnání měření s přípravkem a bez přípravku

Hotový přípravek bylo nutné vyzkoušet při praktickém měření. Porovnávací skenování bylo provedeno na tvarově složitém kovovém výlisku. Digitalizace byla provedena dvěma metodami. Nejprve bez použití přípravku a poté s ním. Výsledná data byla následně porovnána v softwaru GOM Inspect V8. U obou měření byl zároveň zaznamenán čas.

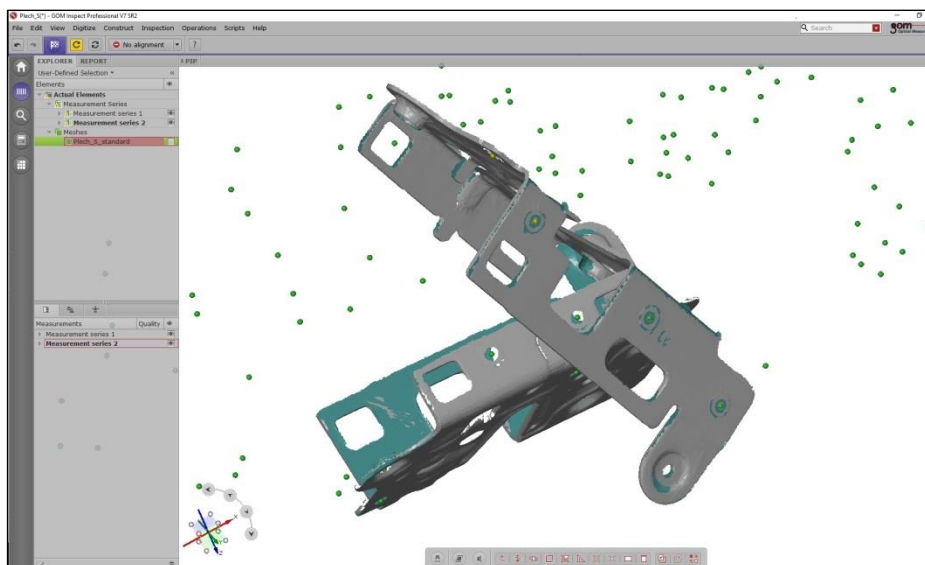
#### 3.1 Měření bez přípravku

První krokem při přípravě bylo přilepení referenčních bodů na měřený objekt. Dále bylo nutné na povrch nanést vrstvu křídového postřiku, jelikož byl povrch objektu příliš lesklý. Při postřiku došlo k jeho nanesení i na již nalepené referenční body. Z toho důvodu byly opatrně očištěny, aby je byl skener schopen zaměřit. Jelikož měl měřený výlisek složitý tvar a nebyl na stole příliš stabilní, byl podložen ve třech bodech ručně vytvarovanou modelínou (obr. 20 vlevo). Další referenční body byly umístěny kolem na blocích samotné modelíny. Poté byl spuštěn proces skenování, při kterém se stolek po krocích otáčel kolem svislé osy. Těchto kroků bylo provedeno celkem 14, tudíž vznikl stejný počet snímků. Tímto jsme získali oskenovaný předmět z jedné strany. Následně byl vyjmut, nakřídován z opačné strany, umístěn na kousky modelíny a opět oskenován (obr. 20 vpravo). Pro druhé měření bylo nutné založit v softwaru GOM Inspect V8 druhou měřicí sérii.



Obrázek 20: Skenování bez přípravku

Tyto dvě měřicí série získané skenováním byly následně spojeny pomocí tří společných bodů v jeden výsledný mrak bodů (obr. 21).



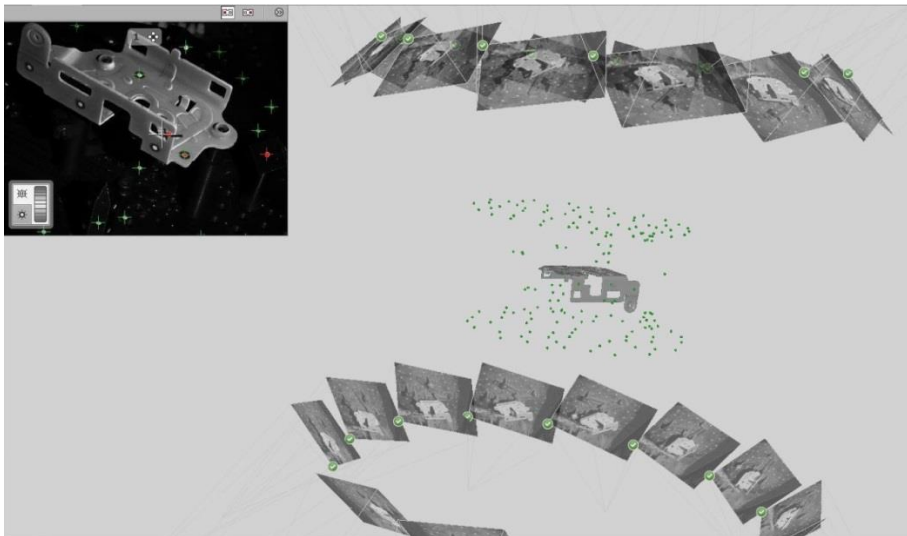
**Obrázek 21:** Spojování dvou měřicích sérií

### 3.2 Měření s přípravkem

Měření s přípravkem bylo pro porovnání provedeno se stejným kovovým výliskem. Pro tento případ byly využity I-příložky a stavitelné podpěry jako upínací prvky (obr. 22 vlevo). Pro podepření byly využity tři otvory v objektu, čímž došlo ke stabilnímu upnutí. Dále byly využity kostky a šestihrany jako nosiče referenčních bodů. Již nalepené body na samotném výlisku byly ponechány. Pro následné porovnání obou metod bylo vhodné je ponechat. Samotné skenování bylo shodné jako v předchozím případě s tím rozdílem, že skenování z druhé strany bylo velice ulehčeno tím, že se mohly opět využít stejné otvory pro uchycení (obr. 22 vpravo). To znamená, že stačilo měřený objekt pouze opatrně otočit a položit, aby se neporušila křídlová vrstva. Díky tomu, že je přípravek černý a není reflexní, skener jej nezaznamenal v takové míře, jako u předchozího měření. Tím se ušetřil čas při následné úpravě dat, jelikož nebylo nutné odmazávat tolik okolního šumu.

**Obrázek 22:** Měření s přípravky

Jak již bylo řečeno, výsledný model je složen z jednotlivých snímků. Program GOM Inspect je schopen znázornit rozložení těchto snímků i použitých referenčních bodů, z nichž model vznikl. Na obrázku č. 23 je snímek z měření s přípravkem. Jak je vidět, model je složen ze dvou sad po 14 snímcích. Použité referenční body jsou označeny zelenými body. Z obrázku je patrné také jejich rozložení na otočném stole i na samotném přípravku.

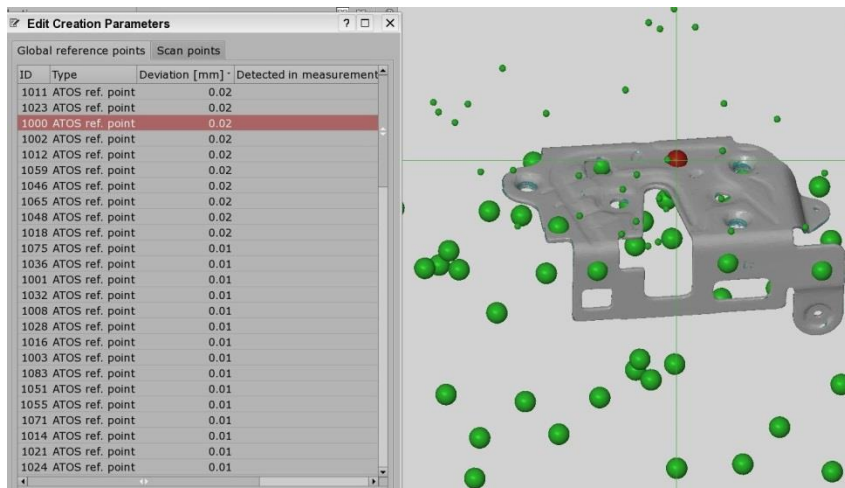
**Obrázek 23:** Ukázka zachycených snímků

### 3.3 Porovnání přesnosti skenování

Následně bylo třeba porovnat výsledná naskenovaná data v PC. V první řadě musel být vybrán referenční model. Za něj byl zvolen ten z prvního měření. Poté byl přidán model z měření s přípravkem.

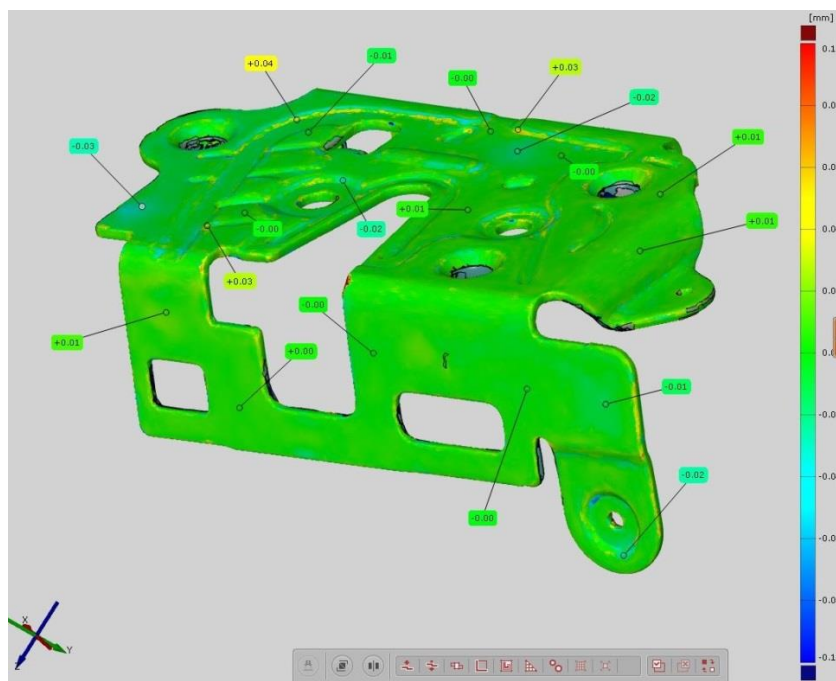
Ke sjednocení obou modelů a sesouhlasení jejich souřadnic posloužila funkce Prealignment softwaru GOM. Cílem bylo, aby odchylka společných referenčních bodů

při ustavení jednotlivých skenů na sebe nebyla příliš velká. V našem případě vyšla maximální odchylka těchto bodů 0,02 mm, což je méně, než je udávaná přesnost skeneru – 0,03 mm. Tím bylo potvrzeno, že nedošlo k nechtěnému pohybu měřené součásti během skenování (obr. 24).



**Obrázek 24:** Odchylky referenčních bodů

Dalším krokem bylo znázornění rozdílů mezi těmito modely formou barevné mapy (obr. 25). Z barevné mapy je patrné, že odchylka mezi oběma modely není ve většině případů větší než  $\pm 0,02$  mm. Na několika místech obrázku jsou viditelné světle modré kulaté oblasti. Jsou to místa, kde byly nalepeny referenční body. Žluté a červené oblasti s většími odchylkami jsou koncentrovány v místech hran a zaobleních. Tyto odchylky jsou způsobeny rozlišením použitého objektivu skeneru. Použitý objektiv s měřícím objemem 250x200x200 nebyl schopen tyto oblasti zaznamenat s dostatečnou přesností neboli s dostatečným počtem bodů. Pokud bychom chtěli zachytit detailněji i tato místa, tak by řešením bylo použití jiného objektivu s menším měřeným objemem.



Obrázek 25: Barevná mapa odchylek

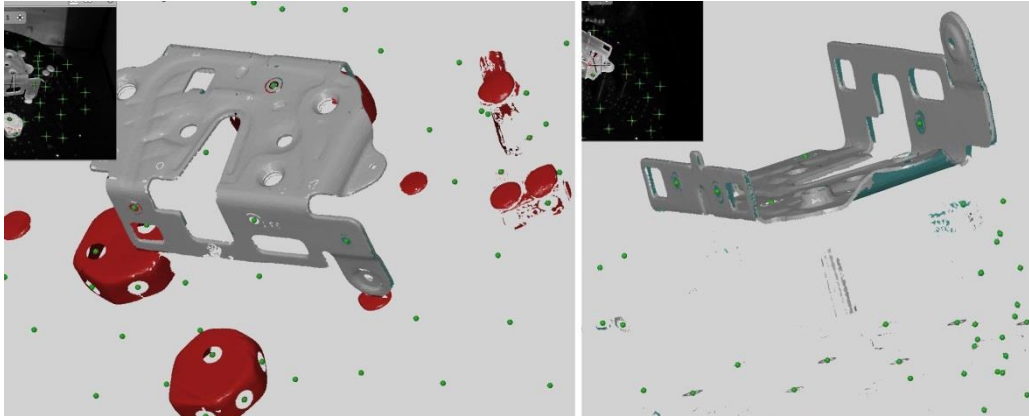
### 3.4 Porovnání času měření

Při obou zkušebních skenováních byl pro následné porovnání změřen čas jednotlivých úkonů, viz tabulka č. 4:

Tabulka 4: Porovnání časů operací při skenování

Časy jednotlivých operací při skenování		
Operace:	Čas bez přípravku (min)	Čas s přípravkem (min)
Očištění od mastnoty a nečistot	2	2
Nalepení referenčních bodů	2	2
Nanesení křídové vrstvy (1. strana)	2	2
Očištění referenčních bodů	2	2
Upevnění objektu	3	4
Skenování objektu (1. strana)	3	3
Nanesení křídové vrstvy (2. strana)	2	2
Očištění referenčních bodů	2	2
Upevnění objektu	3	1
Skenování objektu (2. strana)	3	3
Následná úprava dat v systému (výběr šumu)	3	1
Následná úprava dat v systému (odmazání šumu)	2	1
<b>Celkový čas</b>	<b>29</b>	<b>25</b>

Z tabulky je patrné, že výsledný čas měření s přípravkem byl o 4 minuty kratší než bez něj. To není na první pohled příliš výrazná úspora. Výhodou přípravku však je usnadnění následné úpravy dat – výběr a odmazávání šumu. Tato úprava může být díky přípravku výrazně rychlejší a jednodušší, jelikož skener přípravek skoro vůbec nezaznamenal, viz obrázek č. 26.



**Obrázek 26:** Porovnání šumu

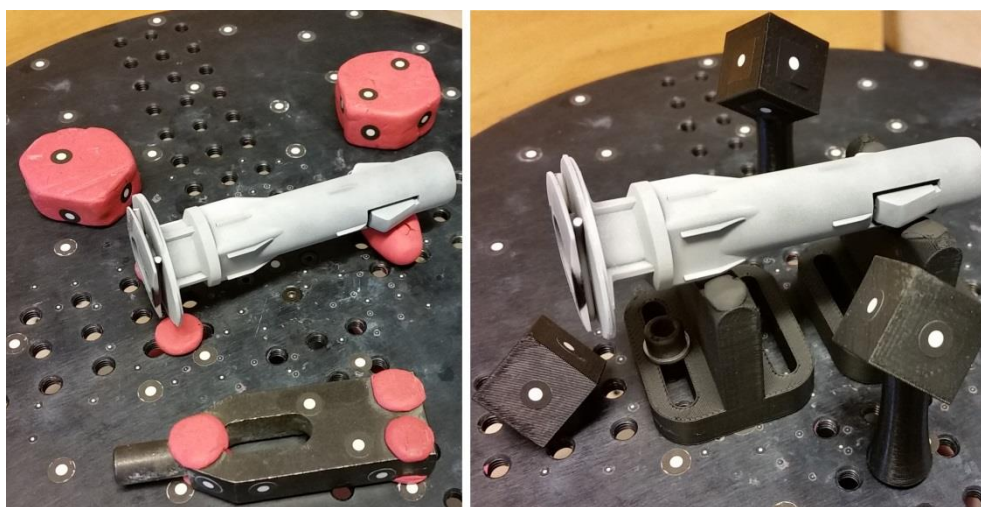
Další výhodou je vyšší přesnost měření díky tomu, že je měřený díl stabilně upnutý. S tím souvisí i možnost opakovatelnosti měření. Pokud bychom měřili více stejných dílů za sebou, budeme mít jistotu, že skenování bude probíhat vždy za stejných podmínek. Z toho plyne jistota, že pokud bychom tyto naskenované díly následně porovnávali, případné odchylky mezi nimi budou skutečné a nebudou ovlivněny nepřesnostmi při upínání.

### 3.5 Ukázka upínání dalších součástí

Pro lepší představu o možnostech upínání jsem vybral několik snímků pro porovnání měření s přípravkem a bez přípravku. Na obrázku č. 27 je porovnání upnutí pryžového těsnění, které je nutno podepřít v několika bodech, protože není samo o sobě dostatečně tuhé.



Obrázek 27: Porovnání upnutí těsnění



Obrázek 28: Porovnání upnutí plastové trubičky



## 4 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zkonstruovat, vyrobit a prakticky ověřit univerzální stavebnici složenou upínacího přípravku. Tyto přípravky měly být navrženy pro použití na otočné jednotce GOM a pro skener ATOS II. Hlavním požadavkem na tento přípravek bylo zefektivnit a zrychlit proces skenování. Dále měl umožnit stabilní upínání různorodě tvarovaných a rozměrných součástí a zvýšit počet možností upnutí. Posledním krokem bylo jeho ověření v praxi při skenování.

Bylo zjištěno, že výsledná konstrukce umožňuje výrazně zvýšit počet upínacích míst na otočném stole. Do těchto míst je možné pomocí šroubových spojů pohodlně uchytit další podpůrné prvky v závislosti na měřené úloze. Samotné upínací prvky je možné rozdělit na pevné a stavitelné. Pevné jsou vhodné pro rychlé upnutí jednodušších tvarů, jako například použití prizmatických podpěr pro skenování hřídelů, podepření méně stabilních součástí pevnými trny apod. Stavitelné přípravky jsou zase vhodné pro složitější geometrie a to díky výměnným koncovkám i nastavitelné výšce. Tyto prvky jsou nastavovány rovněž pomocí šroubového spoje. Také byly vytvořeny prvky, sloužící jakožto nosiče referenčních bodů. Díky tomu je možné omezit počet referenčních bodů lepených na měřený objekt. To je výhodné zvláště v případech, kdy objekt nemá povrch tvořen rovnými úseky. Bod nalepený na tyto úseky by zkresloval naměřené údaje a následně snižoval přesnost výsledku.

Díky použití černého plastu ABS-P400 je zároveň omezeno zachycení vlastního přípravku skenerem během skenování. To šetří čas při následné úpravě dat v PC.

## 5 Seznam použité literatury

- [1] ŠNAJDÁREK, L. *Metody 3D laserového skenování obrobků ve výrobním procesu* [online]. Brno, 2008. [cit. 2016-28-07]. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí bakalářské práce: Miroslav Opl. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=6001](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=6001)
- [2] *Principy digitalizace* [online]. © 2016 [cit. 2016-07-28]. Dostupné z: <http://robo.hyperlink.cz/3dskenery/>
- [3] MENDŘICKÝ R., KELLNER P. *3D skenery pro použití v průmyslu* [online]. © 2016 [cit. 2016-08-15]. Dostupné z: [http://automa.cz/index.php?id\\_document=54325](http://automa.cz/index.php?id_document=54325)
- [4] *Systém ATOS – výukový modul* [online]. 2016 [cit. 2016-07-28]. Dostupné z: <http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/FRVS/atos.pdf>
- [5] *Obsluha zařízení ATOS II* [online]. 2016 [cit. 2016-07-28]. Dostupné z: [http://tkmost.kez.tul.cz/vystupy-projektu/inovace-vyuky-v-oblasti-konstrukce/vyvojove-a-reverzni-inzenyrstvi/item/download/666\\_b48b8d2358fc256c5c7e55227298fcac](http://tkmost.kez.tul.cz/vystupy-projektu/inovace-vyuky-v-oblasti-konstrukce/vyvojove-a-reverzni-inzenyrstvi/item/download/666_b48b8d2358fc256c5c7e55227298fcac)
- [6] OKÁČ, P. *Konstrukčně-výrobní řešení upínacího přípravku* [online]. Brno, 2014. [cit. 2016-29-07]. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí diplomové práce: Milan Kalivoda. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=85182](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=85182)
- [7] VOTRUBEC, J. *Návrh a konstrukce přípravku pro zefektivnění 3D optického skenování* [Diplomová práce]. Liberec, TUL, 2013. 65 s.
- [8] *Vision fixtures - katalog* [online]. © 2016 [cit. 2016-08-25]. Dostupné z: <http://www.renishaw.com/en/vision-fixtures--20852>
- [9] PALSET, Dobruška: *Konstrukční stavebnicový upínací systém pro stavbu upínacích přípravků*. [2014].
- [10] *ABS-P400 – technický list* [online]. © 2016 [cit. 2016-08-25]. Dostupné z: <http://www.rychly3dtisk.cz/fs/03031456-0856-11e5-bc6a-00155d092595-dimension-abs-model-material.pdf>



[11] PEŠÍK, L. *Části strojů, stručný přehled*, 1.díl. Liberec: Spoltisk s.r.o. 2001 ISBN 80-7083-584-2



## Seznam příloh

Příloha I:	HORIZONTÁLNÍ PODPĚRA	– označení na výkrese: A4-KSA-B2301-01-00
Příloha II:	PODSTAVA PODPĚRY	– označení na výkrese: A4-KSA-B2301-01-01
Příloha III:	PODPĚRA HORIZONTÁLU	– označení na výkrese: A4-KSA-B2301-01-02
Příloha IV:	DOMEČEK SVĚRNÝ	– označení na výkrese: A3-KSA-B2301-01-03
Příloha V:	TRN HORIZONTÁLNÍ	– označení na výkrese: A3-KSA-B2301-01-04
Příloha VI:	KOSTKA	– označení na výkrese: A4-KSA-B2301-02-01
Příloha VII:	KOSTKA 30	– označení na výkrese: A4-KSA-B2301-02-02
Příloha VIII:	TRN SESTAVA	– označení na výkrese: A4-KSA-B2301-03-00
Příloha IX:	PŘÍLOŽKA MALÁ 1	– označení na výkrese: A4-KSA-B2301-04-01
Příloha X:	PŘÍLOŽKA MALÁ 2	– označení na výkrese: A4-KSA-B2301-04-02
Příloha XI:	KOLÍK DO FLEX. PODPĚRY	– označení na výkrese: A4-KSA-B2301-05-01
Příloha XII:	KOL. DO FLEX. POD. MALÝ	– označení na výkrese: A4-KSA-B2301-05-02
Příloha XIII:	STAV. PODPĚRA 50	– označení na výkrese: A4-KSA-B2301-05-03
Příloha XIV:	STAV. PODPĚRA 25	– označení na výkrese: A4-KSA-B2301-05-04
Příloha XV:	MĚŘICÍ PODPĚRY 6HR	– označení na výkrese: A4-KSA-B2301-06-00
Příloha XVI:	PODPĚRA ŠIROKÁ VYŠŠÍ	– označení na výkrese: A4-KSA-B2301-07-01
Příloha XVII:	PODPĚRA ŠIROKÁ NÍZKÁ	– označení na výkrese: A4-KSA-B2301-07-02
Příloha XVIII:	PODPĚRA ŠIR. NÍZKÁ S DR.	– označení na výkrese: A4-KSA-B2301-07-03
Příloha XIX:	PODPĚRA ŠIR. VYŠŠÍ S DR.	– označení na výkrese: A4-KSA-B2301-07-04
Příloha XX:	PRYŽOVÁ PLOŠKA	– označení na výkrese: A4-KSA-B2301-08-01
Příloha XXI:	PRYŽOVÁ ŠPIČKA	– označení na výkrese: A4-KSA-B2301-08-02
Příloha XXII:	PRYŽ. ŠPIČ. POLOKOULE	– označení na výkrese: A4-KSA-B2301-08-03
Příloha XXIII:	SPOD. Č. HROTU KÓNICKÁ	– označení na výkrese: A4-KSA-B2301-08-04
Příloha XXIV:	SPODNÍ ČÁST HROTU	– označení na výkrese: A4-KSA-B2301-08-05
Příloha XXV:	SPOD. Č. HR. PRO PLOŠKU	– označení na výkrese: A4-KSA-B2301-08-06

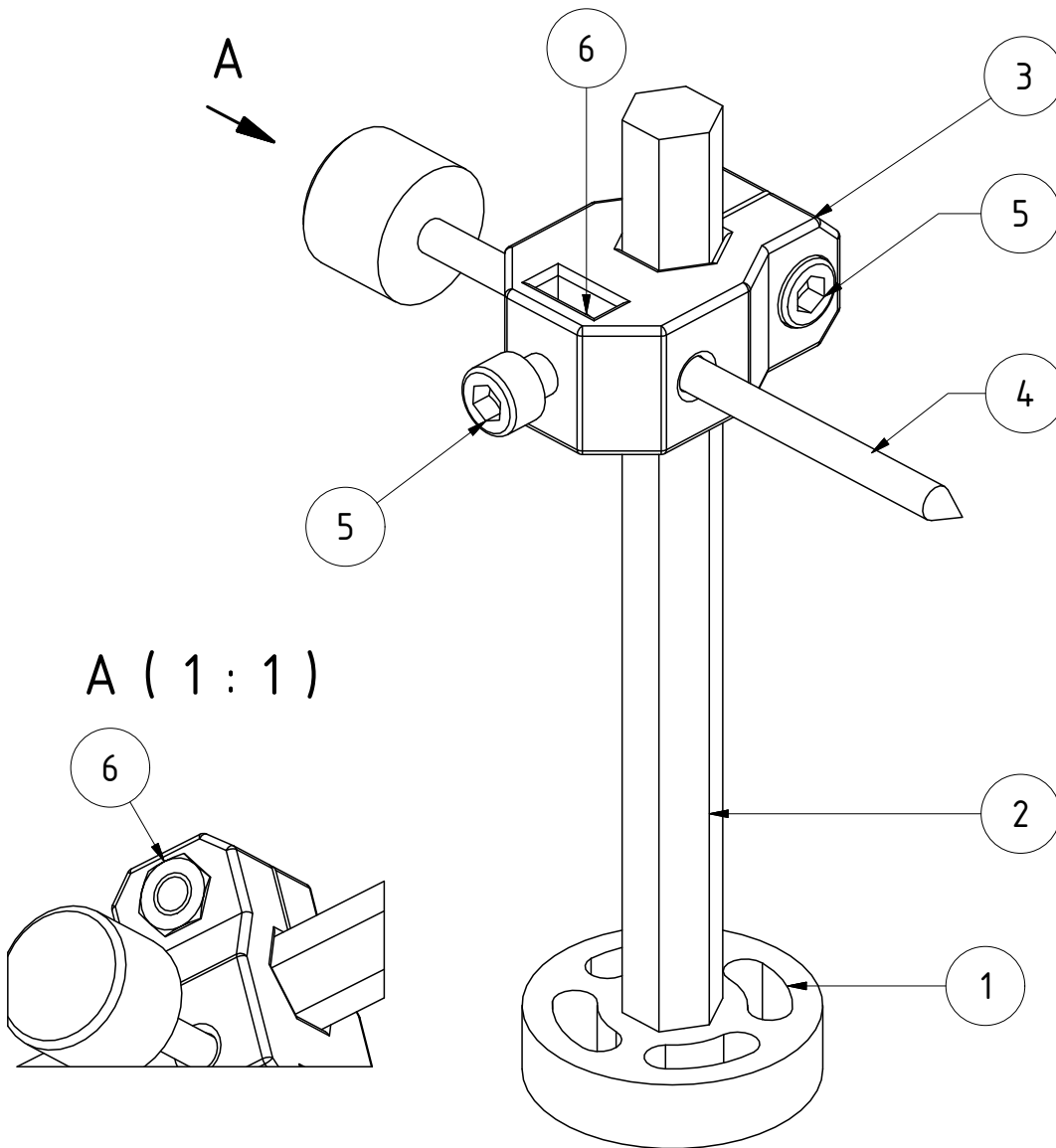


Příloha XXVI: VÝMĚNNÁ ŠPIČ. ŠIROKÁ – označení na výkrese: A4-KSA-B2301-08-07

Příloha XXVII: VÝMĚNNÁ ŠPIČKA PRIZMA – označení na výkrese: A4-KSA-B2301-08-08

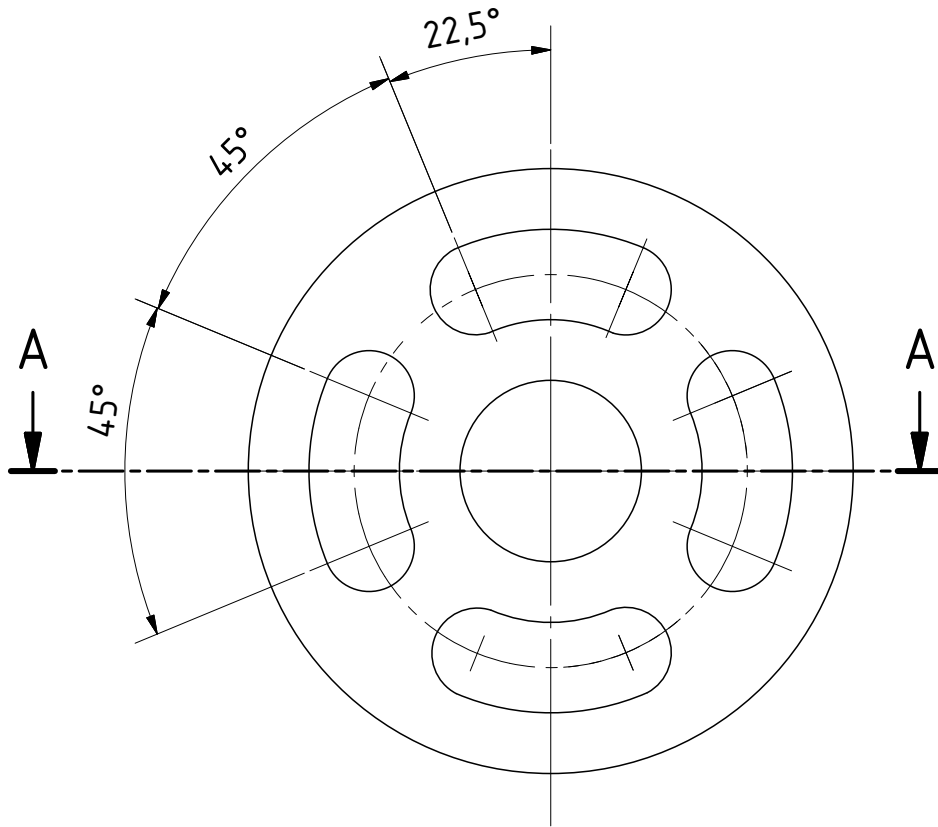
KUSOVNÍK

Pos./Poz.	Name/Název	Description/Popis	Qty/K
1	PODSTAVA HORIZONTALU		1
2	STOJNA HORIZONTALU		1
3	DOMĚČEK		1
4	TRN		1
5	ŠROUB M6x16		2
6	MATICE M6		2

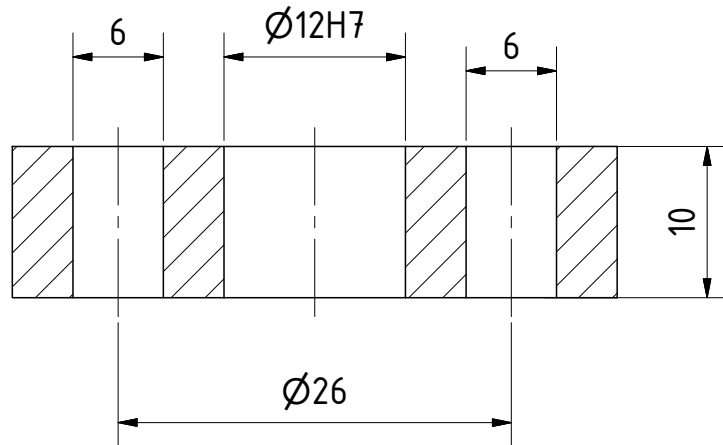
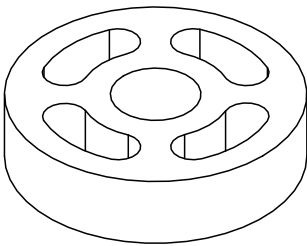




GENERAL TOLERANC/VŠEOBECNÉ TOL. FOR LENGTH/DÉLKOVÉ: ISO 2768 mK FOR ANGLE/ÚHLOVÉ: ISO 2768 cK ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS VŠECHNY ROZMĚRY JSOU V MILIMETRECH	= Inspection dimensions = Inspekční rozměr	Displayed size: Zobrazený díl:	
	Copyright according to ISO 16016 Kopírování dokumentu podléhá ISO 16016	Bend radius: Radius ohybu:	
	Progr.-Nu.: Program č.:		
Respons. dept./odp. oddělení	Technical ref./Tech. odkaz Horizontální stojna /	Document type/Typ dokumentu	Material/Materiál:
Created By/Kreslil ALGER F.	Reviewed/Kontroloval	Approved/Schválil	Doc. state/Stav dokumentu Uvolněno
TUL	Title/Název: HORIZONTALNI PODPERA		Scale (main) Měřítko (hlavní) 1:1
	A4-KSA-B2301-01-00		Scale (sub) Měřítko (vedlejší) 1:1
Rev. N 0	Date/Datum: 29.8.2016	Lang./Jazyk	Sheet/List: 1 of 1

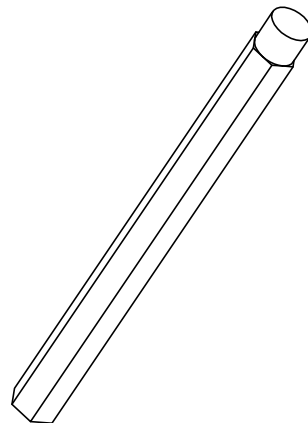
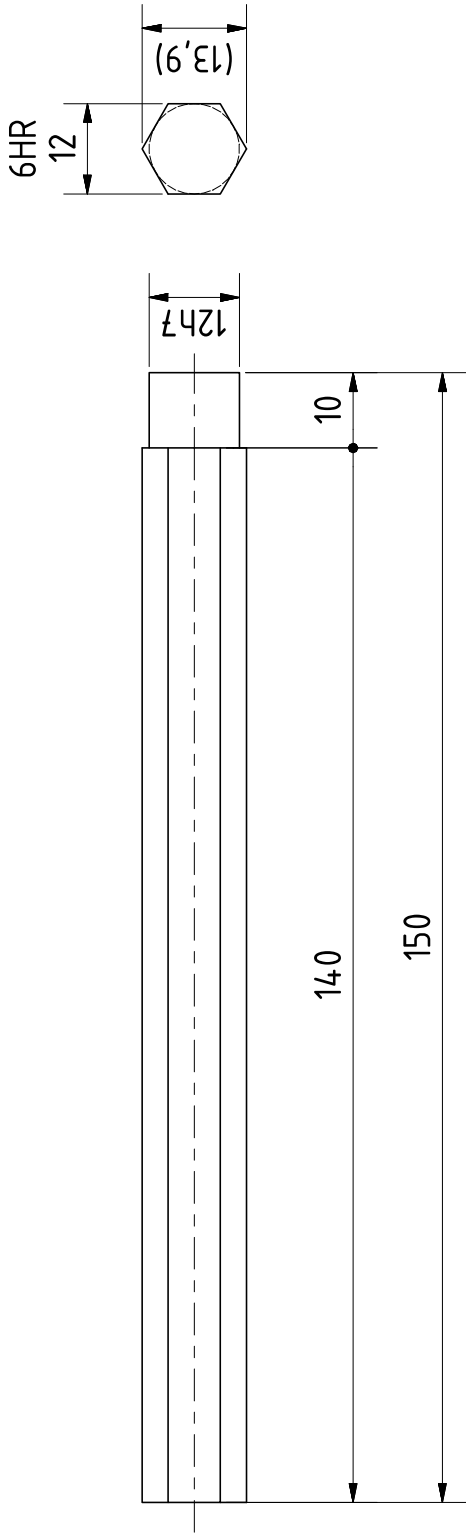
( 2 : 1 )



A-A ( 2 : 1 )

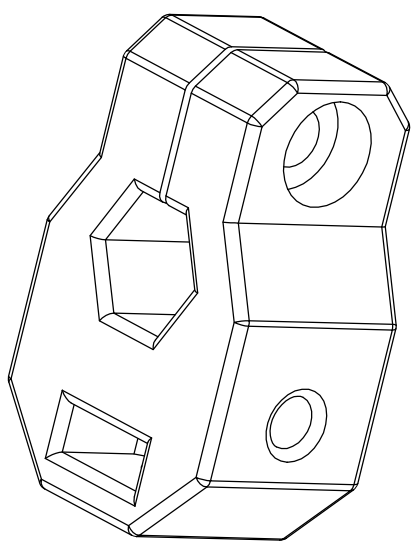
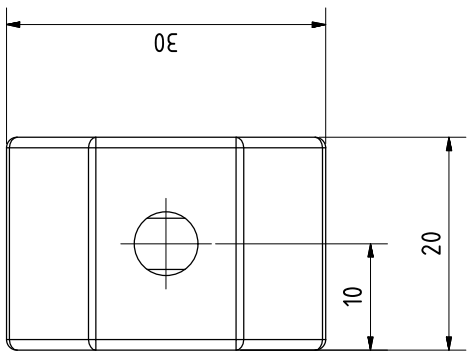
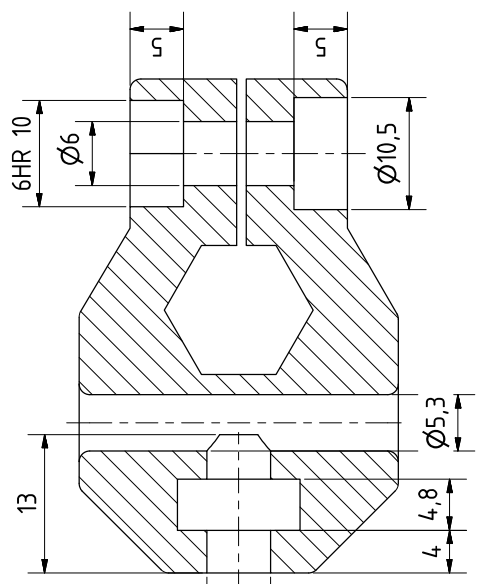
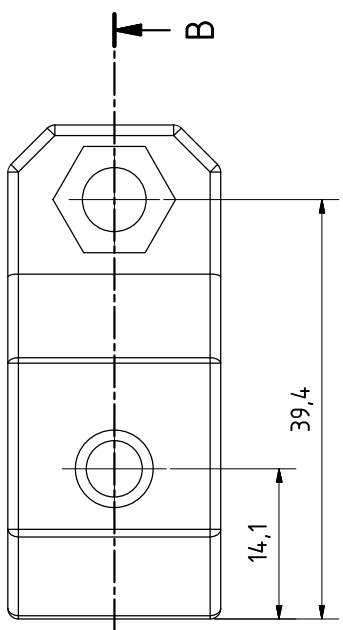
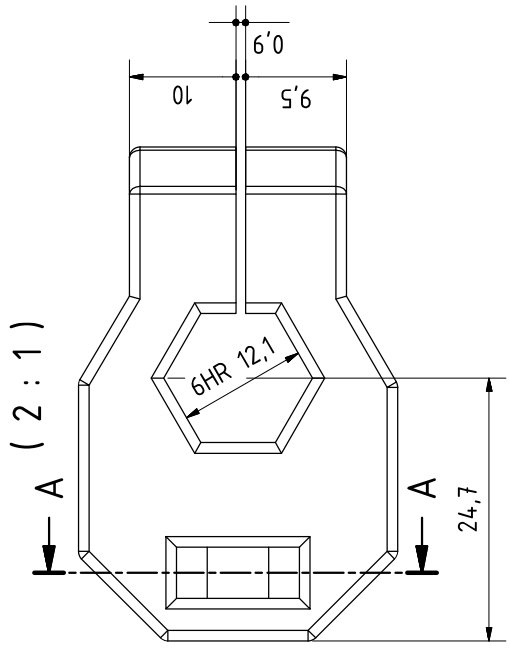
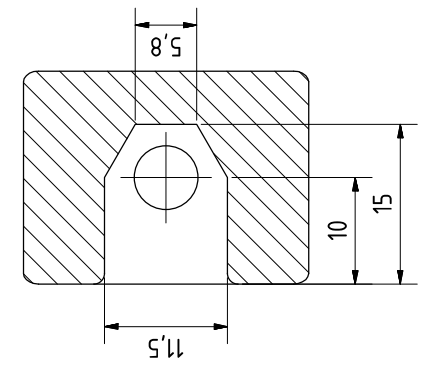


GENERAL TOLERANC/VŠEOBECNÉ TOL. FOR LENGTH/DÉLKOVÉ: ISO 2768 mK FOR ANGLE/ÚHLOVÉ: ISO 2768 cK ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS VŠECHNY ROZMĚRY JSOU V MILIMETRECH	 = Inspection dimensions = Inspekční rozměr	Displayed size: Zobrazený díl:	
		Bend radius: Radius ohybu:	
	Copyright according to ISO 16016 Kopírování dokumentu podléhá ISO 16016	Progr.-Nu.: Program č.:	
	Respons. dept./odp. oddělení	Technical ref./Tech. odkaz	Document type/Typ dokumentu
Created By/Kreslil ALGER F.	Reviewed/Kontroloval	Approved/Schválil	11321 Doc. state/Stav dokumentu Uvolněno
 TUL	Title/Název: PODSTAVA PODPĚRY HORIZONTALNI PODPĚRA		Scale (main) Měřítko (hlavní) 2:1
			Scale (sub) Měřítko (vedlejší) 2:1
		Rev. N 0	Date/Datum: 3.9.2016
		Lang./Jazyk	Sheet/List: 1 of 1
		A4-KSA-B2301-01-01	



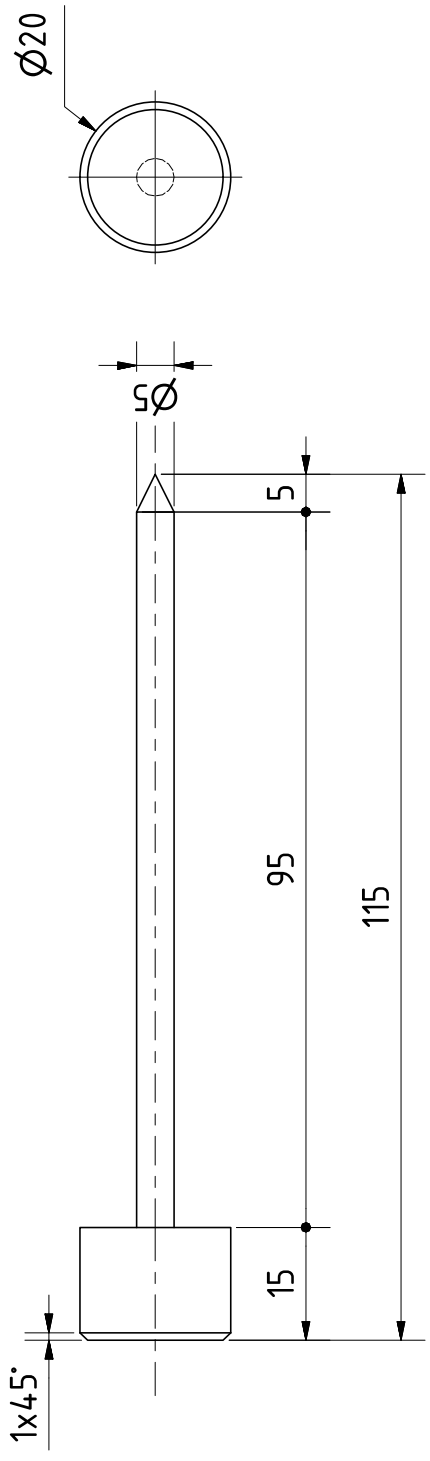
GENERAL TOLERANC/VŠEOBECNÉ TOL. FOR LENGTH/DĚLKOVÉ: ISO 2768 mK FOR ANGLE/ÚHLOVÉ: ISO 2768 cK ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS VŠECHNY ROZMĚRY JSOU V MILIMETRECH	= Inspection dimensions = Inspekční rozměr	Displayed size: Zobrazený díl:	Material/Materiál: Uvolněno
	Copyright according to ISO 16016 Kopírování dokumentu podléhá ISO 16016	Bend radius: Radius ohybu:	
Respons. depr./odp. oddělení Created By/Kreslil ALGER F.	Technical ref./Tech. odkaz spojny horizontalu / Reviewed/Kontroloval	Document type/Typ dokumentu Approved/Schválil	Scale (main) Měřítko (hlavní) 1:1
	Title/Název: PODEPRA HORIZONTALU HORIZONTALNI PODPERA	Document number A4 - KSA - B2301 - 01 - 02	Scale (sub) Měřítko (vedlejší) 1:1
		Rev. N 0	Date/Datum: 3.9.2016
			Lang./Jazyk Sheet/List: 1 of 1



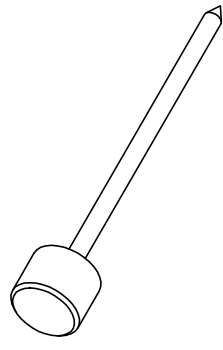


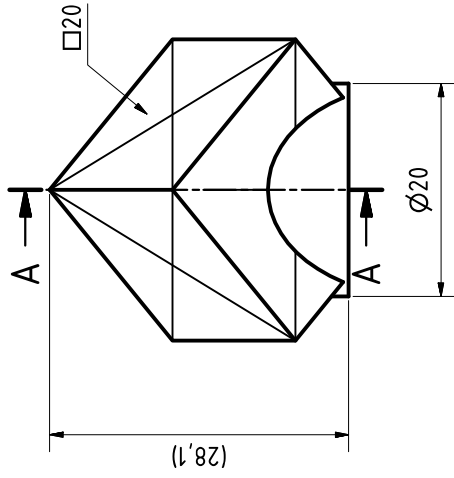
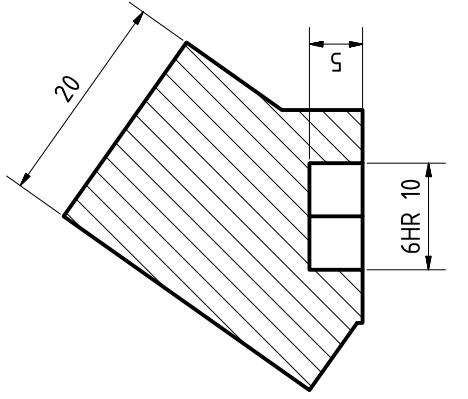
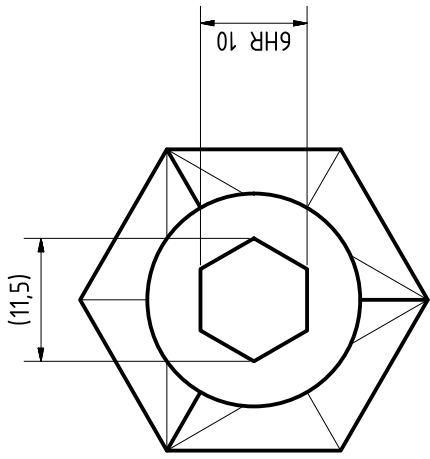
### VŠECHNY HRANY ZAOPLENY R1

GENERAL TOLERANCE/ŠPECIFIKACE TOL. FOR LENGTH/DLOUŽKOVÉ: ISO 2768 mK FOR ANGLE/ÚHLOVÉ: ISO 2768 cK ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS VŠECHNY ROZMĚRY JSOU V MILIMETRECH		Displayed size: Zobrazený díl: Bend radius: Radius ohybu: Progr.-Nu.: Program č.:	
Respons. dept./odp. oddělení Domeček 2. sverny spol. / Reviewed/Kontroloval ALGER F.		Copyright according to ISO 16016 Kopírování dokumentu podléhá ISO 16016 Document type/Typ dokumentu	
Title/Název: DOMEČEK SVERNY HORIZONTÁLNÍ PODPERA		Material/Materiál: 11321 Doc state/Stav dokumentu Uvolněno Scale (sheet) Měřítko (list): 1:1 Scale (drawing) Měřítko (kresba): 1:1	
TUL		Rev. Date/Datum: N 0 3.9.2016 Lang./Jazyk Sheet/List. 1 of 1	

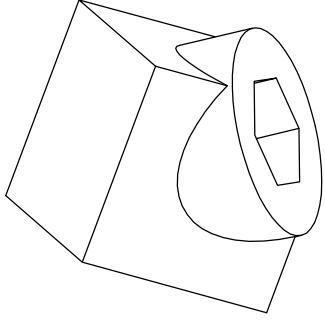


GENERAL TOLERANC/VŠEOBECNÉ TOL. FOR LENGTH/DĚLKOVÉ: ISO 2768 mK FOR ANGLE/ÚHLOVÉ: ISO 2768 cK ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS VŠECHNY ROZMĚRY JSOU V MILIMETRECH	= Inspection dimensions = Inspekční rozměr	Displayed size: Zobrazený díl:
	Copyright according to ISO 16016 Kopírování dokumentu podléhá ISO 16016 Program.-Nu.: Program č.:	Bend radius: Radius ohybu:
Respons. depr./odp. oddělení Created By/Kreslil ALGER F.	Technical ref./Tech. odkaz Trn horizontální podstava / Reviewed/Kontrolovat	Material/Materiál: Uvolněno
	Title/Název: TRN HORIZONTÁLNÍ PODSTAVA HORIZONTÁLNÍ PODPERA	Doc. state/Stav dokumentu Scale (main) Měřítko (hlavní) 1:1
		Scale (sub) Měřítko (vedlejší) 1:1
		Rev. Date/Datum: N 0 3.9.2016
		A3 - KSA - B2301 - 01 - 04 Lang./Jazyk Sheet/List: 1 of 1

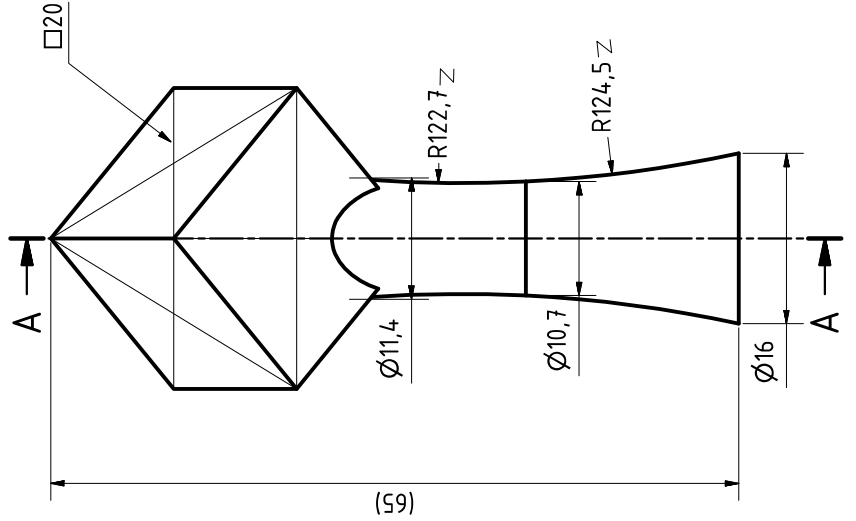
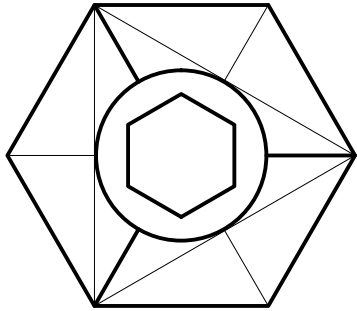




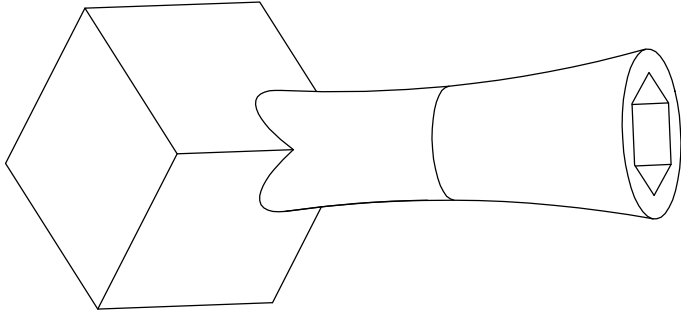
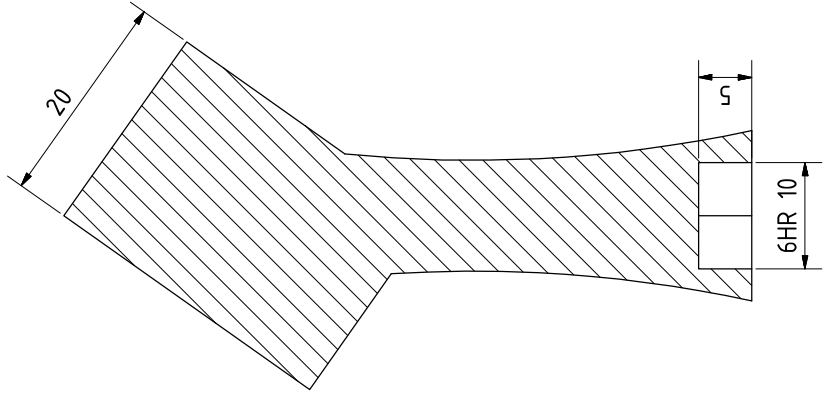
A-A ( 2 : 1 )



GENERAL TOLERANCE/ŠPECIFIKOVANÉ TOL. FOR LENGTH/DELKOVÉ: ISO 2768 mK FOR ANGLE/ÚHLOVÉ: ISO 2768 cK ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS VŠECHNY ROZMĚRY JSOU V MILIMETRECH	Inspection dimensions Zobrazený díl: = Inspekční rozměr	Displayed size: Zobrazovaný díl: Bend radius: Radius ohybu: Progr.-Nu.: Program č.:		Material/Materiál: ABS-P400	Scale (mm) Měřítko (milim.) 1:1	Scale (sheet) Měřítko (listu) 1:1
Respons. dept./odp. oddělení KOSTKA / Reviewed/Kontroloval ALGER F.	Technical ref./Tech odkaz	Title/Název: KOSTKA 20 KOSTKY	Title/Název: KOSTKA 20 KOSTKY	Date/Datum: 8.9.2016	Lang./Jazyk CZ	Sheet/List. 1 of 1



A-A ( 2 : 1 )

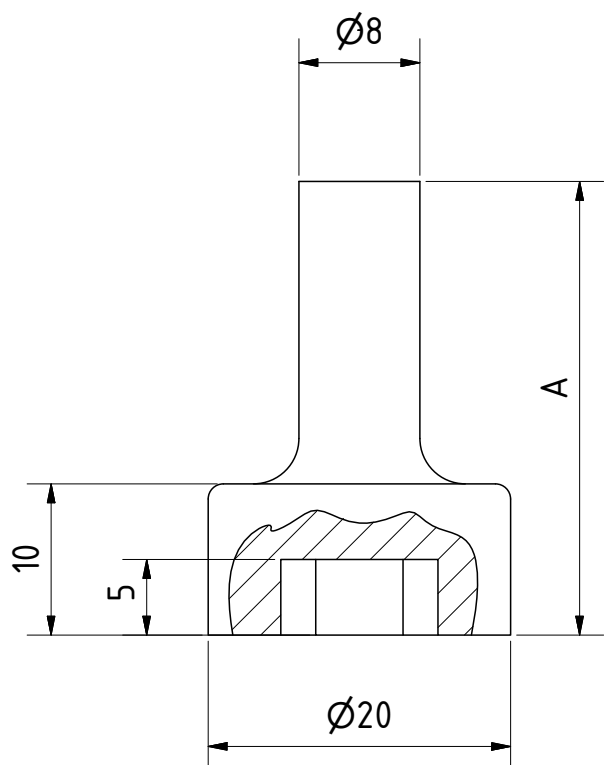
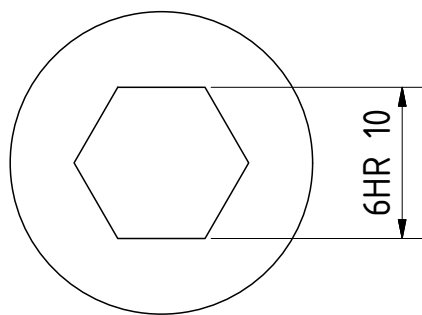


GENERAL TOLERANCE/ŠPECIFIKOVANÉ TOL.  
FOR LENGTH/DĚLOVÉ: ISO 2768 mK  
FOR ANGLE/ÚHLOVÉ: ISO 2768 cK  
ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
VŠECHNY ROZMĚRY JSOU V MILIMETRECH

⊕ = Inspection dimensions  
Zobrazený díl: Zobrazovaný rozměr  
Bend radius:  
Radius ohybu:  
Progř.-Nu.:  
Program č.:

Material/Materiál:  
Uvolněno  
Scale (mm)  
Měřítko (milimetry)  
Scale (inch)  
Měřítko (palců)

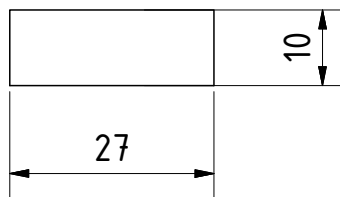
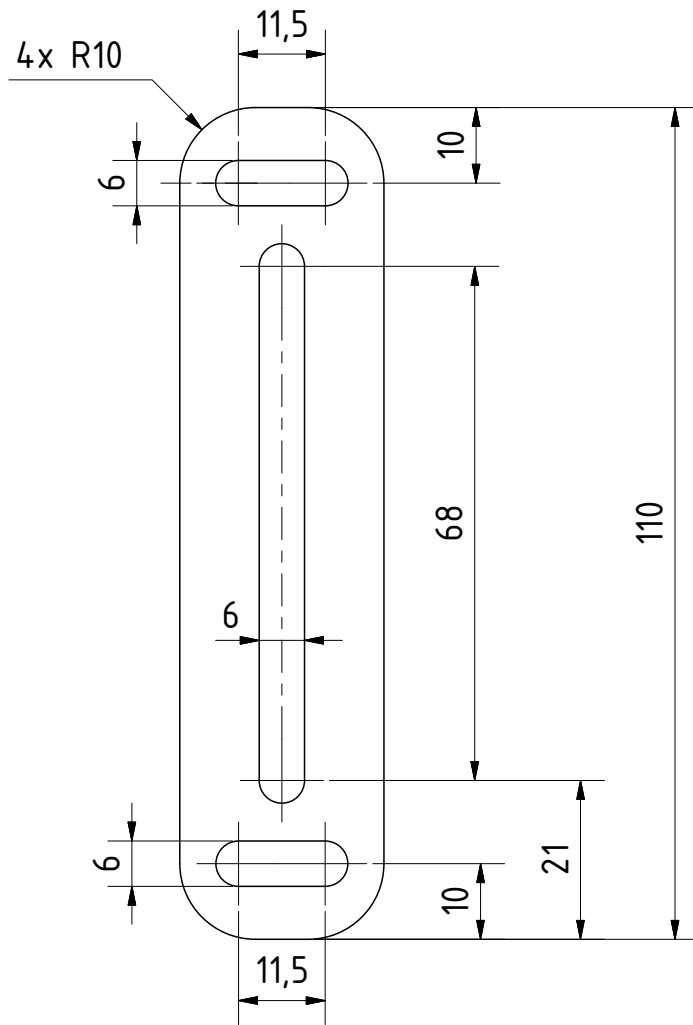
Respons. dept./odp. oddělení	Technical ref./Tech odkaz	Approved/Schválil	Document type/Typ dokumentu
Created By/Kreslil ALGER F.	Reviewed/Kontroloval	Approved/Schválil	Document type/Typ dokumentu
Title/Název: KOSTKA 30		Material/Materiál: ABS-P4.00	
TUL		Uvolněno	
Doc. state/Stav dokumentu		Scale (mm) Měřítko (milimetry) 2:1	
Date/Datum:		Scale (inch) Měřítko (palců) 2:1	
Rev. 0		Scale (inch) Měřítko (palců) 2:1	
Date/Datum:		Scale (inch) Měřítko (palců) 2:1	
Lang./Jazyk		Scale (inch) Měřítko (palců) 2:1	
CZ		Scale (inch) Měřítko (palců) 2:1	
8.9.2016		Scale (inch) Měřítko (palců) 2:1	
1		Scale (inch) Měřítko (palců) 2:1	
1 of 1		Scale (inch) Měřítko (palců) 2:1	






NÁZEV	A [mm]
TRN 1	30
TRN 2	40
TRN 3	60
TRN 4	70

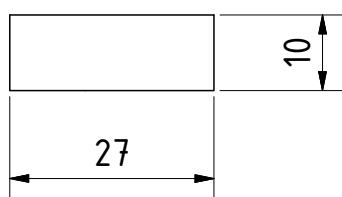
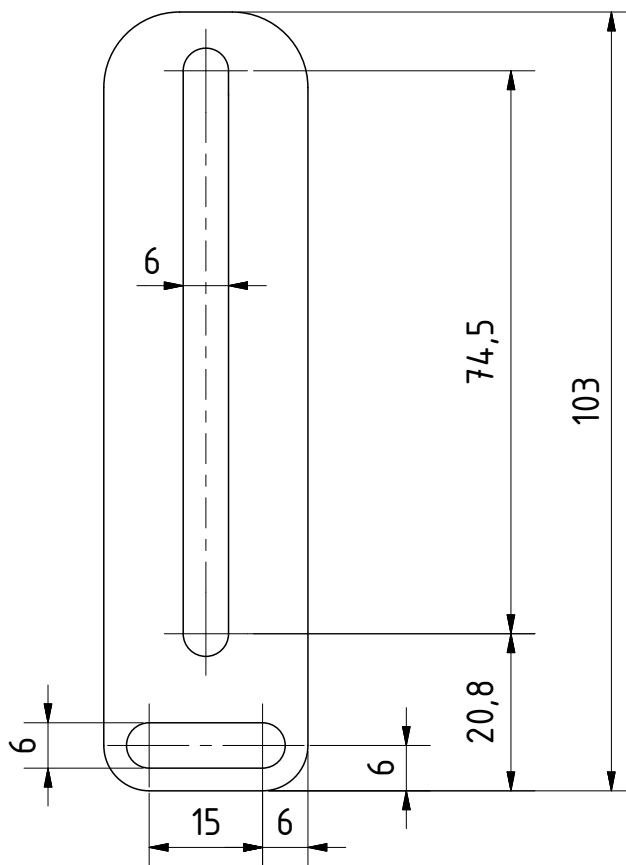
GENERAL TOLERANC/VŠEOBECNÉ TOL. FOR LENGTH/DÉLKOVÉ: ISO 2768 mK FOR ANGLE/ÚHLOVÉ: ISO 2768 cK ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS VŠECHNY ROZMĚRY JSOU V MILIMETRECH	= Inspection dimensions = Inspekční rozměr	Displayed size: Zobrazený díl:	
	Copyright according to ISO 16016 Kopírování dokumentu podléhá ISO 16016	Bend radius: Radius ohybu:	
		Progr.-Nu.: Program č.:	
Respons. dept./odp. oddělení	Technical ref./Tech. odkaz trn_kulaty_100mm /	Document type/Typ dokumentu	Material/Materiál: ABS-P400
Created By/Kreslil ALGER F.	Reviewed/Kontroloval	Approved/Schválil	Doc. state/Stav dokumentu Uvolněno
	Title/Název: TRN SESTAVA		Scale (main) Měřítko (hlavní) 1:1
			Scale (sub) Měřítko (vedlejší) 1:1
		A4-KSA-B2301-03-00	Rev. 1 2 3 4 5 6 7 8 - 1 2 3 4   Date/Datum: 10.9.2016 Lang./Jazyk: CZ Sheet/List: 1 of 1


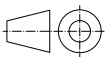

( 1 : 1 )

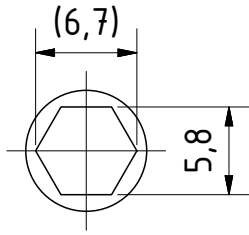


GENERAL TOLERANC/VŠEOBECNÉ TOL. FOR LENGTH/DÉLKOVÉ: ISO 2768 mK FOR ANGLE/ÚHLOVÉ: ISO 2768 cK ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS VŠECHNY ROZMĚRY JSOU V MILIMETRECH	 = Inspection dimensions = Inspekční rozměr	Displayed size: Zobrazený díl:	
		Bend radius: Radius ohybu:	
	Copyright according to ISO 16016 Kopírování dokumentu podléhá ISO 16016	Progr.-Nu.: Program č.:	
Respons. dept./odp. oddělení	Technical ref./Tech. odkaz příložka mala 1 /	Document type/Typ dokumentu	Material/Materiál: ABS-P400
Created By/Kreslil ALGER F.	Reviewed/Kontroloval	Approved/Schválil	 Doc. state/Stav dokumentu Uvolněno
 TUL	Title/Název: PŘILOŽKA MALA 1		Scale (main) Měřítko (hlavní) 1:1
			Scale (sub) Měřítko (vedlejší) 1:1
		A4-KSA-B2301-04-01	
Rev. N 0	Date/Datum: 10.9.2016	Lang./Jazyk CZ	Sheet/List: 1 of 1

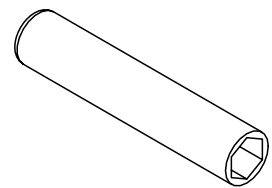
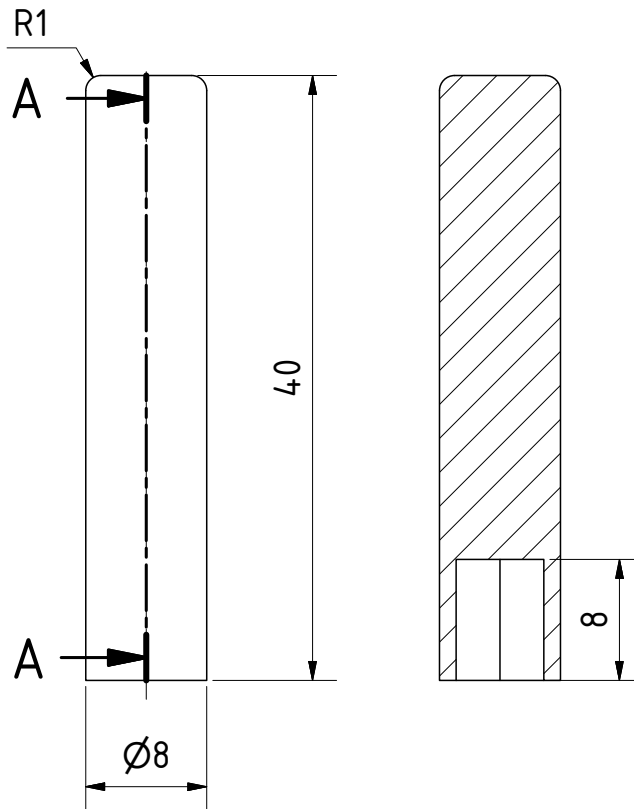
( 1 : 1 )



GENERAL TOLERANC/VŠEOBECNÉ TOL. FOR LENGTH/DÉLKOVÉ: ISO 2768 mK FOR ANGLE/ÚHLOVÉ: ISO 2768 cK ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS VŠECHNY ROZMĚRY JSOU V MILIMETRECH	 = Inspection dimensions = Inspekční rozměr	Displayed size: Zobrazený díl:	
	Copyright according to ISO 16016 Kopírování dokumentu podléhá ISO 16016	Bend radius: Radius ohybu:	
		Progr.-Nu.: Program č.:	
Respons. dept./odp. oddělení	Technical ref./Tech. odkaz přílozka mala 2 /	Document type/Typ dokumentu	Material/Materiál: ABS-P400
Created By/Kreslil ALGER F.	Reviewed/Kontroloval	Approved/Schválil	 Doc. state/Stav dokumentu Uvolněno
 TUL	Title/Název: PŘILOZKA MALA 2	A4-KSA-B2301-04-02	
		Rev. N 0	Date/Datum: 10.9.2016

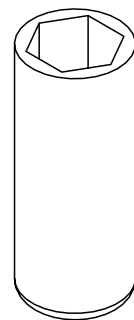
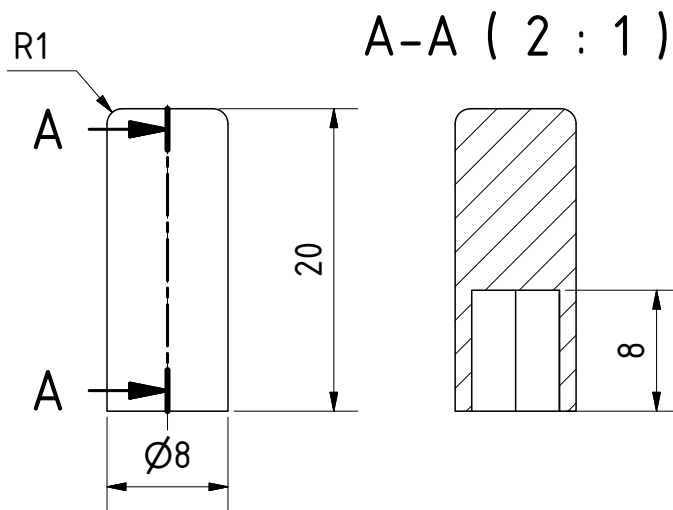
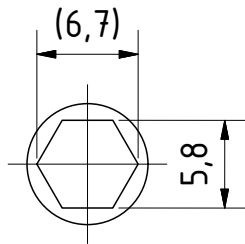


A-A ( 2 : 1 )

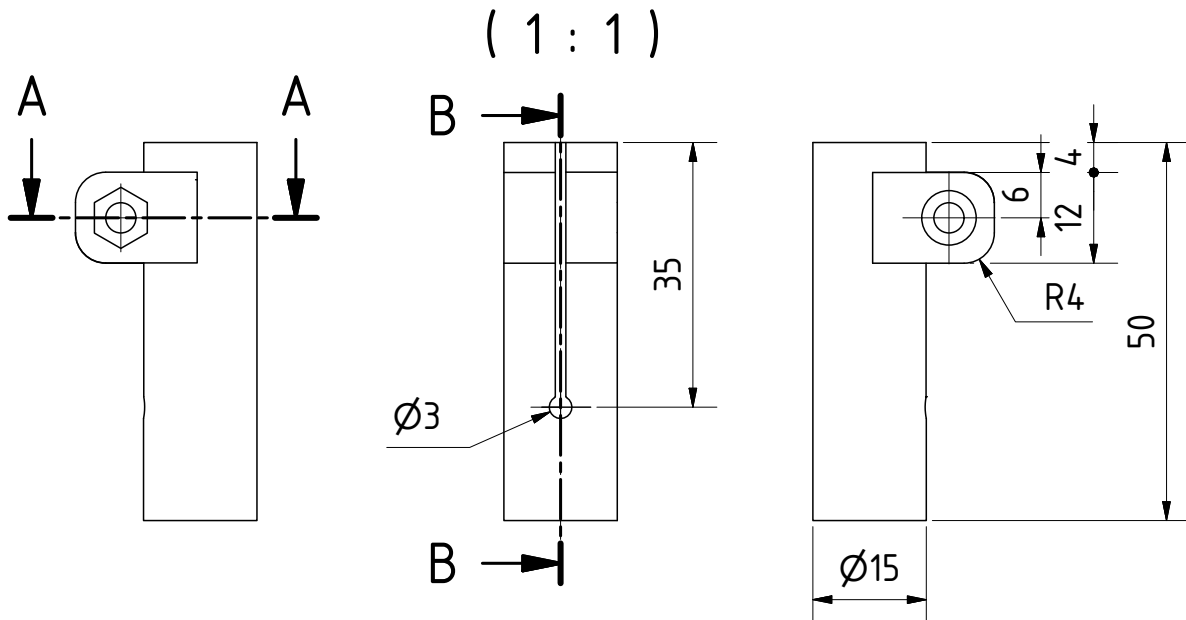


GENERAL TOLERANC/VŠEOBECNÉ TOL. FOR LENGTH/DÉLKOVÉ: ISO 2768 mK FOR ANGLE/ÚHLOVÉ: ISO 2768 cK ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS VŠECHNY ROZMĚRY JSOU V MILIMETRECH	= Inspection dimensions = Inspekční rozměr	Displayed size: Zobrazený díl:	
	Copyright according to ISO 16016 Kopírování dokumentu podléhá ISO 16016	Bend radius: Radius ohybu:	
		Progr.-Nu.: Program č.:	
Respons. dept./odp. oddělení	Technical ref./Tech. odkaz kolík do flex stojny /	Document type/Typ dokumentu	Material/Materiál: ABS-P400
Created By/Kreslil ALGER F.	Reviewed/Kontroloval	Approved/Schválil	Doc. state/Stav dokumentu Uvolněno
	Title/Název: KOLIK FLEX DO PODPERY STAVITELNE PODPERY		Scale (main) Měřítko (hlavní) 2:1
			Scale (sub) Měřítko (vedlejší) 2:1
		A4-KSA-B2301-05-01	
Rev. N 0	Date/Datum: 10.9.2016	Lang./Jazyk CZ	Sheet/List: 1 of 1

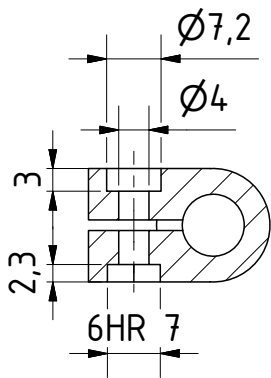




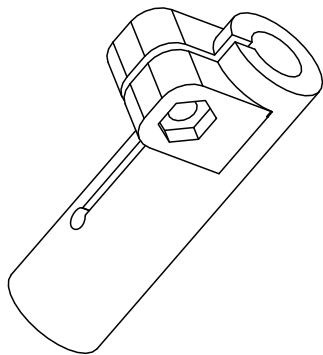
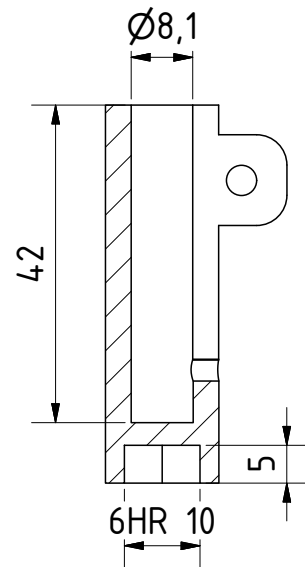
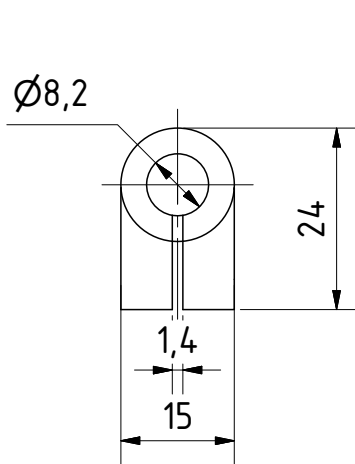
GENERAL TOLERANC/VŠEOBECNÉ TOL. FOR LENGTH/DÉLKOVÉ: ISO 2768 mK FOR ANGLE/ÚHLOVÉ: ISO 2768 cK ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS VŠECHNY ROZMĚRY JSOU V MILIMETRECH	= Inspection dimensions = Inspekční rozměr	Displayed size: Zobrazený díl:	
	Copyright according to ISO 16016 Kopírování dokumentu podléhá ISO 16016	Bend radius: Radius ohybu:	
		Progr.-Nu.: Program č.:	
Respons. dept./odp. oddělení	Technical ref./Tech. odkaz kolík do flex stojny maly /	Document type/Typ dokumentu	Material/Materiál: ABS-P400
Created By/Kreslil ALGER F.	Reviewed/Kontroloval	Approved/Schválil	Doc. state/Stav dokumentu Uvolněno
TUL	Title/Název: KOLIK FLEX DO PODPERY MALY STAVITELNE PODPERY		Scale (main) Měřítko (hlavní) 2:1
			Scale (sub) Měřítko (vedlejší) 2:1
		A4-KSA-B2301-05-02	
Rev. N 0	Date/Datum: 10.9.2016	Lang./Jazyk CZ	Sheet/List: 1 of 1



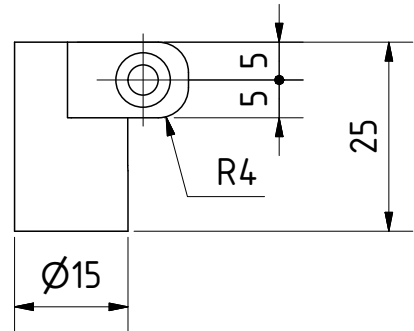
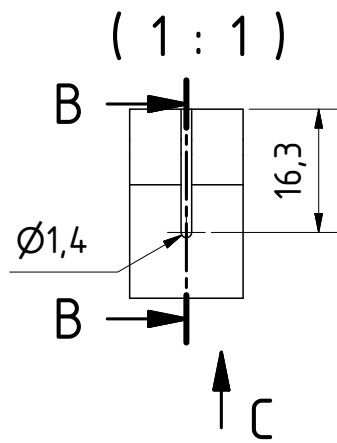
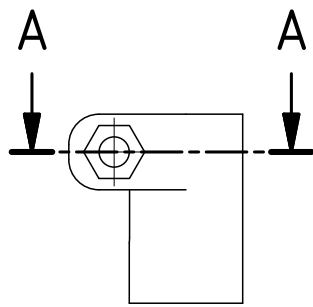
A-A ( 1 : 1 )



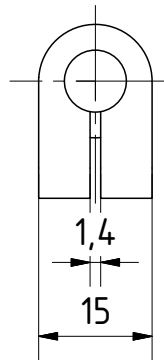
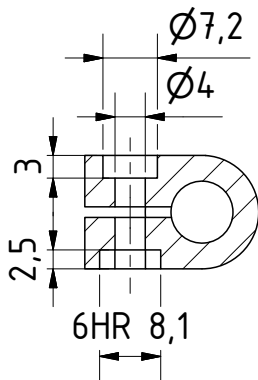
B-B ( 1 : 1 )



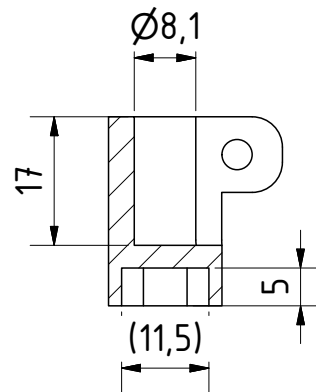
GENERAL TOLERANC/VŠEOBECNÉ TOL. FOR LENGTH/DÉLKOVÉ: ISO 2768 mK FOR ANGLE/ÚHLOVÉ: ISO 2768 cK ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS VŠECHNY ROZMĚRY JSOU V MILIMETRECH	= Inspection dimensions = Inspekční rozměr	Displayed size: Zobrazený díl:	
	Copyright according to ISO 16016 Kopírování dokumentu podléhá ISO 16016	Bend radius: Radius ohybu:	
		Progr.-Nu.: Program č.:	
Respons. dept./odp. oddělení	Technical ref./Tech. odkaz stavitelná stojna sverna /	Document type/Typ dokumentu	Material/Materiál: ABS-P400
Created By/Kreslil ALGER F.	Reviewed/Kontroloval	Approved/Schválil	Doc. state/Stav dokumentu Uvolněno
TUL	Title/Název: STAVITELNA PODPERA 50 STAVITELNE PODPERY		A4-KSA-B2301-05-03
	Rev. N 0	Date/Datum: 10.9.2016	Lang./Jazyk CZ Sheet/List: 1 of 1



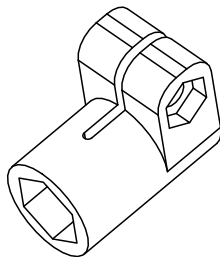
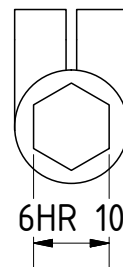
A-A ( 1 : 1 )



B-B ( 1 : 1 )

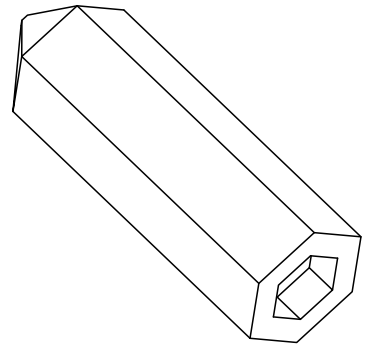
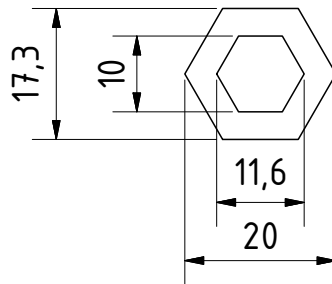
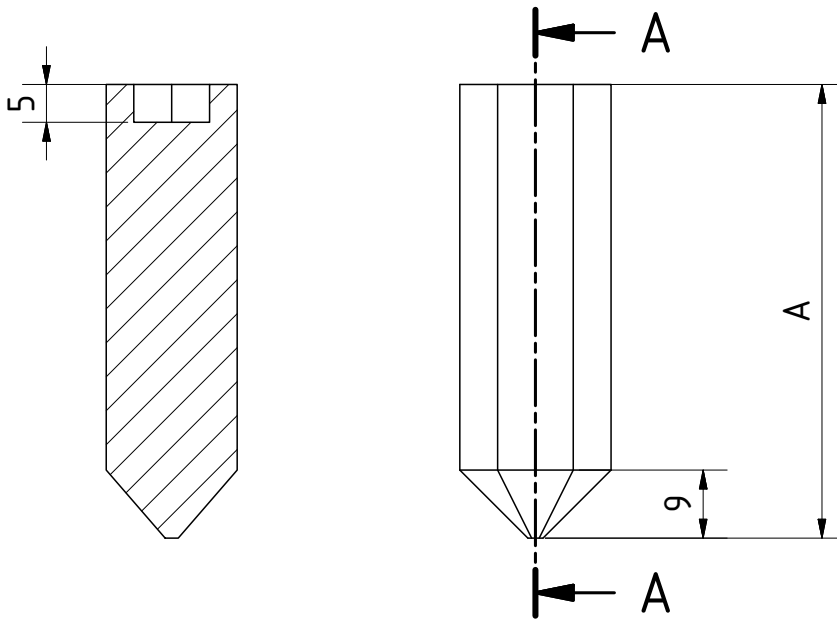


C ( 1 : 1 )



GENERAL TOLERANC/VŠEOBECNÉ TOL. FOR LENGTH/DÉLKOVÉ: ISO 2768 mK FOR ANGLE/ÚHLOVÉ: ISO 2768 cK ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS VŠECHNY ROZMĚRY JSOU V MILIMETRECH	= Inspection dimensions = Inspekční rozměr	Displayed size: Zobrazený díl:		
	Copyright according to ISO 16016 Kopírování dokumentu podléhá ISO 16016	Bend radius: Radius ohybu:		
	Respons. dept./odp. oddělení	Document type/Typ dokumentu	Material/Materiál: <b>ABS-P400</b>	
	Created By/Kreslil <b>ALGER F.</b>	Reviewed/Kontroloval	Approved/Schválil	Doc. state/Stav dokumentu <b>Uvolněno</b>
	Title/Název: <b>STAVITELNA PODPERA 25</b> <b>STAVITELNE PODPERY</b>		Scale (main) Měřítko (hlavní) <b>1:1</b>	
	Scale (sub) Měřítko (vedlejší) <b>1:1</b>		Progr.-Nu.: Program č.: <b>A4-KSA-B2301-05-04</b>	
	Rev. <b>N 0</b>	Date/Datum: <b>10.9.2016</b>	Lang./Jazyk <b>CZ</b>	
			Sheet/List: <b>1 of 1</b>	

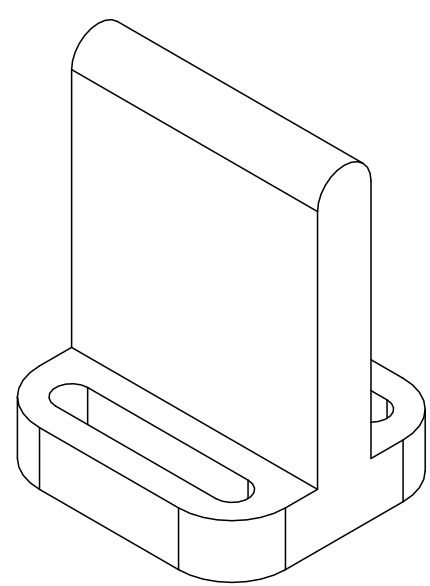
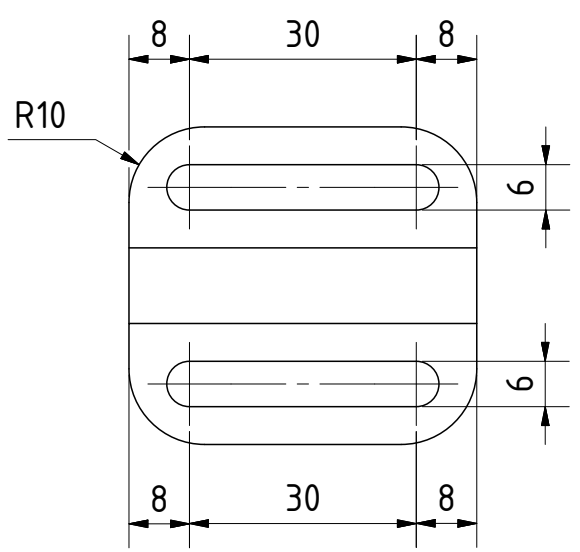
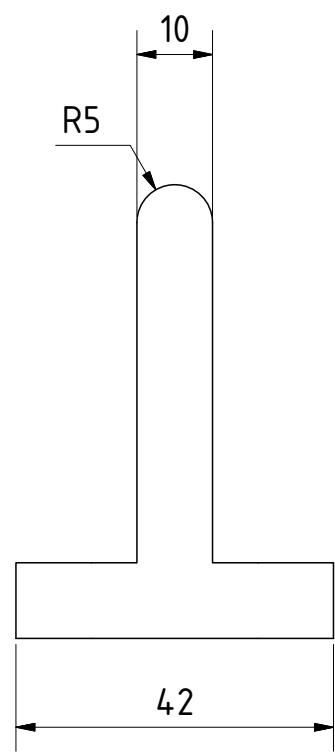
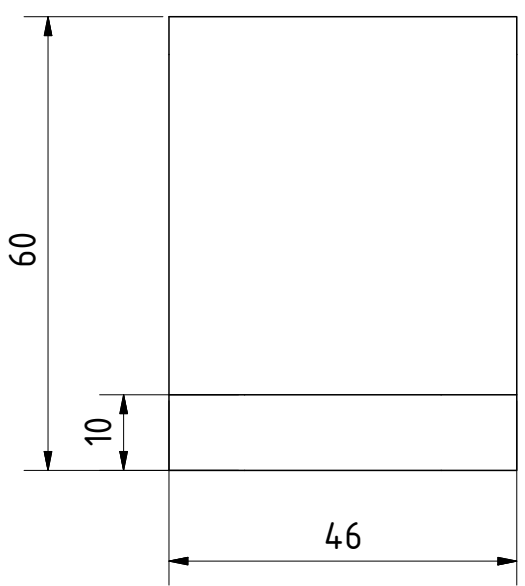
A-A ( 1 : 1 ) ( 1 : 1 )



Název	A [mm]
STOJNA 1	30
STOJNA 2	60
STOJNA 3	90

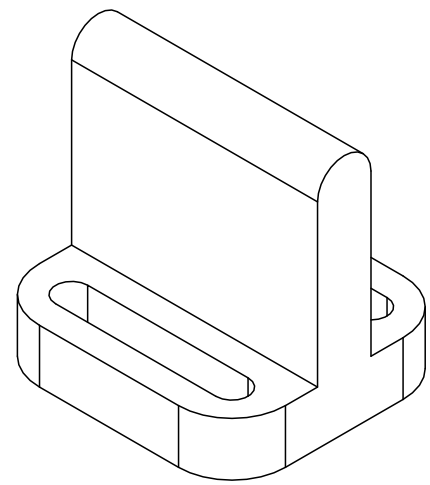
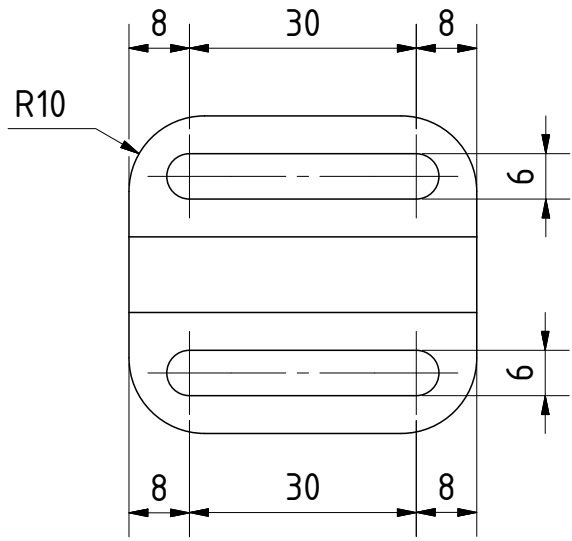
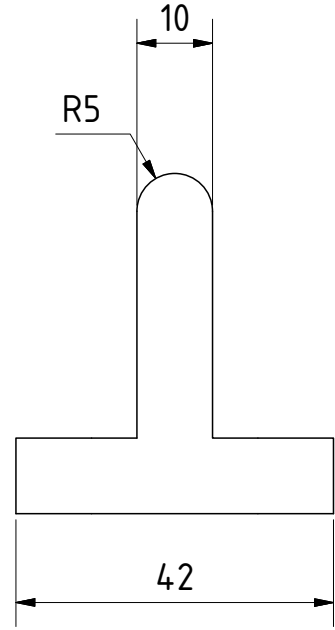
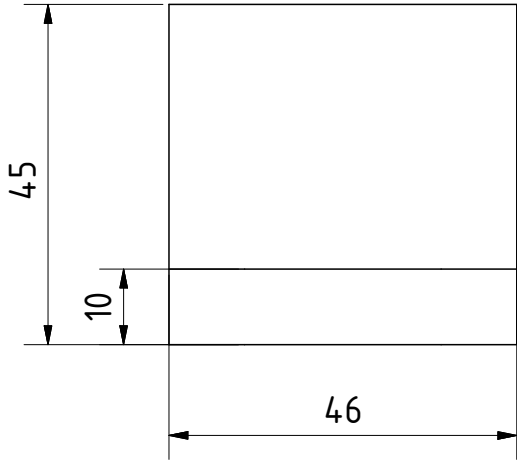
GENERAL TOLERANC/VŠEOBECNÉ TOL. FOR LENGTH/DÉLKOVÉ: ISO 2768 mK FOR ANGLE/ÚHLOVÉ: ISO 2768 cK ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS VŠECHNY ROZMĚRY JSOU V MILIMETRECH	= Inspection dimensions = Inspekční rozměr		Displayed size: Zobrazený díl:		
	Copyright according to ISO 16016 Kopírování dokumentu podléhá ISO 16016		Bend radius: Radius ohybu:		
			Progr.-Nu.: Program č.:		
Respons. dept./odp. oddělení	Technical ref./Tech. odkaz	Document type/Typ dokumentu		Material/Materiál:	
	MERICI STOJNA SETIHRANNA 50mm /			ABS-P400	
Created By/Kreslil	Reviewed/Kontroloval	Approved/Schválil		Doc. state/Stav dokumentu	Scale (main) Měřítko (hlavní)
ALGER F.				Uvolněno	1:1
TUL	Title/Název:			Scale (sub) Měřítko (vedlejší)	
	MERICI PODPERY 6HR			1:1	
			A4-KSA-B2301-06-00		
Rev.	Date/Datum:	Lang./Jazyk	Sheet/List:		
N 0	11.9.2016	CZ	1 of 1		

( 1 : 1 )



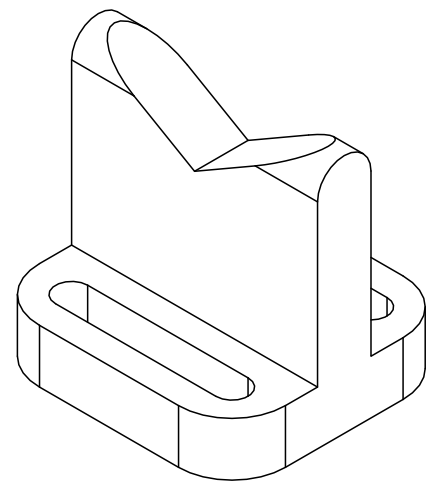
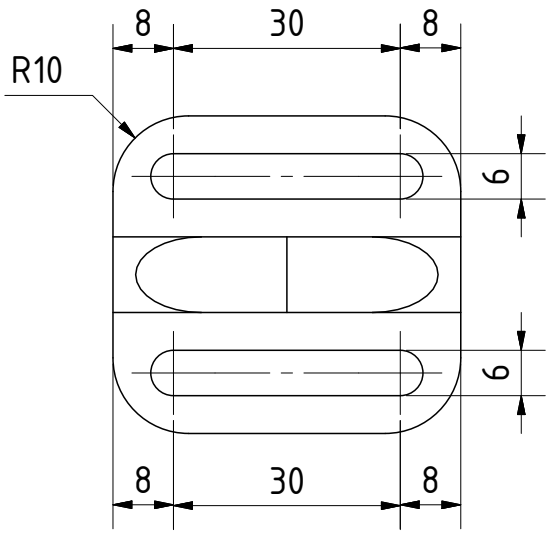
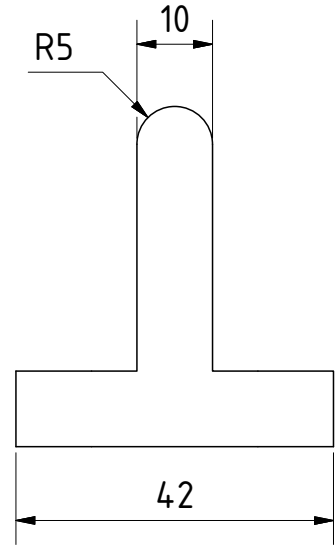
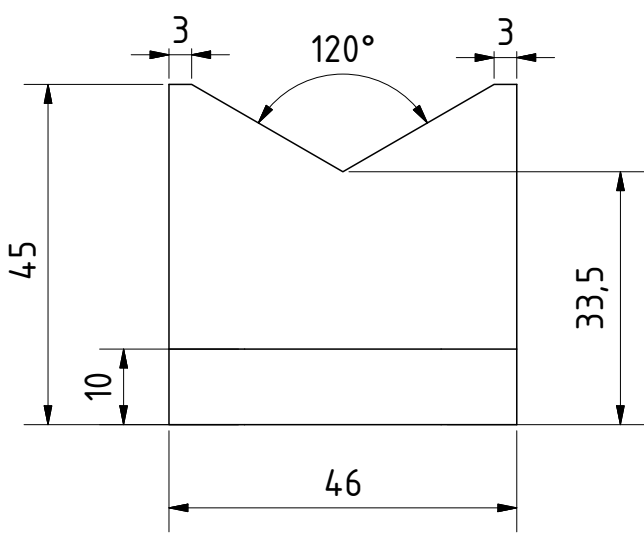
GENERAL TOLERANC/VŠEOBECNÉ TOL. FOR LENGTH/DÉLKOVÉ: ISO 2768 mK FOR ANGLE/ÚHLOVÉ: ISO 2768 cK ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS VŠECHNY ROZMĚRY JSOU V MILIMETRECH	= Inspection dimensions = Inspekční rozměr	Displayed size: Zobrazený díl:	
	Copyright according to ISO 16016 Kopírování dokumentu podléhá ISO 16016	Bend radius: Radius ohybu:	
		Progr.-Nu.: Program č.:	
Respons. dept./odp. oddělení	Technical ref./Tech. odkaz podpera_siroka /	Document type/Typ dokumentu	Material/Materiál: ABS-P400
Created By/Kreslil ALGER F.	Reviewed/Kontroloval	Approved/Schválil	Doc. state/Stav dokumentu Uvolněno
	Title/Název: PODPERA SIROKA VYSSI PODPERY		Scale (main) Měřítko (hlavní) 1:1
	A4-KSA-B2301-07-01		Scale (sub) Měřítko (vedlejší) 1:1
Rev. N 0	Date/Datum: 11.9.2016	Lang./Jazyk CZ	Sheet/List: 1 of 1

( 1 : 1 )

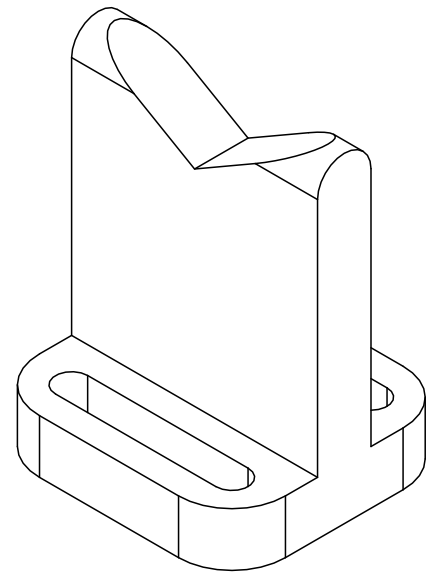
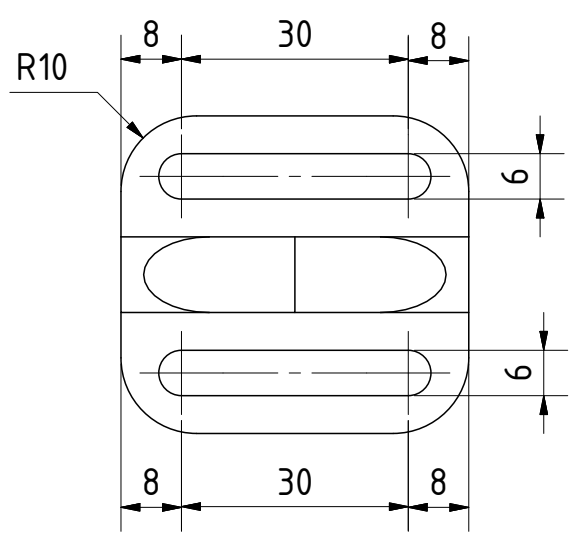
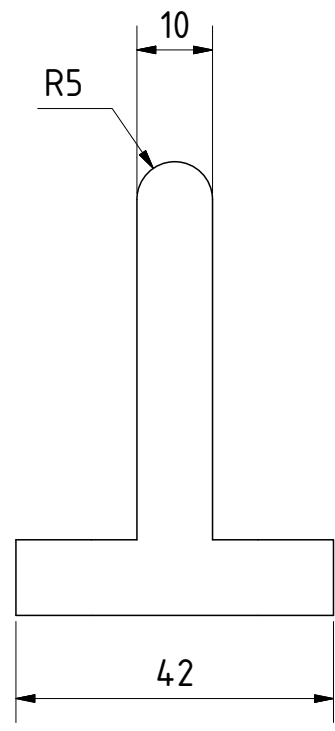
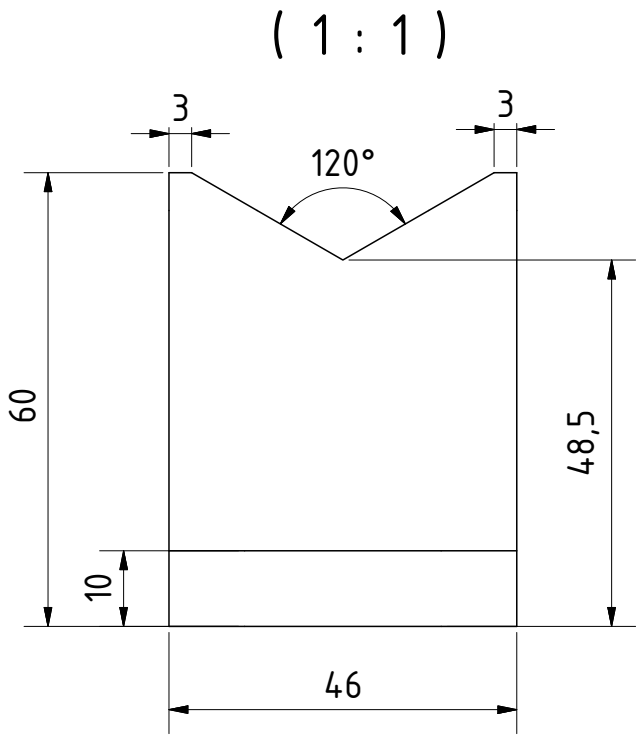


GENERAL TOLERANC/VŠEOBECNÉ TOL. FOR LENGTH/DÉLKOVÉ: ISO 2768 mK FOR ANGLE/ÚHLOVÉ: ISO 2768 cK ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS VŠECHNY ROZMĚRY JSOU V MILIMETRECH	= Inspection dimensions = Inspekční rozměr	Displayed size: Zobrazený díl:	
	Copyright according to ISO 16016 Kopírování dokumentu podléhá ISO 16016	Bend radius: Radius ohybu:	
		Progr.-Nu.: Program č.:	
Respons. dept./odp. oddělení	Technical ref./Tech. odkaz podpera_siroka /	Document type/Typ dokumentu	Material/Materiál: ABS-P400
Created By/Kreslil ALGER F.	Reviewed/Kontroloval	Approved/Schválil	Doc. state/Stav dokumentu Uvolněno
	Title/Název: PODPERA SIROKA NIZKA PODPERY	A4-KSA-B2301-07-02	
		Rev. N 0	Date/Datum: 11.9.2016

( 1 : 1 )



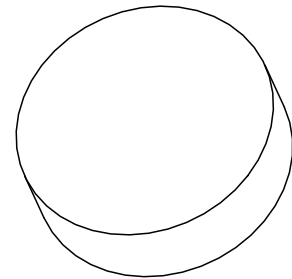
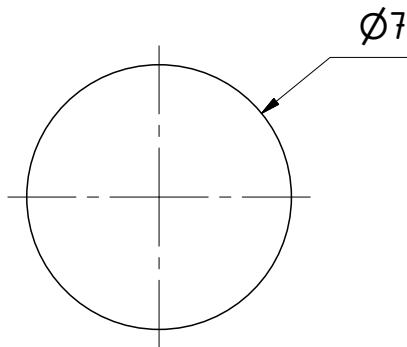
GENERAL TOLERANC/VŠEOBECNÉ TOL. FOR LENGTH/DÉLKOVÉ: ISO 2768 mK FOR ANGLE/ÚHLOVÉ: ISO 2768 cK ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS VŠECHNY ROZMĚRY JSOU V MILIMETRECH	= Inspection dimensions = Inspekční rozměr	Displayed size: Zobrazený díl:		
	Copyright according to ISO 16016 Kopírování dokumentu podléhá ISO 16016	Bend radius: Radius ohybu:		
	Respons. dept./odp. oddělení	Document type/Typ dokumentu	Material/Materiál: <b>ABS-P400</b>	
	Created By/Kreslil <b>ALGER F.</b>	Reviewed/Kontroloval	Approved/Schválil	Doc. state/Stav dokumentu <b>Uvolněno</b>
	Title/Název: <b>PODPERA SIROKA NIZKA S DRAZKOU          PODPERY</b>	Date/Datum: <b>11.9.2016</b>	Lang./Jazyk <b>CZ</b>	
		Scale (main) Měřítko (hlavní) <b>1:1</b>	Scale (sub) Měřítko (vedlejší) <b>1:1</b>	
		Rev. <b>N 0</b>	Sheet/List: <b>1 of 1</b>	
		Date/Datum: <b>11.9.2016</b>	Lang./Jazyk <b>CZ</b>	
		Title/Název: <b>A4-KSA-B2301-07-03</b>	Sheet/List: <b>1 of 1</b>	





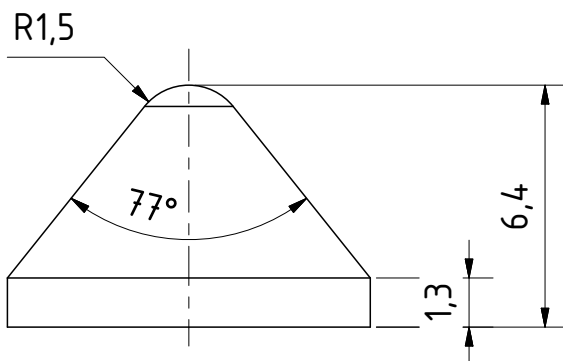
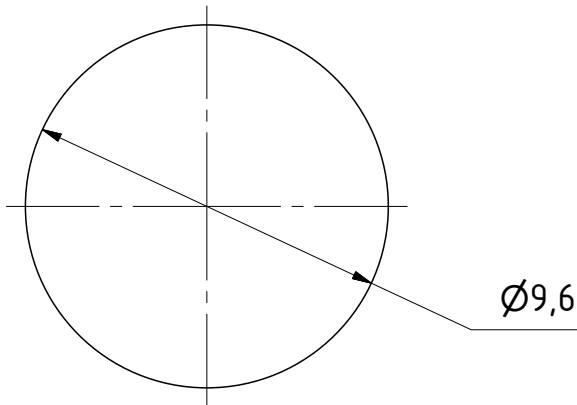
GENERAL TOLERANC/VŠEOBECNÉ TOL. FOR LENGTH/DÉLKOVÉ: ISO 2768 mK FOR ANGLE/ÚHLOVÉ: ISO 2768 cK ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS VŠECHNY ROZMĚRY JSOU V MILIMETRECH	= Inspection dimensions = Inspekční rozměr	Displayed size: Zobrazený díl:	
	Copyright according to ISO 16016 Kopírování dokumentu podléhá ISO 16016	Bend radius: Radius ohybu:	
		Progr.-Nu.: Program č.:	
Respons. dept./odp. oddělení	Technical ref./Tech. odkaz podpera_siroka /	Document type/Typ dokumentu	Material/Materiál: ABS-P400
Created By/Kreslil ALGER F.	Reviewed/Kontroloval	Approved/Schválil	Doc. state/Stav dokumentu Uvolněno
	Title/Název: PODPERA SIROKA VYSSI S DRAZKOU PODPERY		Scale (main) Měřítko (hlavní) 1:1
			Scale (sub) Měřítko (vedlejší) 1:1
		A4-KSA-B2301-07-04	Rev. 1 2 3 4 5 6 7 8 - 1 2 3 4
		N 0	Date/Datum: 11.9.2016
		CZ	Sheet/List: 1 of 1



( 5 : 1 )



GENERAL TOLERANC/VŠEOBECNÉ TOL. FOR LENGTH/DÉLKOVÉ: ISO 2768 mK FOR ANGLE/ÚHLOVÉ: ISO 2768 cK ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS VŠECHNY ROZMĚRY JSOU V MILIMETRECH	 = Inspection dimensions = Inspekční rozměr	Displayed size: Zobrazený díl:		
		Bend radius: Radius ohybu:		
	Copyright according to ISO 16016 Kopírování dokumentu podléhá ISO 16016	Progr.-Nu.: Program č.:		
Respons. dept./odp. oddělení	Technical ref./Tech. odkaz pryzova ploska /	Document type/Typ dokumentu	Material/Materiál: PRYŽ	
Created By/Kreslil ALGER F.	Reviewed/Kontroloval	Approved/Schválil	Doc. state/Stav dokumentu Uvolněno	
 TUL	Title/Název: PRYZOVA PLOSKA VÝMĚNNÉ ŠPIČKY		Scale (main) Měřítko (hlavní) 5:1	Scale (sub) Měřítko (vedlejší) 5:1
			A4-KSA-B2301-08-01	
	Rev. N 0	Date/Datum: 11.9.2016	Lang./Jazyk CZ	Sheet/List: 1 of 1

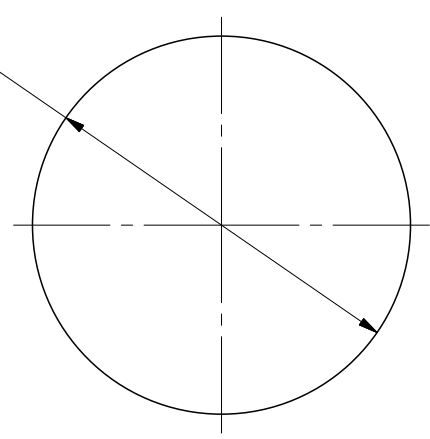


GENERAL TOLERANC/VŠEOBECNÉ TOL. FOR LENGTH/DÉLKOVÉ: ISO 2768 mK FOR ANGLE/ÚHLOVÉ: ISO 2768 cK ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS VŠECHNY ROZMĚRY JSOU V MILIMETRECH	= Inspection dimensions = Inspekční rozměr	Displayed size: Zobrazený díl:	
	Copyright according to ISO 16016 Kopírování dokumentu podléhá ISO 16016	Bend radius: Radius ohybu:	
	Progr.-Nu.: Program č.:		
Respons. dept./odp. oddělení	Technical ref./Tech. odkaz pryžova spicka /	Document type/Typ dokumentu	Material/Materiál: PRYŽ
Created By/Kreslil ALGER F.	Reviewed/Kontroloval	Approved/Schválil	Doc. state/Stav dokumentu Uvolněno
	Title/Název: PRYŽOVÁ ŠPIČKA VÝMĚNNÉ ŠPIČKY	A4 - KSA - B2301 - 08 - 02	
		Rev. N 0	Date/Datum: 11.9.2016

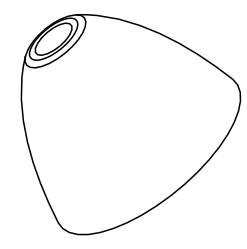
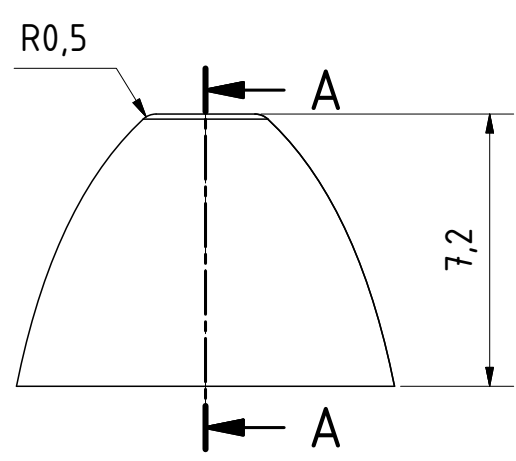
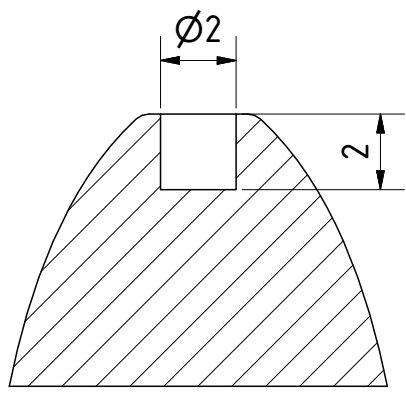


( 5 : 1 )

Ø10



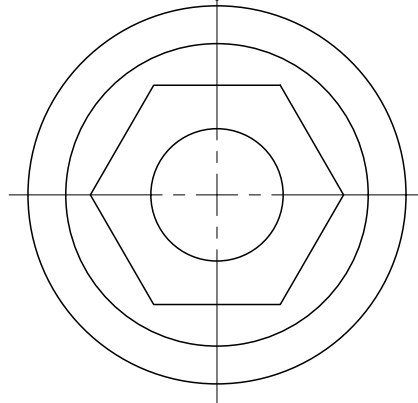
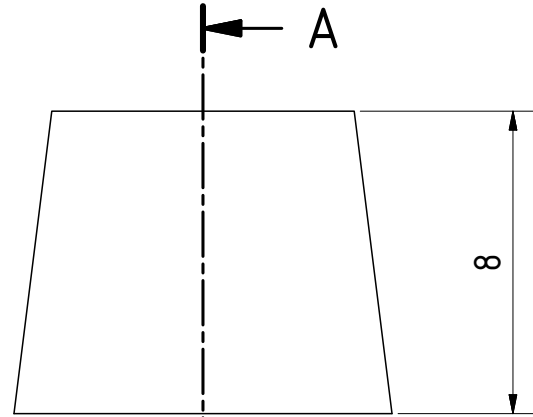
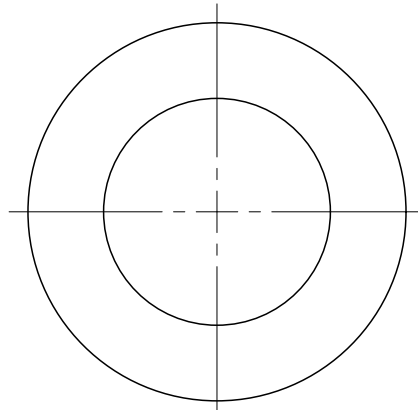
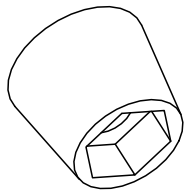
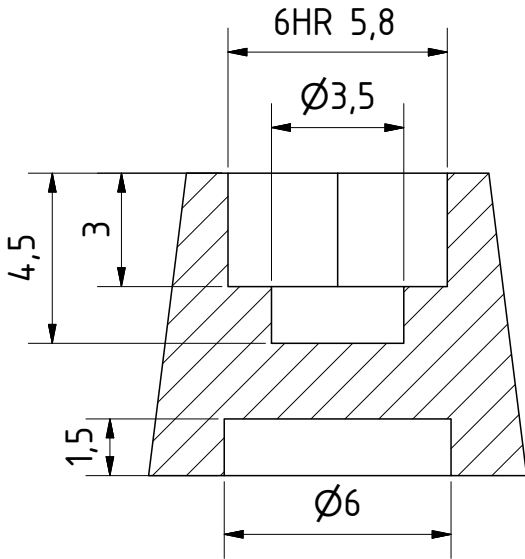
A-A ( 5 : 1 )



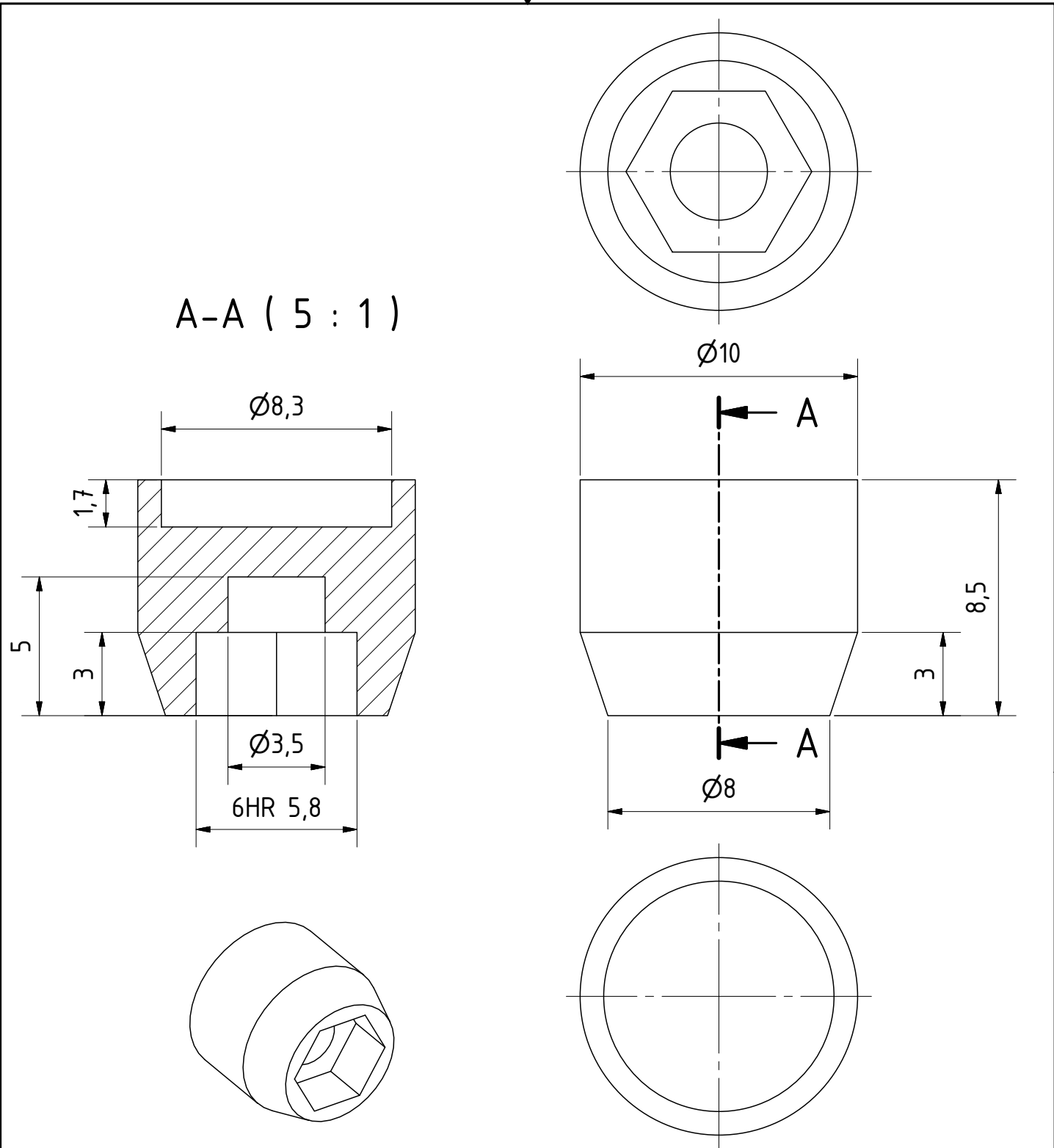
GENERAL TOLERANC/VŠEOBECNÉ TOL. FOR LENGTH/DÉLKOVÉ: ISO 2768 mK FOR ANGLE/ÚHLOVÉ: ISO 2768 cK ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS VŠECHNY ROZMĚRY JSOU V MILIMETRECH	= Inspection dimensions = Inspekční rozměr		Displayed size: Zobrazovaný díl:		
	Copyright according to ISO 16016 Kopírování dokumentu podléhá ISO 16016		Bend radius: Radius ohybu:		
			Progr.-Nu.: Program č.:		
Respons. dept./odp. oddělení	Technical ref./Tech. odkaz	Document type/Typ dokumentu	Material/Materiál:		
Created By/Kreslil	Reviewed/Kontroloval	Approved/Schválil	PRYŽ		
ALGER F.			Doc. state/Stav dokumentu	Scale (main) Měřítko (hlavní)	Scale (sub) Měřítko (vedlejší)
	Title/Název:		Uvolněno		
	PRYŽOVÁ ŠPIČKA POLOKOULE VÝMĚNNÉ ŠPIČKY		A4-KSA-B2301-08-03		
			Rev.	Date/Datum:	Lang./Jazyk
			N 0	11.9.2016	CZ
					Sheet/List:
					1 of 1



A-A ( 5 : 1 )

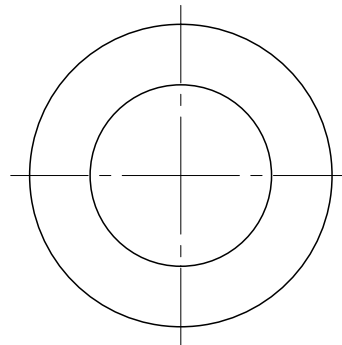
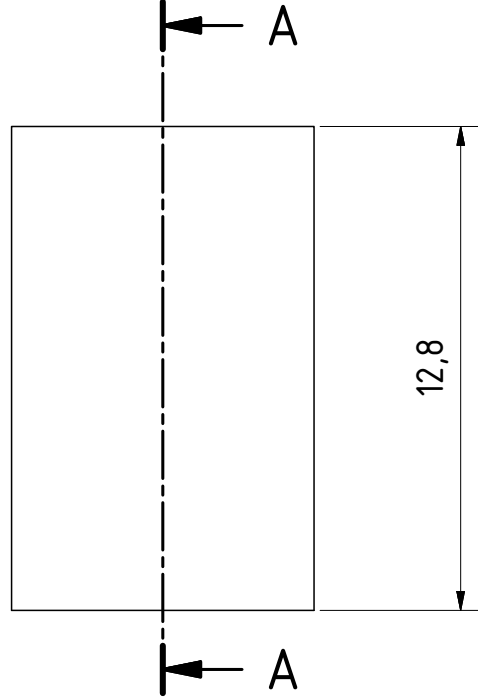
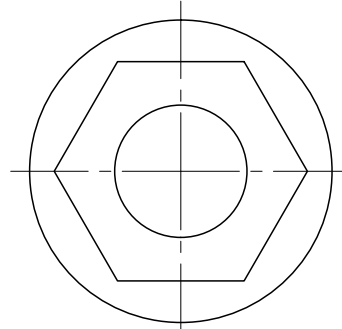
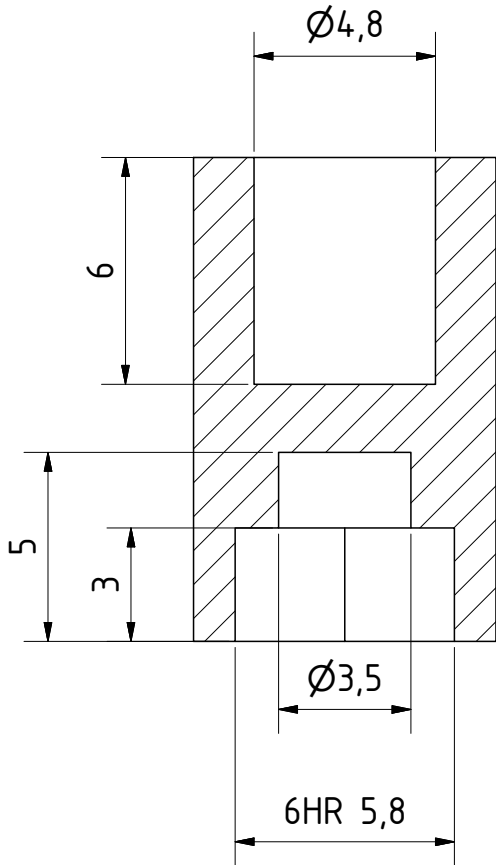


GENERAL TOLERANC/VŠEOBECNÉ TOL. FOR LENGTH/DÉLKOVÉ: ISO 2768 mK FOR ANGLE/ÚHLOVÉ: ISO 2768 cK ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS VŠECHNY ROZMĚRY JSOU V MILIMETRECH	= Inspection dimensions = Inspekční rozměr	Displayed size: Zobrazený díl:	
	Copyright according to ISO 16016 Kopírování dokumentu podléhá ISO 16016	Bend radius: Radius ohybu:	
		Progr.-Nu.: Program č.:	
Respons. dept./odp. oddělení	Technical ref./Tech. odkaz Spodní část hrotu konická / Reviewed/Kontroloval	Document type/Typ dokumentu Approved/Schválil	Material/Materiál: PRYŽ Doc. state/Stav dokumentu Uvolněno
Created By/Kreslil ALGER F.			Scale (main) Měřítko (hlavní) 5:1 Scale (sub) Měřítko (vedlejší) 5:1
	Title/Název: SPODNÍ ČÁST HROTU KONICKÁ VÝMĚNNÉ ŠPIČKY	A4-KSA-B2301-08-04 1 2 3 4 5 6 7 8 - 1 2 3 4	
		Rev. N 0	Date/Datum: 11.9.2016
		Lang./Jazyk CZ	Sheet/List: 1 of 1

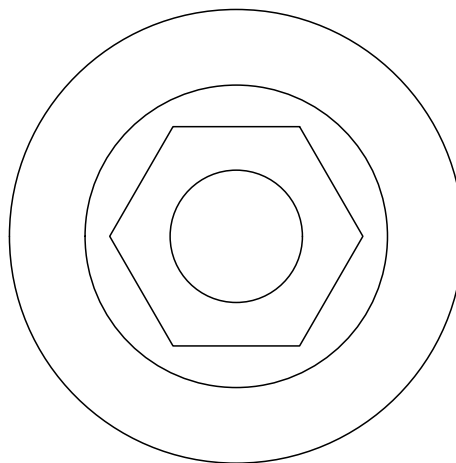
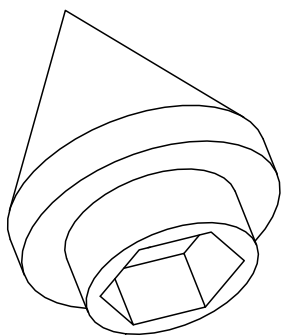


GENERAL TOLERANC/VŠEOBECNÉ TOL. FOR LENGTH/DÉLKOVÉ: ISO 2768 mK FOR ANGLE/ÚHLOVÉ: ISO 2768 cK ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS VŠECHNY ROZMĚRY JSOU V MILIMETRECH	= Inspection dimensions = Inspekční rozměr	Displayed size: Zobrazený díl:	
	Copyright according to ISO 16016 Kopírování dokumentu podléhá ISO 16016	Bend radius: Radius ohybu:	
		Progr.-Nu.: Program č.:	
Respons. dept./odp. oddělení	Technical ref./Tech. odkaz Spodní část hrotu pro špičku / Reviewed/Kontroloval	Document type/Typ dokumentu Approved/Schválil	Material/Materiál: PRYŽ Uvolněno
Created By/Kreslil ALGER F.			Doc. state/Stav dokumentu Scale (main) Měřítko (hlavní) 5:1 Scale (sub) Měřítko (vedlejší) 5:1
TUL	Title/Název: SPODNÍ ČÁST HROTU VÝMĚNNÉ ŠPIČKY		A4-KSA-B2301-08-05   1   2   3   4   5   6   7   8   -   1   2   3   4
			Rev. N0 Date/Datum: 11.9.2016 Lang./Jazyk: CZ Sheet/List: 1 of 1

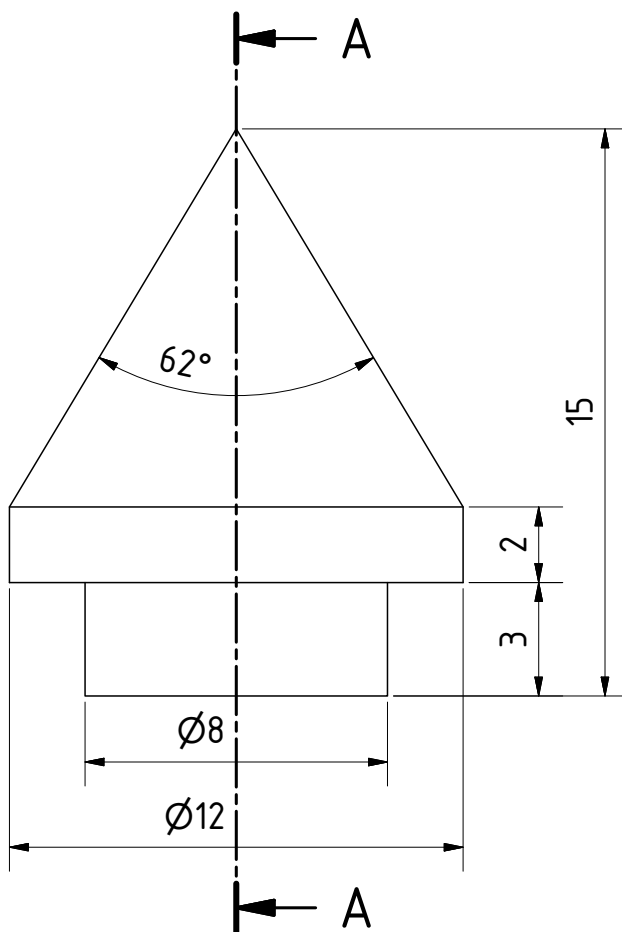
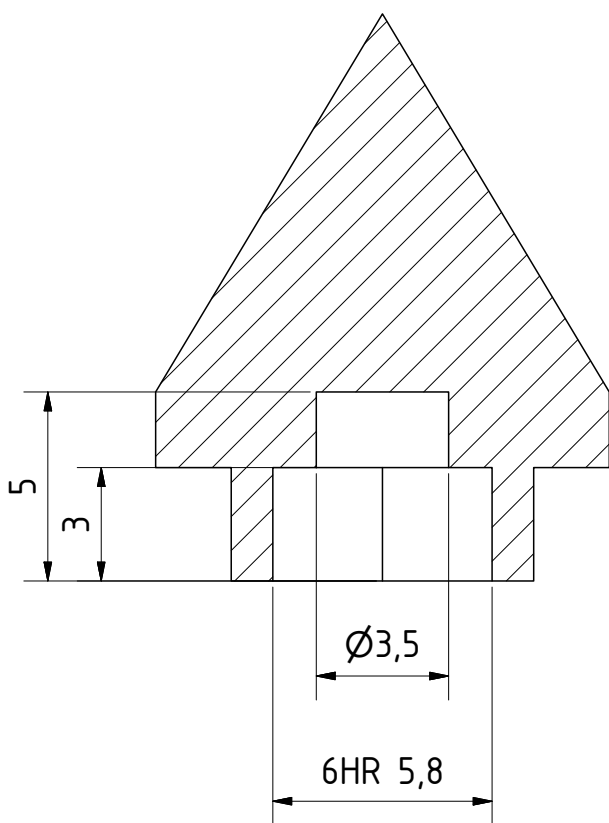
A-A ( 5 : 1 )



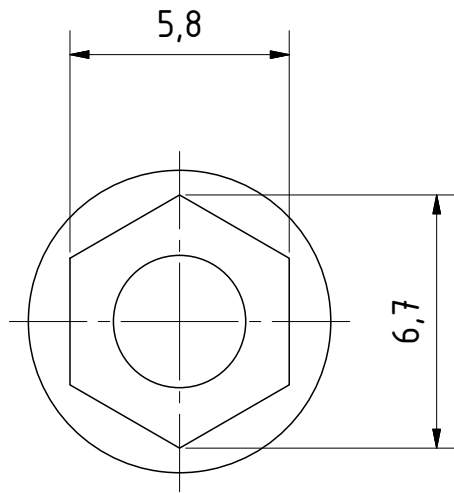
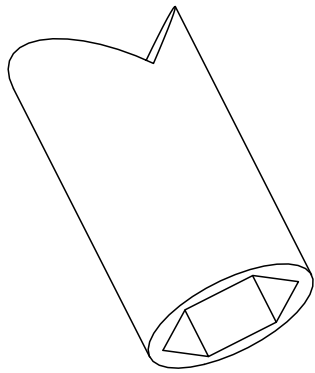
GENERAL TOLERANC/VŠEOBECNÉ TOL. FOR LENGTH/DÉLKOVÉ: ISO 2768 mK FOR ANGLE/ÚHLOVÉ: ISO 2768 cK ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS VŠECHNY ROZMĚRY JSOU V MILIMETRECH	= Inspection dimensions = Inspekční rozměr	Displayed size: Zobrazený díl:		
	Copyright according to ISO 16016 Kopírování dokumentu podléhá ISO 16016	Bend radius: Radius ohybu:		
		Progr.-Nu.: Program č.:		
Respons. dept./odp. oddělení	Technical ref./Tech. odkaz Spodní část hrotu plocha /	Document type/Typ dokumentu	Material/Materiál: PRYŽ	
Created By/Kreslil ALGER F.	Reviewed/Kontroloval	Approved/Schválil	Doc. state/Stav dokumentu Uvolněno	
	Title/Název: SPODNÍ ČÁST HROTU VÝMĚNNÉ ŠPIČKY	A4-KSA-B2301-08-06		
		Rev. N 0	Date/Datum: 11.9.2016	Lang./Jazyk: CZ
		Sheet/List: 1 of 1		



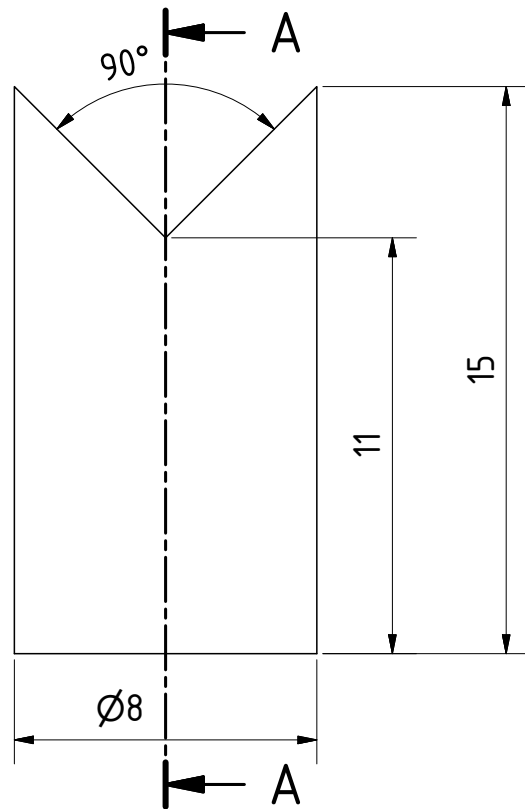
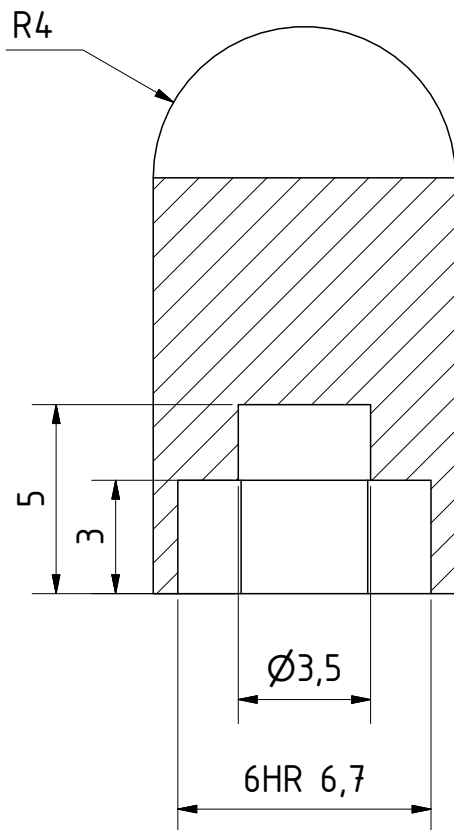
A-A ( 5 : 1 )



GENERAL TOLERANC/VŠEOBECNÉ TOL. FOR LENGTH/DÉLKOVÉ: ISO 2768 mK FOR ANGLE/ÚHLOVÉ: ISO 2768 cK ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS VŠECHNY ROZMĚRY JSOU V MILIMETRECH	= Inspection dimensions = Inspekční rozměr	Displayed size: Zobrazený díl:	
	Copyright according to ISO 16016 Kopírování dokumentu podléhá ISO 16016	Bend radius: Radius ohybu:	
	Progr.-Nu.: Program č.:		
Respons. dept./odp. oddělení Created By/Kreslil ALGER F.	Technical ref./Tech. odkaz zaklad špiček / Reviewed/Kontroloval	Document type/Typ dokumentu Approved/Schválil	Material/Materiál: PRYŽ Uvolněno
TUL	Title/Název: VÝMĚNNÁ ŠPIČKA ŠIROKÁ VÝMĚNNÉ ŠPIČKY		A4-KSA-B2301-08-07
	Rev. N0	Date/Datum: 11.9.2016	Lang./Jazyk CZ



A-A ( 5 : 1 )



GENERAL TOLERANC/VŠEOBECNÉ TOL. FOR LENGTH/DÉLKOVÉ: ISO 2768 mK FOR ANGLE/ÚHLOVÉ: ISO 2768 cK ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS VŠECHNY ROZMĚRY JSOU V MILIMETRECH	= Inspection dimensions = Inspekční rozměr	Displayed size: Zobrazený díl:		
	Copyright according to ISO 16016 Kopírování dokumentu podléhá ISO 16016	Bend radius: Radius ohybu:		
	Respons. dept./odp. oddělení	Document type/Typ dokumentu	Material/Materiál: <b>PRYŽ</b>	
	Created By/Kreslil <b>ALGER F.</b>	Reviewed/Kontroloval	Approved/Schválil	Doc. state/Stav dokumentu <b>Uvolněno</b>
	Title/Název: <b>VÝMĚNNÁ ŠPIČKA PRIZMA          VÝMĚNNÉ ŠPIČKY</b>	Progr.-Nu.: Program č.:	Scale (main) Měřítko (hlavní) <b>5:1</b>	
		Scale (sub) Měřítko (vedlejší) <b>5:1</b>	<b>A4-KSA-B2301-08-08</b>	
		Rev. <b>N 0</b>	Date/Datum: <b>11.9.2016</b>	
		Lang./Jazyk: <b>CZ</b>	Sheet/List: <b>1 of 1</b>	