



## **Bakalářská práce**

# **Návrh pracoviště pro robotickou manipulaci skleněných tyčí**

*Studijní program:*

B0715A270008 Strojírenství

*Autor práce:*

**Jiří Stránský**

*Vedoucí práce:*

Ing. Marie Stará, Ph.D.

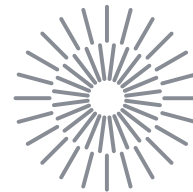
Katedra sklářských strojů a robotiky

*Konzultant práce:*

Ing. Eva Satoriová

PRECIOSA ORNELA, a.s.

Liberec 2024



## Zadání bakalářské práce

# Návrh pracoviště pro robotickou manipulaci skleněných tyčí

<i>Jméno a příjmení:</i>	<b>Jiří Stránský</b>
<i>Osobní číslo:</i>	S20000361
<i>Studijní program:</i>	B0715A270008 Strojírenství
<i>Zadávající katedra:</i>	Katedra sklářských strojů a robotiky
<i>Akademický rok:</i>	2022/2023

### Zásady pro vypracování:

V současné době je na pracovišti pro výrobu skleněných mačkárenských tyčí používáno ruční manipulace. Na konci tažného stroje (v podobě dělených forem uspořádaných jako dopravník) po automatickém dělení tyčí na určenou délku, pracovník pomocí dřevěných přípravků přenáší tyče do chladicí pece. Tato činnost je velmi monotónní, neproduktivní a nepohodlná. Cílem bakalářské práce je navrhnout automatizované pracoviště s použitím průmyslového robotu s budoucím efektozem dle zadaných parametrů se splněním veškerých bezpečnostních požadavků. Následně konstrukčně vyřešit jeden z detailů pracoviště.

Úkolem Vaší BP bude:

1. Provést podrobné studium možností řešení této manipulační úlohy včetně specifikací požadavků, které musí být splněny v rámci pracoviště.
2. Návrh variant automatizovaného pracoviště a výběr optimální varianty.
3. Konstrukční řešení určeného detailu pracoviště.
4. Závěrem specifikovat aplikační přínos navrženého řešení.

*Rozsah grafických prací:* výkresová dokumentace  
*Rozsah pracovní zprávy:* 30 – 40 stran textu  
*Forma zpracování práce:* tištěná/elektronická  
*Jazyk práce:* čeština

### **Seznam odborné literatury:**

1. NOVOTNÝ, František a Marcel HORÁK. *Konstrukce robotů*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. ISBN 978-80-7494-216-7. Učebnice vysokých škol. Technická univerzita v Liberci.
2. NOVOTNÝ, František a Marcel HORÁK. *Efektory průmyslových robotů*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. ISBN 978-80-7494-195-5. Učebnice vysokých škol. Technická univerzita v Liberci.
3. Dispozice výrobní haly
4. Současný technologický postup výroby tyčí
5. Další potřebné interní dokumenty

*Vedoucí práce:* Ing. Marie Stará, Ph.D.  
Katedra sklářských strojů a robotiky

*Konzultant práce:* Ing. Eva Satoriová  
PRECIOSA ORNELA, a.s.

*Datum zadání práce:* 4. listopadu 2022

*Předpokládaný termín odevzdání:* 4. května 2024

L.S.

doc. Ing. Jaromír Moravec, Ph.D.  
děkan

doc. Ing. Jaromír Moravec, Ph.D.  
garant studijního programu

V Liberci dne 4. listopadu 2022

## Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, 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 nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

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

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

## Anotace

Tato bakalářská práce se zaměřuje na návrh nového robotického pracoviště pro manipulaci skleněných tyčí ve firmě Preciosa Ornela a.s. Cílem je vytvořit pracoviště, které bude optimalizováno pro bezpečnou a efektivní manipulaci. Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretická část obsahuje rešerši robotických systémů, efektorů a bezpečnostních aspektů. Praktická část je zaměřena na analýzu stávajícího pracoviště, výběr vhodného robotického manipulátoru, návrh uchopovacího mechanismu pro skleněné tyče a izolační lana a celkovou konstrukci efektoru. Součástí práce je také dokumentace sestavy nového pracoviště s robotickým systémem pro manipulaci skleněných tyčí a jeho jednotlivých částí. Tato práce představuje významný přínos k automatizaci a zlepšení pracovních podmínek ve firmě Preciosa Ornela a.s.

### Klíčová slova

Robotický manipulátor, robotické systémy, efektor, manipulace, skleněné tyče

## Annotation

This bachelor's thesis focuses on the design of a new robotic workstation for the manipulation of glass rods at Preciosa Ornela a.s. The aim is to design a workstation that is suitable for safe and efficient manipulation. The theoretical part includes a survey of robotic systems and safety. The practical part focuses on the analysis of the current workplace, the selection of a suitable robotic manipulator, the design of the gripping of glass rods, and the overall construction of the effector. The thesis includes documentation of the assembly of the new workplace with a robotic system for manipulating glass rods and its individual parts. This work represents a significant contribution to automation and the improvement of working conditions at Preciosa Ornela a.s.

### Keywords

Robotic manipulator, robotic system, effector, manipulation, glass rod

## Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucí mé bakalářské práce Ing. Marii Staré, Ph. D. za skvělé vedení, trpělivost, cenné poznatky, které mi pomohly při zpracování práce. V další řadě bych rád poděkoval Ing. Evě Satoriové, která mi poskytla k vypracování téma bakalářské práce ve spolupráci s firmou Preciosa Ornela a.s., za skvělý přístup a poskytnuté informace pro vypracování. A v neposlední řadě bych chtěl poděkovat Ing. Tomášovi Strnadovi a všem dalším zaměstnancům firmy Preciosa Ornela a.s., kteří mi byli nápomocní a poskytli mi veškeré informace k vytvoření návrh robotického pracoviště. Věřím, že získané zkušenosti mi budou velice užitečné nejen v mém zaměstnání, ale kdekoliv a kdykoliv.

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b> .....	<b>10</b>
1.1	Představení tématu a jeho význam .....	10
1.2	Cíle práce .....	10
<b>2</b>	<b>Robotické systémy</b> .....	<b>12</b>
2.1	Robotické manipulátory.....	12
2.1.1	Kinematický řetězec robotických manipulátorů .....	12
2.1.2	Koncepce robotických manipulátorů .....	13
2.2	Efektory .....	17
2.2.1	Účel a rozdělení efektorů .....	18
2.2.2	Rozdělení manipulačních efektorů .....	18
2.3	Výběrová a konstrukční kritéria .....	19
2.4	Bezpečnost pracoviště .....	20
2.4.1	Základní bezpečnostní normy a předpisy .....	20
2.4.2	Analýza rizik a metody jejich minimalizace.....	20
<b>3</b>	<b>Analýza stávajícího pracoviště</b> .....	<b>21</b>
3.1	Popis stávajícího pracoviště a procesů .....	21
3.1.1	Tažný stroj.....	21
3.1.2	Předběžná kontrola a vážení .....	24
3.1.3	Pásová temperovací pec .....	24
3.1.4	Kontrola kvality a balení.....	25
3.2	Střepy a NOK výrobky .....	25
3.3	Skleněné tyče .....	26
<b>4</b>	<b>Návrh nového pracoviště</b> .....	<b>27</b>
4.1	Technické specifikace a požadavky nového pracoviště.....	27
4.1.1	Tažné stroje .....	27
4.1.2	Manipulace skleněných tyčí.....	27
4.1.3	Vážení skleněných tyčí .....	27
4.1.4	Pokládání izolačních lan na dopravník temperovací pece .....	28
4.1.5	Předběžné rozložení nového pracoviště.....	28
4.2	Výběr robotického manipulátoru .....	29
4.2.1	Kritéria pro výběr vhodného manipulátoru.....	29
4.2.2	Aplikovatelné manipulátory.....	31
4.2.3	Vybraný manipulátor IRB6650S – 90/3.9.....	34

4.3	Návrh konstrukce efektoru .....	36
4.3.1	Kritéria pro konstrukci efektoru.....	36
4.3.2	Způsoby uchopení skleněné tyče a izolačního lana .....	36
4.3.3	Varianty úchopných prvků pro skleněné tyče .....	37
4.3.4	Návrh uspořádání efektoru.....	40
4.3.5	Výpočet úchopné síly.....	41
4.3.6	Výběr aplikovatelných gripperů .....	42
4.3.7	Materiál úchopných prvků pro uchycení skleněné tyče.....	43
4.3.8	Konstrukční řešení efektoru .....	44
4.4	Layout nového pracoviště.....	48
4.5	Přídavný dopravník se zásobníkem pro izolační lana.....	50
<b>5</b>	<b>Technickoekonomické zhodnocení.....</b>	<b>51</b>
<b>6</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>53</b>
	<b>Seznam použité literatury.....</b>	<b>54</b>
	<b>Seznam ilustrací (obrázků).....</b>	<b>56</b>
	<b>Seznam tabulek.....</b>	<b>57</b>
	<b>Seznam příloh .....</b>	<b>58</b>
	Výkresová dokumentace .....	58
	Elektronické přílohy.....	58
	<b>Seznam použitého softwaru.....</b>	<b>58</b>



## Seznam zkratek

Zkratka	Popis zkratky	Jednotky
$F_Z$	Zátěžová síla	N
k	Bezpečnostní součinitel	-
m	Hmotnost	kg
g	Gravitační zrychlení	$m/s^2$
$F_{Z-tyč}$	Zátěžová síla od skleněné tyče	N
$m_{tyč}$	Hmotnost skleněné tyče	kg
$\beta$	Úhel	°
$N_1$	Normálová síla	N
$N_2$	Normálová síla	N
$N_3$	Normálová síla	N
$N_4$	Normálová síla	N
$F_{U-tyč}$	Úchopná síla pro skleněnou tyč	N
$F_{Z-lano}$	Zátěžová síla od izolačního lana	N
$F_{U-lano}$	Úchopná síla pro izolační lano	N

# 1 Úvod

Tato práce se zaměřuje na inovaci manipulace se skleněnými tyčemi ve firmě Preciosa Ornela a.s. Tento proces je tradičně prováděn manuálně s významnými riziky pro pracovníky a omezenou efektivitou. Cílem této bakalářské práce je proto prozkoumat potenciál robotické manipulace v kontextu manipulace se skleněnými tyčemi a navrhnout řešení pro zlepšení stávajícího pracoviště se splněním veškerých technologických, technických a bezpečnostních požadavků.

Teoretická část bakalářské práce se zabývá rozбором robotických systému. Detailněji se věnuje robotickým manipulátorům, efektorům a bezpečnosti na pracovišti. Praktická část je zaměřena na návrh nového pracoviště. To zahrnuje analýzu stávajícího pracoviště, možností a limitací, výběr optimálního robotického manipulátoru, konstrukční návrh efektoru a rozložení nového pracoviště. Zakončena je technickoekonomickou analýzou navrhovaného pracoviště.

## 1.1 Představení tématu a jeho význam

V současné době se stále více pozornosti věnuje optimalizaci výrobních procesů, a to nejen z hlediska efektivity, ale i s ohledem na bezpečnost pracovníků a udržitelnost. V centru těchto snah stojí robotická manipulace, která jako klíčová technologie umožňuje automatizaci repetitivních úkolů s vysokou přesností a konzistencí.

Skleněné tyče, používané v širokém spektru aplikací od laboratorních potřeb až po automobilový průmysl, vyžadují při manipulaci zvláštní opatrnost kvůli své křehkosti. Tradiční manuální manipulace s těmito materiály představuje nejen výzvu z hlediska bezpečnosti pracovníků kvůli riziku zranění, ale také hrozbu poškození samotných výrobků, což může vést k významným finančním ztrátám.

Robotická manipulace v této oblasti nabízí řešení těchto výzev prostřednictvím implementace automatizovaných systémů, které jsou schopné precizní a šetrné manipulace, čímž zvyšují produktivitu a bezpečnost pracoviště.

## 1.2 Cíle práce

Tato podkapitola je zaměřena na definování a detailního vysvětlení hlavního a specifických cílů bakalářské práce, která se zabývá návrhem pracoviště pro robotickou manipulaci skleněných tyčí.

Hlavním cílem této práce je navrhnout efektivní, bezpečné a ekonomicky výhodné automatizované pracoviště pro robotickou manipulaci se skleněnými tyčemi, využívající průmyslového robotu/manipulátoru s přizpůsobeným efektorům dle zadaných parametrů.

Specifické cíle:

1. **Analýza stávajícího pracoviště a procesů se skleněnými tyčemi:** Identifikovat a popsat stávající pracovní postupy, včetně hodnocení jejich efektivity, bezpečnosti a ergonomie.
2. **Analýza a výběr robotického manipulátoru:** Na základě analýzy potřeb pracoviště provést rešerši dostupných technologií a výběr nejvhodnějšího robotického manipulátoru pro účely práce.
3. **Výzkum a návrh konstrukce efektoru:** Navrhnout optimalizovaný efektor pro robotický manipulátor, který bude specificky upraven pro manipulaci se skleněnými tyčemi, s ohledem na specifické požadavky procesu.

4. **Návrh nového pracoviště:** Vypracovat návrh nového pracoviště, který zohledňuje integraci vybraného robotického systému s efektořem do existujícího výrobního procesu, s důrazem na zlepšení bezpečnosti, efektivitu a snížení monotónnosti práce.

#### **Význam cílů**

Splnění těchto cílů umožní nejen zlepšit bezpečnost a efektivitu v procesu manipulace se skleněnými tyčemi, ale také přispěje k rozvoji znalostí v oblasti automatizace průmyslových procesů. Výsledky této práce by mohly sloužit jako referenční materiál pro další výzkum nebo jako vodítka pro průmyslové podniky zamýšlející implementovat podobné technologie.

## 2 Robotické systémy

Teoretická část bakalářské práce je zaměřena na studium robotických systému. Zabývá se definicí manipulátorů a efektorů. Jaké jsou bezpečnostní normy a opatření ohledně provozu pracoviště s robotickým systémem.

### 2.1 Robotické manipulátory

Robotické manipulátory jsou nezbytné pro moderní průmyslové aplikace. Představují revoluční nástroje, které zásadně mění vývoj výrobních procesů. Od svého vzniku v polovině 20. století se staly synonymem pro efektivitu a přesnost. Díky schopnosti provádět širokou škálu úkolů, od jednoduchého přesunu objektů po komplexní svařování a montáž, robotické manipulátory nejenže zvyšují produktivitu, ale také zlepšují bezpečnost pracovního prostředí tím, že nahrazují lidskou práci v nebezpečných nebo monotónních operacích. [1]

#### 2.1.1 Kinematický řetězec robotických manipulátorů

Kinematický řetězec robotického manipulátoru se skládá z několika částí, které společně umožňují jeho pohyb a manipulaci objektu v prostoru. Zde je uvedeno členění kinematického řetězce a jeho klíčové složky:

##### 1. Polohovací ústrojí

Polohovací ústrojí robotického manipulátoru tvoří základní kinematický řetězec, který umožňuje manipulátoru dosáhnout různých poloh v prostoru. Skládá se z prostorových kinematických dvojic, resp. vazeb, které jsou propojeny tak, aby umožnily pohyb v jednotlivých osách. Pro polohování v prostoru jsou zapotřebí minimálně tři kinematické dvojice. Kinematické vazby mohou být rotační (R) nebo translační (T) a umožňují manipulátoru flexibilně reagovat na požadované úkoly. [2]

##### 2. Orientační ústrojí

Orientační ústrojí robotického manipulátoru umožňuje zachovat, popř. podle požadavků měnit orientaci objektu vůči pracovnímu prostředí. Jeho hlavním úkolem je zajistit správnou orientaci efektoru vzhledem k definovanému akčnímu poli nebo pohybujícímu se objektu. V některých případech orientační ústrojí nemusí být součástí průmyslových robotů. Obvykle jsou řešeny jako kloubové mechanismy. [2]

##### 3. Efektor

Efektory, také označované jako úchopné nebo technologické hlavice, jsou mechanismy připojeny ke konci ramene robota. Jeho účelem je umožnit přímou interakci a manipulaci s objekty v prostředí. [2]

##### 4. Pojezdové ústrojí

Pojezdové ústrojí u průmyslových robotů slouží ke zvětšení pracovního prostoru. Jeho úkolem je přemísťovat celý robot na požadovaná místa v pracovním prostoru. Je konstruováno jako samostatné doplňkové translační zařízení k průmyslovému robotu. „*Pojezdové ústrojí je buď umístěno v úrovni podlahy, nebo častěji jako portál nad úrovní pracovních míst, na kterém je robot zavěšen „hlavou dolů“.*“ [2]

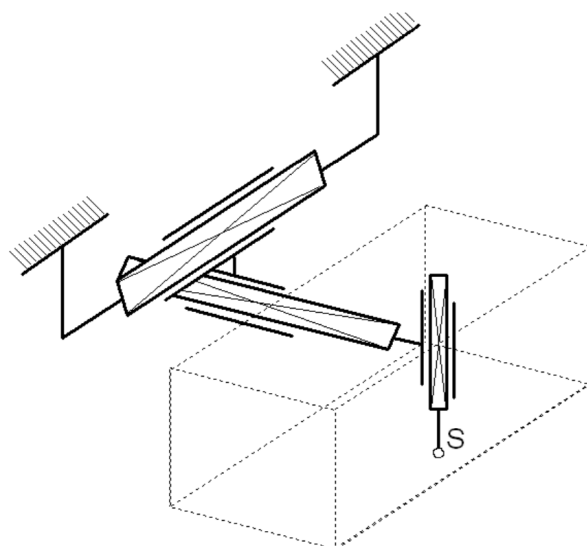
## 2.1.2 Koncepce robotických manipulátorů

V této části jsou představeny koncepce polohovacích ústrojí, jejich charakteristiky a uplatnění v praxi.

### 1. Kartézské manipulátory

Jsou známé pro svou jednoduchost a vysokou přesnost. Jsou ideální pro aplikace, kde je potřeba lineárního pohybu ve třech ortogonálních osách a tvoří tím pracovní prostor ve tvaru kvádru. Využívá třech translačních pohybových jednotek, které jsou na sebe kolmé a tvoří kinematický řetězec TTT (obr. 1). Jejich konstrukce je významná vysokou tuhostí a přesností operací. [2]

Díky své schopnosti přesného lineárního pohybu v třech osách (X, Y a Z) jsou ideální pro řadu aplikací, jako je montáž, balení a manipulace s materiály. Příklady uplatnění kartézských manipulátorů v praxi zahrnují výrobu polovodičů, kde jsou používány pro přesné umístění součástek na desky s plošnými spoji. Dalším příkladem je balicí průmysl, kde jsou tyto manipulátory často používány pro automatické balení produktů do krabic. [3]

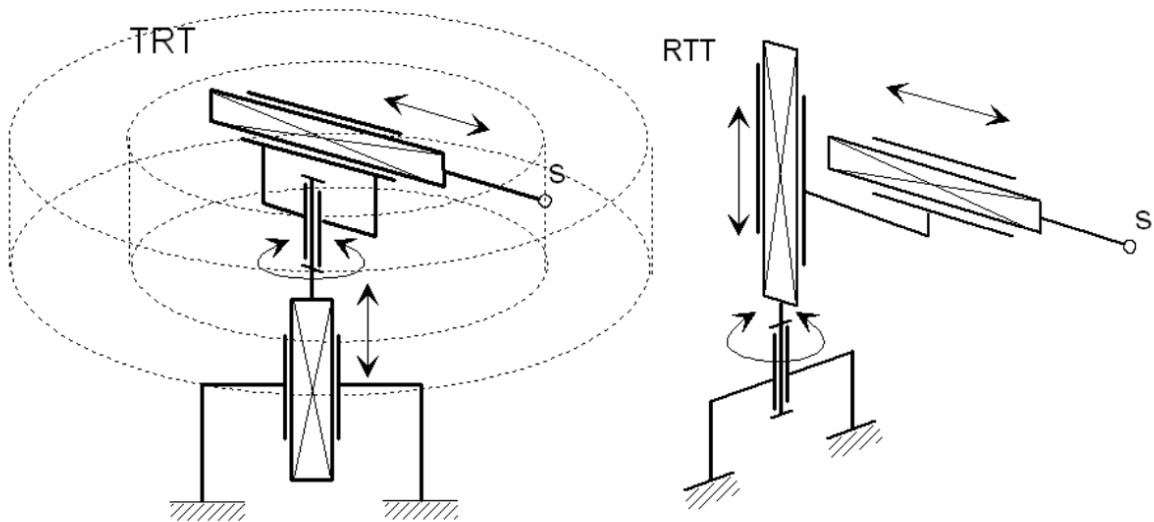


Obr. 1 Kartézská struktura polohovacího ústrojí [2]

### 2. Cylindrické manipulátory

Cylindrické manipulátory jsou specifickým typem robotických manipulátorů. Jejich konstrukce využívá jednoho rotačního kloubu a dvou posuvných pohybových jednotek, které umožňují pohyb koncového bodu po cylindrické ploše a vytváří tak pracovní prostor ve tvaru válcového prstence. Tvoří kinematický řetězec TRT, nebo RTT (obr. 2). Díky tomuto uspořádání mohou cylindrické manipulátory efektivně pracovat v prostředích, kde je požadována vysoká přesnost a opakovatelnost. [2]

Význam těchto manipulátorů v moderním průmyslu je nezpochybnitelný. Díky své flexibilitě a přizpůsobivosti se staly nezbytnou součástí mnoha průmyslových odvětví závislých na automatizaci. Jejich využití se neomezuje pouze na výrobu, ale rozšiřuje se i do oblastí jako je montáž, manipulace s materiálem a svařování. [4]



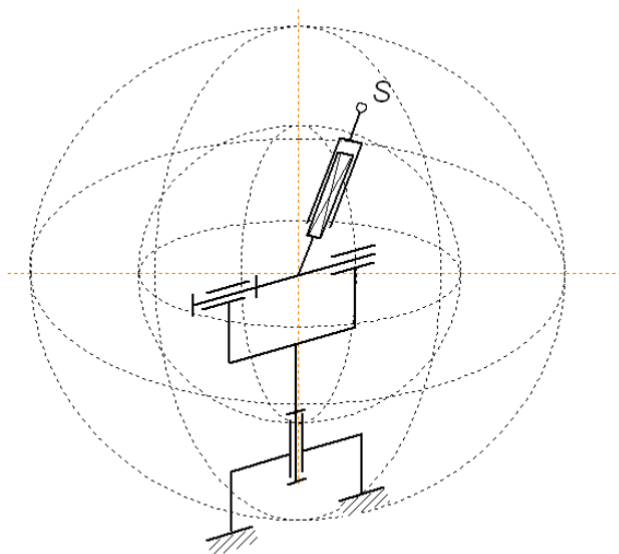
Obr. 2 Cylindrická struktura polohovacího ústrojí [2]

### 3. Sférické (polární) manipulátory

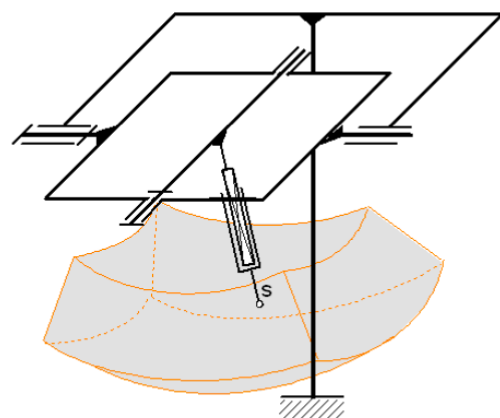
Sférické manipulátory, známé také jako polární roboty, mají sférický pracovní prostor a skládají se z kombinace lineárních pohybových jednotek a rotačních kloubů, ty tvoří kinematický řetězec RRT (obr. 3). Sférické roboty mají jednu translační jednotku a dva rotační klouby na sebe kolmé. Jednou z hlavních výhod sférických manipulátorů je jejich schopnost pokrýt velký pracovní prostor s relativně malou základnou. [2]

Jejich konstrukce jim umožňuje přistupovat k širokému spektru pozic v rámci jejich sférického pracovního prostoru. Mohou poskytnout vysokou míru obratnosti, což je činí vhodnými pro aplikace vyžadující složité pohyby. Sférické manipulátory také mají některá omezení. Jejich přesnost a opakovatelnost mohou být nižší než například u kartézských robotů. Jsou vhodné pro přesun objektů mezi různými místy nebo provádění složitých svařovacích operací. [3]

*Koncepce Unimation:*



*Koncepce ABB:*



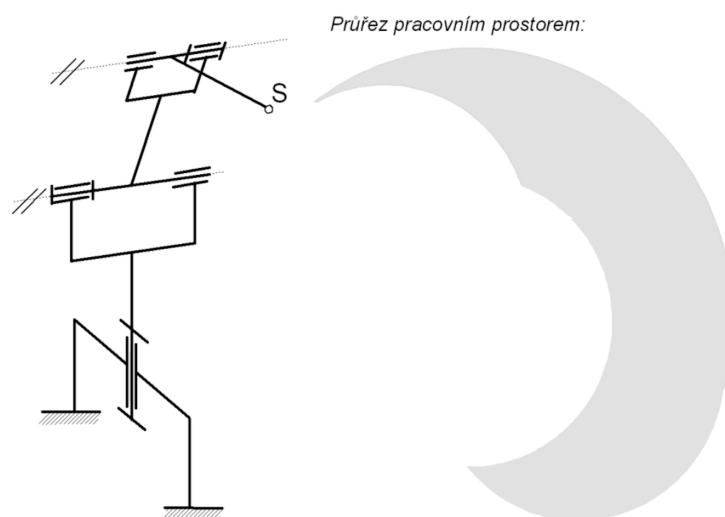
Obr. 3 Sférická struktura polohovacího ústrojí [2]

#### 4. Angulární (antropomorfní, multiúhlové) manipulátory

Angulární roboty, často označované jako robotická ramena, jsou jedním z nejvíce univerzálních a široce používaných typů průmyslových robotů v oblasti výroby. Skládají se z třech rotačních kloubů tvořící kinematický řetězec RRR (obr. 4). Tyto roboty jsou charakterizovány množstvím kloubů nebo os otáčení, které jim umožňují velmi flexibilní pohyb. Nejčastější konfigurace angulárních robotů je 6.osý robot, který nabízí šest stupňů volnosti. To umožňuje robotu pohybovat se v jakémkoli směru a dosáhnout jakéhokoli bodu v jeho pracovním prostoru, což ho činí vhodným pro širokou škálu úkolů. [2]

Nosná kapacita angulárních robotů se liší v závislosti na velikosti a konfiguraci robota. Některé angulární roboty jsou navrženy tak, aby zvládly malé náklady, jako jsou malé elektronické komponenty, zatímco jiné mohou zvládnout mnohem větší náklady, jako jsou celé karoserie aut. Lze také integrovat s různými koncovými efekty, jako jsou gripéry, svařovací hořáky nebo stříkací pistole, aby vykonávaly konkrétní úkoly. [3]

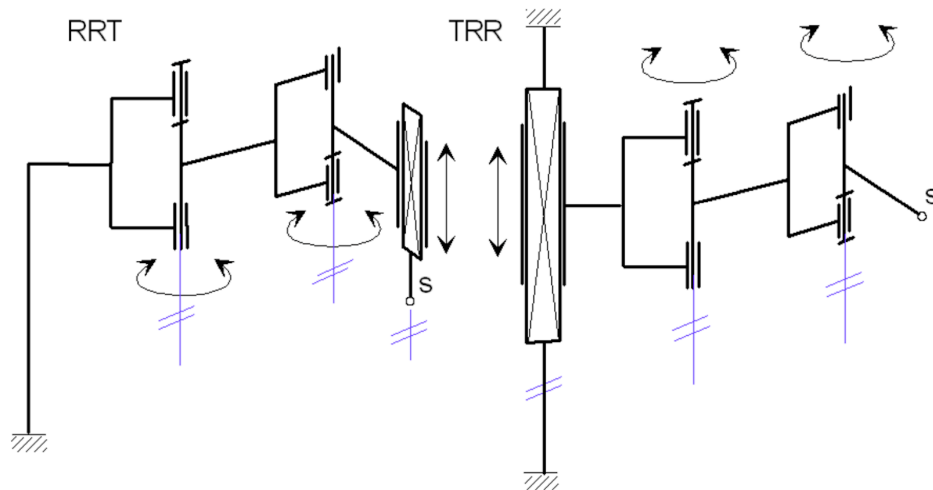
Angulární roboty jsou známé pro svou vynikající obratnost a přesnost. Mohou být využity v různých aplikacích, jako je montáž, malování, svařování a manipulace s materiálem. Například v automobilovém průmyslu se artikulované roboty často používají pro úkoly, jako je bodové svařování, kde musí dosáhnout různých bodů na karoserii auta s vysokou přesností. [3]



Obr. 4 Angulární struktura polohovacího ústrojí [2]

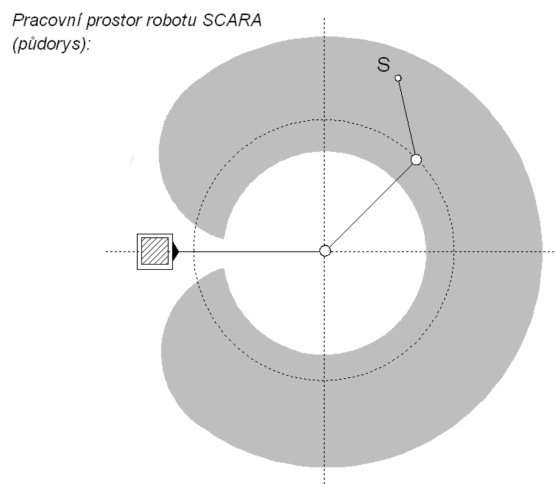
#### 5. SCARA manipulátory

SCARA manipulátory, známé také jako SCARA roboty (Selective Compliance Articulated Robot Arm), se vyznačují konstrukcí skládajícími se ze dvou rotačních kloubů a jedné translační jednotky, které umožňují vertikální a horizontální pohyb. Všechny pohybové jednotky jsou svislé a rovnoběžné. Tvoří tak kinematický řetězec TRR, nebo RRT (obr. 5). Tato konfigurace umožňuje provádět úkoly efektivně, jako je přesun, montáž a balení. Design SCARA robotů poskytuje přesné a rychlé operace, které zvyšují produktivitu. [2]



Obr. 5 SCARA struktura polohovacího ústrojí [2]

Jejich kompaktní design umožňuje snadnou integraci do stávajících výrobních procesů nebo pro aplikace s omezeným prostorem. Ovšem nosnost SCARA manipulátoru je navržena především pro relativně lehké objekty. To je vhodné pro úkoly, jako je přesun malých elektronických komponentů nebo montáž lehkých dílů. [4]

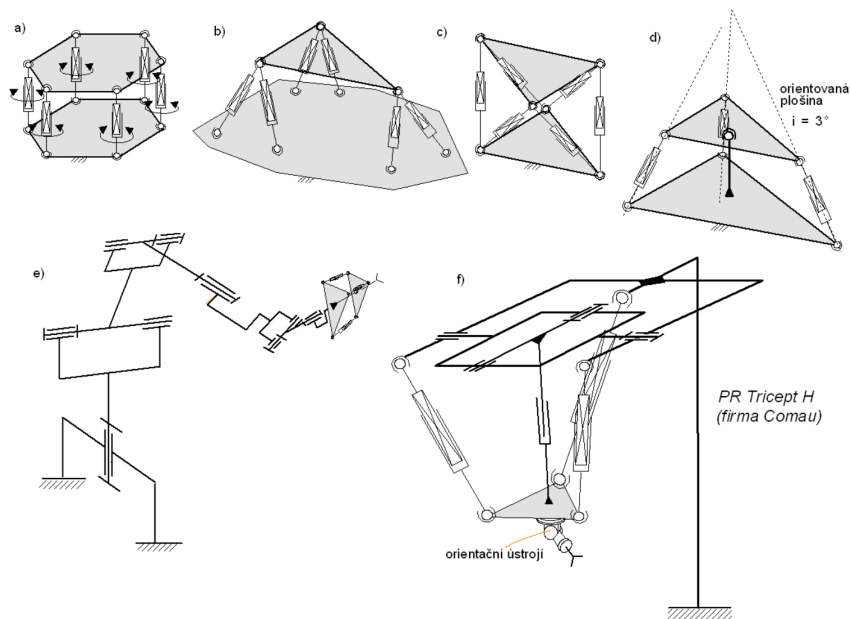


Obr. 6 Půdorys pracovního prostoru robotu SCARA [2]

## 6. Modifikované kloubové struktury (Delta)

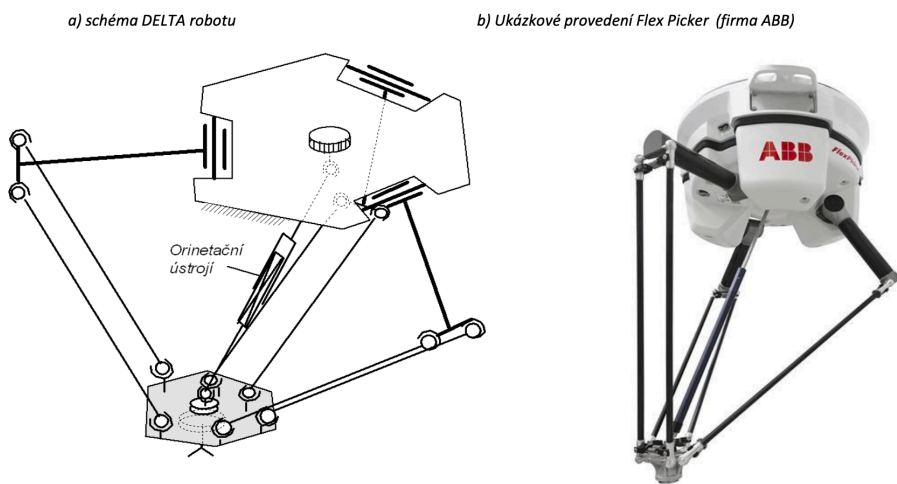
Delta roboty, typ paralelních robotů, jsou známé pro svou rychlost, přesnost a lehkou konstrukci. Konstrukce delta robotů je unikátní díky třem paralelním ramenům spojeným s trojúhelníkovou základnou, která je připojena k pevné platformě (obr. 7 a 8). Obvykle se jedná o translační jednotku připojenou pomocí sférického kloubu. Pohyb ramen je řízen lineárními akтуátory nebo motory, což umožňuje koncovému efektoru robota pohybovat se v kopulovitém pracovním prostoru. [2]





Obr. 7 Modifikovaná kloubová struktura polohovacího ústrojí [2]

Delta roboty jsou ideálními pro vysokorychlostní, vysokopřesné aplikace pro přesun a umístění lehkých předmětů. Jejich lehký design, minimální pohyblivé části a paralelní kinematika jsou cenným nástrojem v průmyslových odvětvích, jako je potravinářství a nápoje, farmaceutický průmysl a výroba elektroniky. [3]



Obr. 8 Schéma DELTA robotu a ukázka provedení Flex Picker firmou ABB [2]

## 2.2 Efekty

Efekty, často označované jako koncové členy robotu nebo nástroje, jsou klíčovou součástí robotických systémů. Jsou to zařízení nebo mechanismy na konci robotického ramene, které interagují s okolním prostředím a provádějí specifické úkoly. Efekty mohou být velmi různorodé a jejich výběr či konstrukce závisí na konkrétní aplikaci. [5]

### 2.2.1 Účel a rozdělení efektorů

Účelem efektoru je provádět požadovanou akci nebo úkol. To může zahrnovat činnosti jako manipulace s objekty, nebo technologické, kontrolní a speciální operace. Efektory pro průmyslové roboty lze rozdělit podle konstrukce na následující:

#### **Manipulační**

Manipulační (úchopné) hlavice jsou navrženy pro uchopení objektů s cílem provádět další manipulaci. Tyto hlavice jsou často specificky konstruovány a přizpůsobeny pro jednotlivé aplikace. Části hlavic, které přicházejí do kontaktu s přenášenými objekty, se označují jako „úchopné prvky“. Dle způsobu úchopné síly se dělí na mechanické, magnetické a podtlakové. Zároveň je lze rozčlenit na aktivní a pasivní. Aktivní úchopné prvky lze ovládat úchopnou silou, pasivní nikoliv. [1]

#### **Technologické**

Pro technologické operace jsou uzpůsobeny nástroje či přímo stroje, které jsou určeny pro danou technologii. Nejběžnějšími úkony prováděnými technologickými hlavicemi jsou svařování a aplikace ochranných materiálů a nátěrových hmot. [1]

#### **Kombinované**

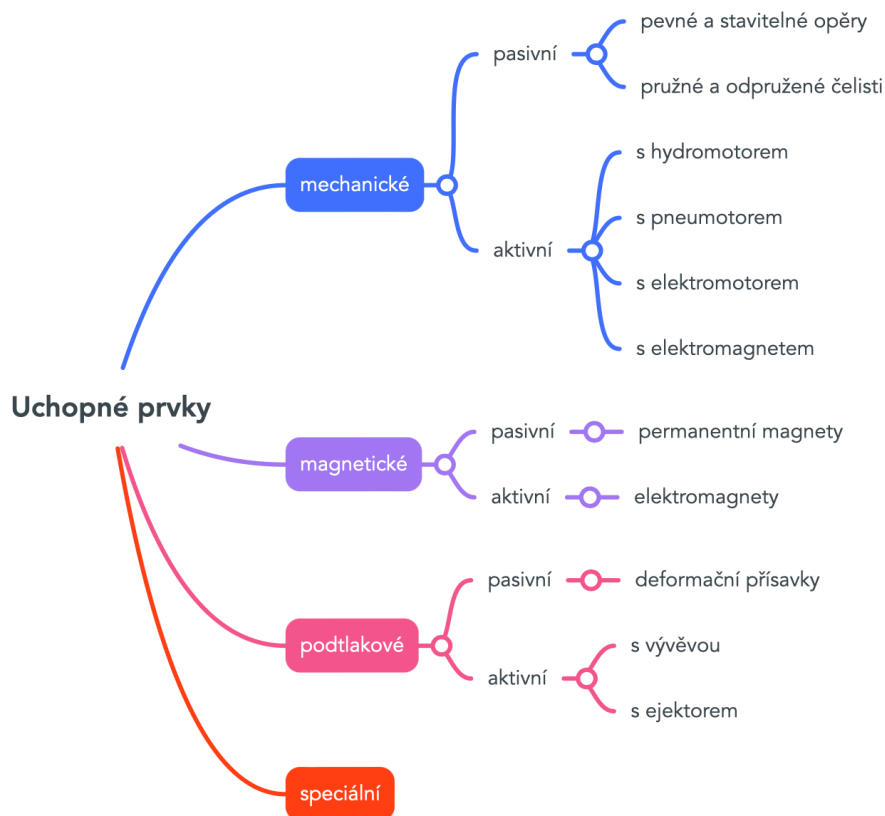
*„Kombinované hlavice jsou kombinací uchopovacího efektoru (chapidla) a technologické pracovní hlavice.“* [1]. Využívají se v mnoha strojírenských aplikacích, jako je třeba svařování, dělení, tvarování a lepení materiálů, ale i pro povrchové úpravy, kontrolu kvality a mnoho další. [5]

#### **Speciální**

Speciální efektory jsou ty, které nelze zařadit do již uvedených kategorií efektoru. Ve většině případů jsou vybaveny řadou senzorů, např. tlaková čidla. Využívají se v aplikacích, kde je zapotřebí manipulace s křehkými a jemnými předměty. [1]

### 2.2.2 Rozdělení manipulačních efektorů

Z předchozího popisu manipulačních efektorů lze jejich úchopné prvky rozdělit podle způsobu uchycení následovně [1]:



Obr. 9 Dělení úchopných prvků [Zdroj: vlastní]

## 2.3 Výběrová a konstrukční kritéria

V této kapitole jsou zkoumány tři klíčové aspekty, které jsou zásadní při rozhodování výběru manipulátoru a konstrukci efektoru [6].

### 1. Technické aspekty

- Účel použití: Zařízení by mělo být schopné splnit požadované úkoly, což může zahrnovat manipulaci s objekty, montáž, lakování, svařování a další aplikace.
- Pracovní prostor: Robot musí být schopný pracovat v prostoru, který je pro něj určen, což zahrnuje dosah, orientaci a polohu v prostoru.
- Nosnost: Zařízení musí být schopné manipulovat s objekty o určité hmotnosti. Nosnost je důležitým faktorem, který ovlivňuje konstrukci a výběr efektoru i manipulátoru.
- Přesnost, rychlost a opakovatelnost: Úkoly musí být schopné provádět s požadovanou přesností a rychlostí. Opakovatelnost je klíčová pro úkoly, které vyžadují konzistentní výkon.
- Pracovní podmínky: Efektor musí být odolný pracovním podmínkám, jako je třeba teplota, abrazivní prostředí, vibrace či jiné další vlivy.

### 2. Ekonomické a provozní aspekty

- Dostupnost, cena, integrace, rozšiřitelnost a udržitelnost: Zařízení musí být dostupné, cenově dostupné a musí být možné jej integrovat do stávajícího systému. Rozšiřitelnost a udržitelnost jsou také důležité faktory, které je třeba zvážit.

### 3. Bezpečnost a ergonomie

- Bezpečnostní požadavky a normy: Zařízení musí splňovat všechny relevantní bezpečnostní požadavky a normy, což zahrnuje ochranu proti poranění uživatelů a minimalizaci rizika poškození objektů, se kterými manipuluje.

- Ergonomie pracovního prostředí: Musí být navrženo tak, aby bylo pohodlné a snadno ovladatelné pro uživatele, což zahrnuje ergonomický design, snadnou manipulaci a minimální fyzickou námahu.

Tyto faktory tvoří základní rámec pro výběr a konstrukci manipulátoru efektozem. Výběr manipulátoru a konstrukce efektozu je komplexní úkol, který vyžaduje pečlivé zvážení mnoha aspektů a může vyžadovat kompromisy mezi různými aspekty. [6]

## 2.4 Bezpečnost pracoviště

Bezpečnost na pracovišti s robotickým manipulátorem je důležitá pro zajištění ochrany zaměstnanců před potenciálními nebezpečnými riziky. Manipulátory mohou představovat potenciální nebezpečí pro zaměstnance, proto musí dodržovat stanovené příslušné normy a předpisy platné v evropské unii. Správné dodržování bezpečnostních opatření je klíčové pro minimalizaci rizik a zajištění bezpečného prostředí pro všechny zaměstnance. [1]

### 2.4.1 Základní bezpečnostní normy a předpisy

V České republice je bezpečnost pracoviště s robotickými manipulátory upravena několika základními bezpečnostními normami a předpisy. Ty nejdůležitější jsou ČSN ISO 10218-1 a 10218-2, které se zabývají bezpečností robotických systémů. Dalším důležitým dokumentem je ČSN EN ISO 13849-1, který stanovuje požadavky na funkční bezpečnost řídicích systémů při jejich použití s roboty. V neposlední řadě je třeba zmínit také zákon č. 309/2006 Sb., o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci, který specifikuje bezpečnost práce v České republice a platí i pro práci s robotickými manipulátory. Tyto normy a předpisy jsou základem pro zajištění důkladného dodržování bezpečnostních opatření při práci s robotickými manipulátory a slouží k minimalizaci rizik pro zaměstnance a pracovní prostředí. [1]

#### Význam zmíněných norem:

- Norma „ČSN ISO 10218-1:2012 Roboty a robotická zařízení – Požadavky na bezpečnost průmyslových robotů – Část 1: Roboty“ popisuje požadavky a směrnice pro bezpečnou konstrukci, ochranná opatření a použití průmyslových robotů. [7]
- Norma „ČSN ISO 10218-2:2011 Roboty a robotická zařízení – Požadavky na bezpečnost průmyslových robotů – Část 2: Systémy robotů a integrace“ popisuje dále podrobněji bezpečnostní požadavky pro integraci průmyslových robotů a průmyslových systémů robotů. Zabývá se konstrukcí, výrobou, instalací, provozem, údržbou a vyřazením z provozu robotického systému. [8]
- Norma „ČSN EN ISO 13849-1:2008 Bezpečnost strojních zařízení – Bezpečnostní části ovládacích systémů – Část 1: Obecné zásady pro konstrukci“ popisuje bezpečnostní požadavky a pokyny o zásadách návrhu a integrace bezpečnostních částí ovládacích systémů. [9]

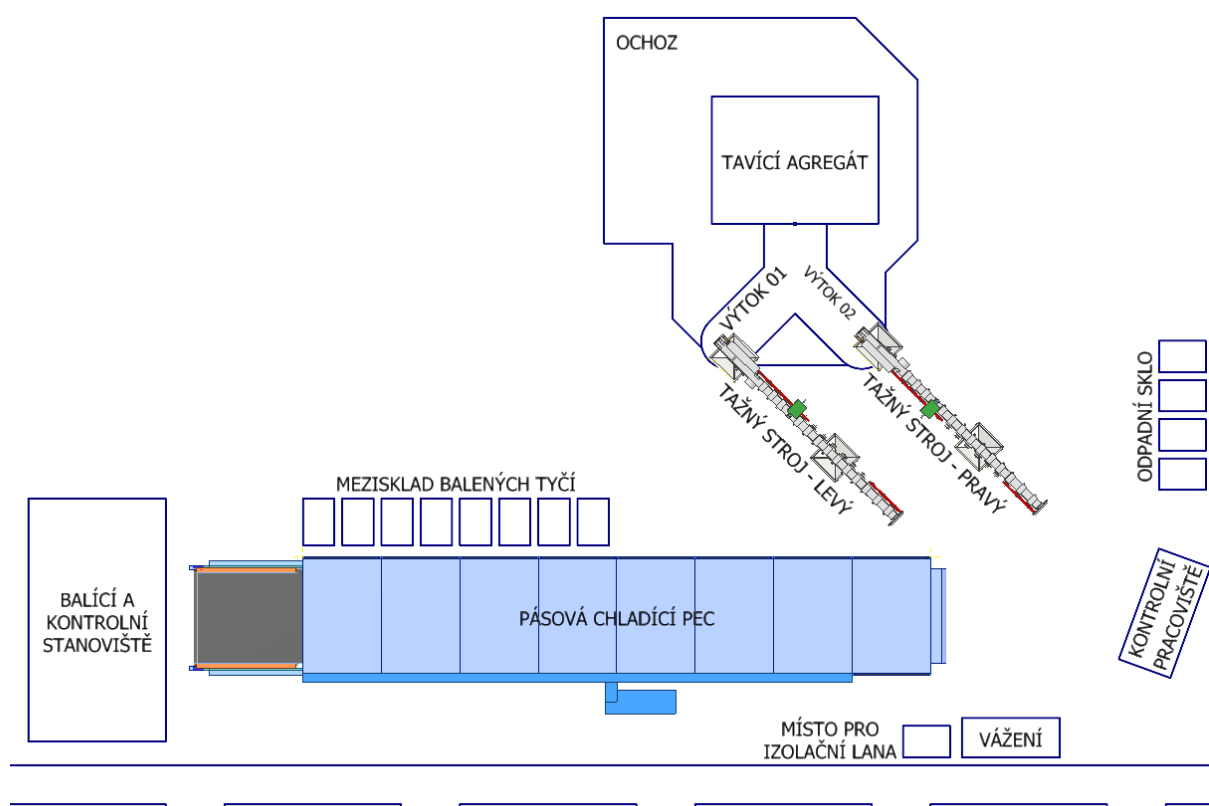
### 2.4.2 Analýza rizik a metody jejich minimalizace

Identifikace a snižování rizik jsou důležité při zajišťování bezpečnosti pracoviště s robotickými manipulátory. Pro identifikaci rizik včas je nutné provést důkladnou analýzu celého pracoviště a procesů, které se na něm provádějí. Důležité je zohlednit jak možné nebezpečí pracovníků, tak i potenciální škody, které by mohly vzniknout. Snižování rizik je potom prováděno implementací odpovídajících bezpečnostních opatření. To může zahrnovat například upravování konstrukce pracoviště, použití bezpečnostních zařízení a ochranných bariér, školení

zaměstnanců a dodržování bezpečnostních postupů. Poté je nutné pravidelně monitorovat a aktualizovat bezpečnostní opatření v závislosti na nových zjištěních a vývoji technologie. [1]

### 3 Analýza stávajícího pracoviště

Stávající pracoviště, které je předmětem této práce, je výrobní linka pro zpracování skleněných tyčí (obr. č. 10). Tato linka zahrnuje několik klíčových procesů, včetně tavení skla v tavicím agregátu, tažení skleněných tyčí a jejich dělení na určenou délku na tažném stroji, vážení tyčí, přesunu do temperovací pásové pece, kontroly kvality a balení. Pracoviště má dále vyhrazené místo, kde se dočasně skladují balené tyče a odpadní sklo. Přesto se tato bakalářská práce soustředí specificky na návrh manipulace skleněných tyčí od tažného stroje do temperovací pásové pece.



Obr. 10 Stávající pracoviště [Zdroj: vlastní]

#### 3.1 Popis stávajícího pracoviště a procesů

V následujících podkapitolách jsou popsány zařízení a procesy, které probíhají na stávajícím pracovišti.

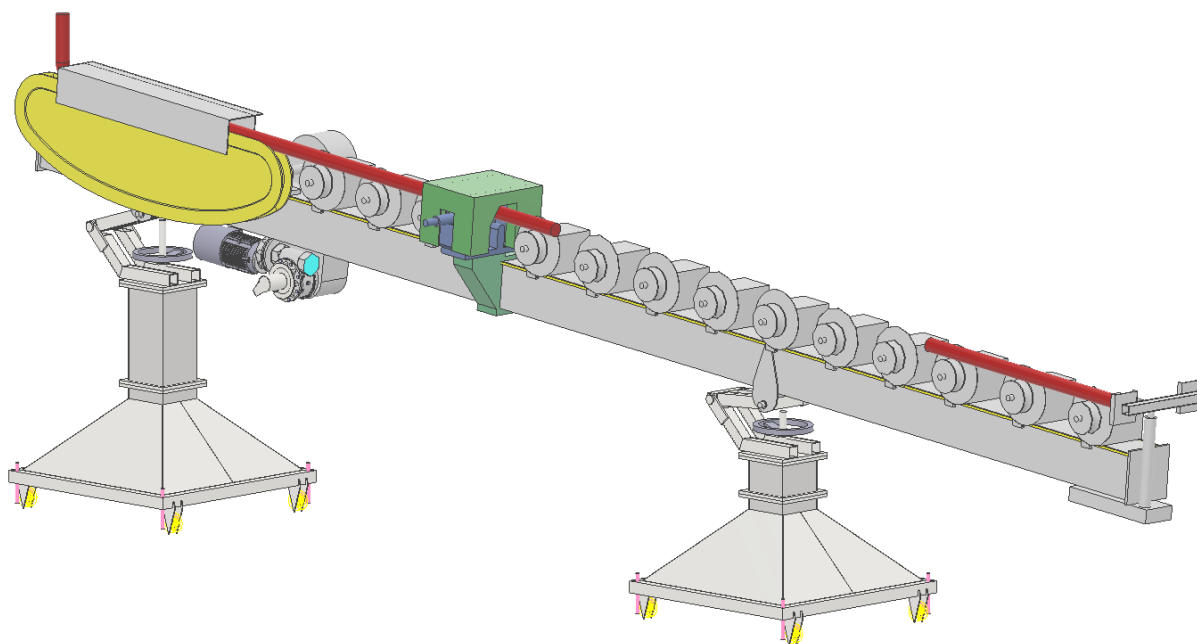
##### 3.1.1 Tažný stroj

Pracoviště disponuje dvěma tažnými stroji, které transformují tavené sklo na skleněné tyče s předem definovaným profilem (obr. 11). Oba jsou identicky konstruovány, avšak zrcadlově, a jsou nově navrženy a připraveny pro budoucí pracoviště s robotickým manipulátorem. Z tohoto důvodu bylo nezbytné je vybavit řadou senzorů a mechanismů, které automatizují

sekání tyčí na požadovanou délku a monitorují, zda je tyč připravená k odběru v koncové části tažného stroje. Tažný stroj je postaven na pojízdných platformách, které umožňují nastavení výšky a sklonu. Díky tomu lze tažný stroj flexibilně umístit dle potřeb.

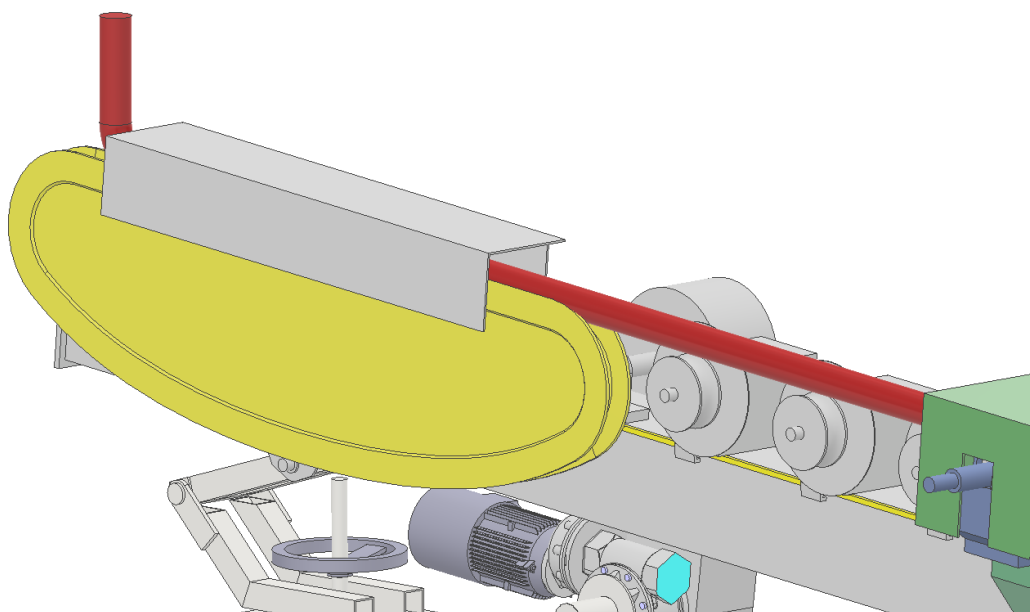
V době psaní bakalářská práce jsou tažné stroje již využívány v provozu. Aktuálně probíhá testování, zda v důsledku přítomnosti vysoké teploty od taveného skla např. nedochází k přehřívání z některých mechanismů, jako je převodovka tvarovacího pásu a pneumatické ovládání sekacího mechanismu, nebo k rychlému opotřebování pohybových částí.

Protože se stále jedná o prototyp, není možné z firemních důvodů, know-how, poskytnout kompletní charakteristiku a rozbor detailů tažného stroje.



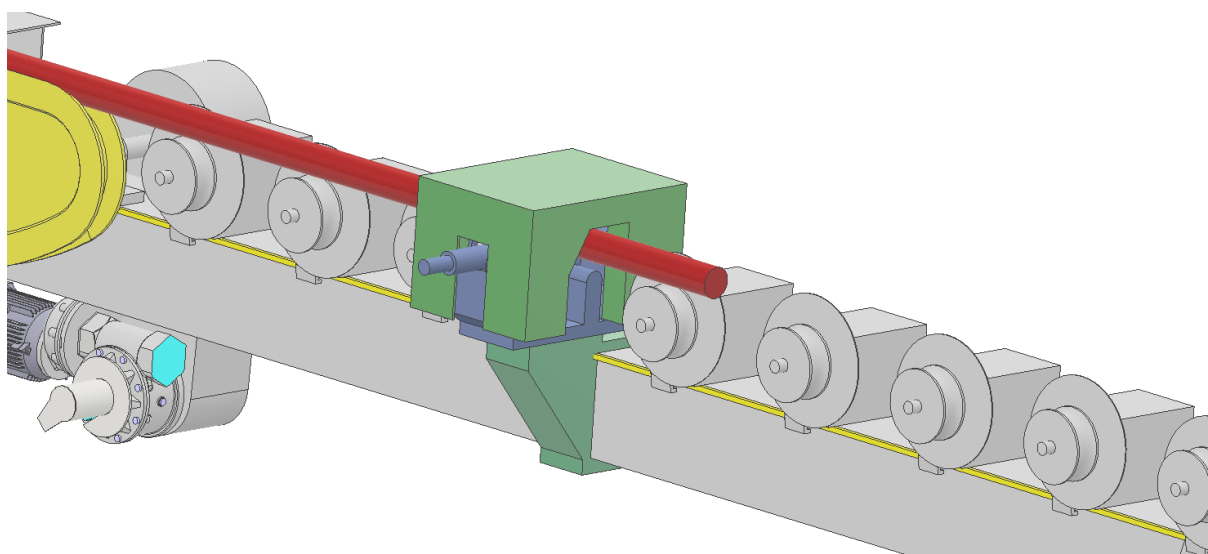
Obr. 11 Tažný stroj [Zdroj: Preciosa Ornela a.s.]

Na počátku tažného stroje, přímo u výtoku skla z pece, se nachází tvarovací pás (obr. 12). Tento pás odtahuje a formuje tavené sklo do požadovaného profilu. Pás se skládá z jednotlivých článků, které jsou ve tvaru U, které odpovídají negativu skleněné tyče. Tato část tažného stroje zabírá první metr a půl od místa výtoku. Tvarovací pás se mění v závislosti na aktuálních potřebách a stavu zásob. Standardně probíhá výměna tvarovacího pásu každý měsíc, ale tento interval se může měnit podle potřeb. Je možné přizpůsobit výrobu tak, aby byl vyráběn buď jeden, nebo dva typy tyčí najednou.



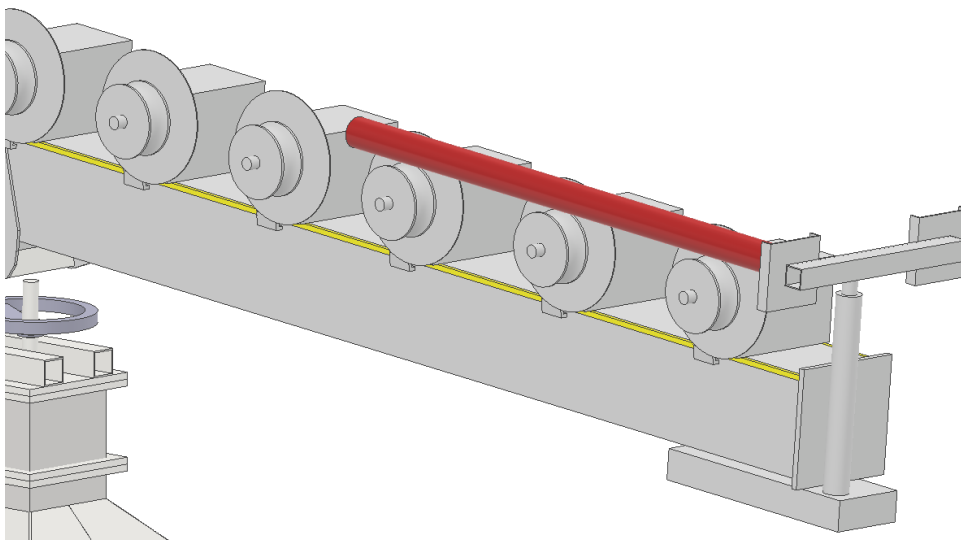
Obr. 12 Tvarovací pás [Zdroj: Preciosa Ornela a.s.]

Následně se tavenina odvaluje po rolnách vzdálených metr a půl, až k zařízení nazývanému „sekačka“ (obr. 13.). Hlavním úkolem tohoto mechanismu je oddělovat skleněnou taveninu na požadovanou délku. Z bezpečnostních důvodů je sekací mechanismus zakrytován.



Obr. 13 Sekací mechanismus [Zdroj: Preciosa Ornela a.s.]

Vzhledem k tomu, že tažný stroj je nakloněn pod určitým úhlem, useknutá skleněná tyč se přemístí zbývající tři metry po rolnách na odběrné místo. Aby se předešlo tvrdému nárazu a následnému rozbití tyče, je na konci připraven doraz, který náraz tyče utlumí. Současně je zde umístěn senzor, který signalizuje, zda je tyč připravena k odběru (obr. 14).



Obr. 14 Tyč na odběrném místě [Zdroj: Preciosa Ornela a.s.]

Rolny, umístěné na tažném stroji, nejsou pevně připojeny k hlavní konstrukci. Tudiž je možno je umístit flexibilně dle potřeb, což zajišťuje, že se skleněná tyč plynule odvaluje po rolnách a nedojde k havárii.

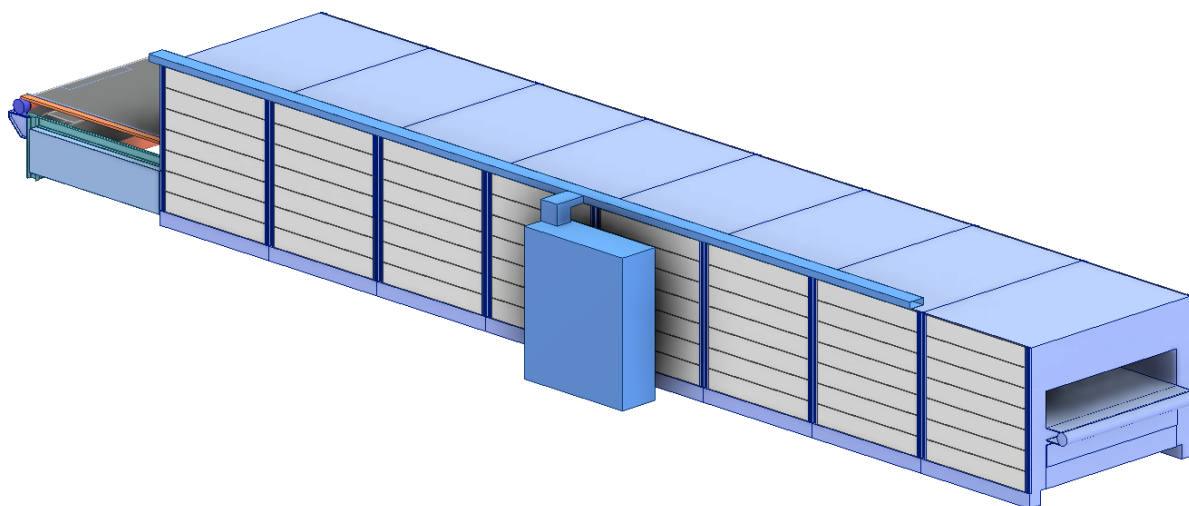
### 3.1.2 Předběžná kontrola a vážení

Z tažného stroje, kde je skleněná tyč připravena k odběru, pracovník přenáší tyče pomocí dřevěných přípravků přímo do pásové temperovací pece. Z kvalitativních důvodů se vždy kontroluje  $n$ -tá tyč. Jedná se však pouze o předběžnou kontrolu, která se provádí na kontrolním stanovišti, kde se tyč umístí do kontrolního místa a prosvítí se osa tyče, aby se zjistilo, zda se neobjevují různé vady. Následně se kontrolovaná tyč zváží a hodnota se zaznamená do výrobního protokolu. Váženým  $n$ -té tyče se sleduje stálost výtoku skleněné taveniny z tavicího agregátu. Poté pokračuje do temperovací pece.

### 3.1.3 Pásová temperovací pec

Před umístěním tyčí na pás, se na dopravník pokládají textilní izolační lana, které chrání tyče před přímým kontaktem s kovovým drátěným dopravníkem. Předchází se tak poškození povrchu tyčí, ale zároveň lana eliminují teplotní rozdíl mezi dopravníkem a skleněnou tyčí na vstupu do pece. Temperování je klíčový proces pro zachování kvality skleněných tyčí. Řízené ovládání teploty zabraňuje vzniku vnitřních napětí ve skle, které by mohly vést k prasknutí. Na vstupu skleněnou tyč přehřeje na požadovanou teplotu a postupem pásové pece se teplota skla řízeně snižuje, dokud nedosáhne teploty, která se přibližuje okolnímu prostředí, aby bylo možné s tyčí manipulovat v ochranných pomůckách. Pásová temperovací pec je znázorněna na obr. 15.





Obr. 15 Pásová temperovací pec [Zdroj: Preciosa Ornela a.s.]

### 3.1.4 Kontrola kvality a balení

Při výstupu z temperovací pece každá tyč projde výstupní kontrolou, aby se zjistilo, zda neobsahuje povrchové nebo vnitřní vady a vyhovuje požadované kvalitě. Tato kontrola je prováděna pomocí speciálního zařízení, které skenuje každou tyč a detekuje jakékoli nesrovnalosti. Zařízení je v době psaní bakalářské práce ve vývoji a probíhá testování. Jakmile jsou tyče schváleny v procesu kontroly kvality, jsou ručně obaleny do ochranného materiálu, seskupeny do svazků a uloženy do přepravní bedny.

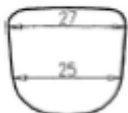
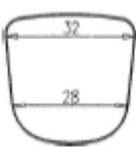
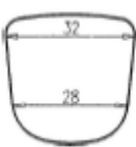
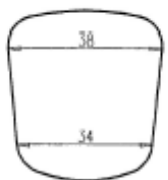

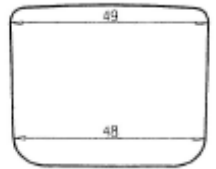
## 3.2 Střepy a NOK výrobky

Skleněné tyče, které neodpovídají požadované kvalitě, se označují jako NOK („not OK“) výrobky. Ty se následně pomocí drtiče rozemelou na tzv. „střepy“. Případně pokud tavící agregát neprodukuje požadovanou kvalita skla, skleněné tyče se z tažného stroje umísťují do kontejnerů, ve kterých se tyče prudce ochladí proudem vody. Střepy jsou následně využívány nejen ve firmě jako příměs pro přípravu sklářského kmene pro budoucí tavbu skla, ale i jiné různé aplikace.

### 3.3 Skleněné tyče

V následující tabulce 1 jsou znázorněny tvary průřezů, informativní rozměry, počty tyčí ve svazku a teoretická váha skleněných tyčí.

Tab. 1 Tvary průřezů, informativní rozměry, počty tyčí ve svazku a teoretická váha [10]

označení tyčí podle průřezu	průřez tyče ( mm )	výška tyče ( mm )	počet tyčí ve svazku ( 20 kg )	teoretická váha jedné tyče ( kg )
Mini tah EXTRATHIN V 28		22	15	1,33-1,37
Slabý tah V 28		23	14	1,43 - 1,46
		24	13	1,54 - 1,57
		25	12	1,67 - 1,70
Střední tah MEDIUM V 28		27	11	1,82 - 1,85
		30	10	2,00 - 2,05
		32	9	2,22 - 2,27
Silný tah THICK V35		27	8	2,50 - 2,55
		31	7	2,86 - 2,90
		35	6	3,33 - 3,40
Extrasilný tah EXTRA THICK V 42		37	5	4,00 - 4,10
		41	4,5	4,45 - 4,60
		46	4	5,00 - 5,10
		51	3,5	5,85 - 6,00
Super tah „50„		46 - 49	3	6,68 - 6,80
Délka L	1 120 ± 20 mm			
Prohnutí na L	12 mm			
Dovolený počet tyčí nestejně délky v jednom svazku (neplatí pro tyče expedované v bednách)	maximálně 4 ks při L 400 – 1 050 mm			

## 4 Návrh nového pracoviště

Část této bakalářské práce se věnuje návrhu nového pracoviště, které je klíčovým krokem pro zajištění efektivity a bezpečnosti výrobních procesů na pracovišti.

Je zahrnut detailní rozbor technických specifikací a požadavků, které jsou nezbytné pro optimalizaci pracovního prostředí. Dále se text věnuje rozboru aplikovatelných manipulátorů a vybrání ideální varianty, návrhu a konstrukčnímu řešení efektoru, a v neposlední řadě umístění vázicího zařízení a přídatného dopravníku se zásobníkem pro izolační lana. Robot musí harmonizovat s celkovým designem pracoviště a zároveň poskytovat potřebnou flexibilitu a výkon. Efektor musí být navržen tak, aby splňoval specifické požadavky na přesnost a spolehlivost.

### 4.1 Technické specifikace a požadavky nového pracoviště

Tato kapitola se zaměřuje na technické specifikace a požadavky, které nám stanoví hranice a možnosti, jak přistoupit k návrhu nového pracoviště. Je nezbytné otestovat možnosti, jak je možné polohovat tažné stroje, jaký je potenciální pracovní prostor manipulátoru a jaké klíčové funkce bude pracoviště vykonávat. Zde jsou uvedené hlavní operace manipulátoru s efektozem na pracovišti:

1. Manipulace skleněných tyčí z tažného stroje do pásové temperovací pece
2. Vážení skleněných tyčí
3. Pokládání izolačních lan na dopravník pásové temperovací pece

#### 4.1.1 Tažné stroje

S tažnými stroji lze libovolně dle potřeby manipulovat na pracovišti s jedinou podmínkou. Jejich začátek, tam kde se nachází tvarovací pás, musí být umístěn v místě výtoku. Tudiž je umožněno s tažnými stroji pootáčet po kružnici se středem ve výtoku taveného skla.

Na tažných strojích může probíhat výroba buď jednoho, nebo dvou typu skleněných tyčí zároveň. Je zapotřebí efektor navrhnout tak, aby byl schopný uchopit dva typy skleněných tyčí, aby zajistil flexibilitu pracoviště.

#### 4.1.2 Manipulace skleněných tyčí

První funkcí je manipulace skleněných tyčí z tažného stroje na dopravník pásové temperovací pece. Skleněné tyče na konci tažného stroje dosahují nejvyšší možné teploty přibližně 350 °C. Teplota se ale liší v závislosti na velikosti vyráběné tyče. Čím je tyč objemnější, vyrábí se na tažném stroji déle, tím má menší teplotu v odběrném místě.

#### 4.1.3 Vážení skleněných tyčí

Druhou funkcí je vážení skleněných tyčí. To bude provedeno pomocí separátního vázicího zařízení umístěné na pracovišti a v dosahu manipulátoru s efektozem. Robot n-tou skleněnou tyč odloží na váhu, kde se hmotnostní údaj zaznamená do systému, a poté výrobek přesune a odloží na dopravník pásové temperovací pece.

#### 4.1.4 Pokládání izolačních lan na dopravník temperovací pece

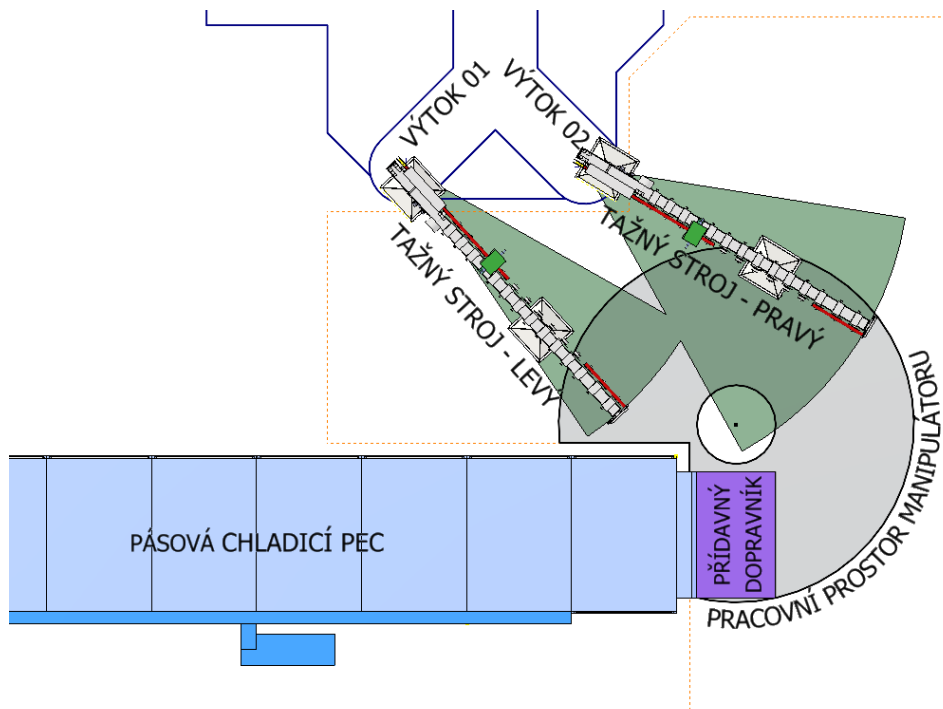
Třetí a poslední funkcí je pokládání izolačních lan na dopravník temperovací pece. Při pokládání izolačních lan je první limitací krátký vstup a pohyb dopravníku temperovací pece. Je nutné přidat rozšiřující/přídavný dopravník, aby manipulátor s efektozem měl větší plochu a jednodušší přístup pro pokládání izolačních lan.

Druhým omezením je manipulace s lany, která jsou relativně flexibilní a měkká, což může pro efektor představovat problém. Na rozdíl od tuhých objektů, které lze snadno uchopit a přesunout, lano může způsobit komplikace při jeho manipulaci a pokládání. Jednoduchým přidáním ocelového U profilu, ve kterém bude umístěno izolační lano, zjednoduší manipulaci pro efektor.

Třetí omezení představuje poloha lan. Na současném pracovišti jsou lana přenášena od výstupu temperovací pásové pece pracovníky koridorem u zdi a ukládána do přepravy. Pro nové pracoviště bude určeno nové konkrétní místo, kde se bude nacházet zásobník s nově navrženými izolačními lany. Zásobník a jeho umístění bude muset být navrženo tak, aby k němu byl umožněn přístup zaměstnanců, kteří ho budou doplňovat. Zásobník může být i součástí přídavného dopravníku.

#### 4.1.5 Předběžné rozložení nového pracoviště

Na následujícím obrázku (obr. 16) je znázorněn předběžné rozložení nového pracoviště. Čárkovanou oranžovou barvou je vyznačen pracovní prostor pro nové pracoviště. Tato zóna vymezuje možný maximální prostor pro návrh nového pracoviště. Zelenou barvou u tažných strojů je znázorněn prostor, ve kterém je možné stroje polohovat. Pomocí toho se zařízení mohou napolohovat tak, aby co nejlépe vyhovovali manipulátoru. Případně polohou tažných strojů zajistit co nejmenší pracovní prostor manipulátoru, ten je znázorněn světle šedou barvou s černým ohraničením a prolíná se s prostorem možných poloh tažných strojů a polohou přídavného dopravníku. Ovšem velikost pracovního prostoru se musela podřídít přídavnému dopravníku tak, aby manipulátor s efektozem dokázal obsluhovat celou plochu dopravníku, ten je označen fialovou barvou. Zároveň se nesmí opomenout na vážení a zásobníku pro izolační lana.



Obr. 16 Předběžné rozložení nového pracoviště [Zdroj: vlastní]

## 4.2 Výběr robotického manipulátoru

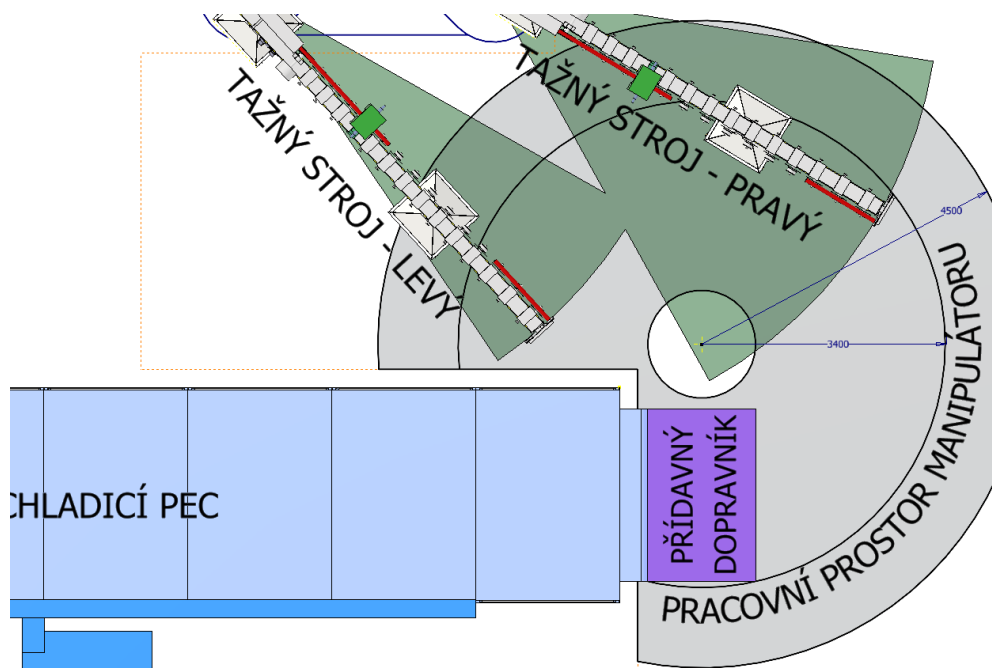
Tato kapitola se zaměřuje na výběr robotického manipulátoru. Nejdříve jsou stanovena kritéria, které je zapotřebí zvážit při výběru vhodného manipulátoru. Poté je provedena rešerše robotů od různých výrobců, které budou splňovat požadavky nového pracoviště. Následně je po rozhodovací analýze zvolen vhodný manipulátor, který bude nejvíce vhodný pro aplikaci na nové pracoviště.

### 4.2.1 Kritéria pro výběr vhodného manipulátoru

Pro výběr vhodného manipulátoru je zapotřebí zvážit tyto následující kritéria. Jedná o pracovní prostor, umístění a operativní hmotnost manipulátoru.

#### **Pracovní prostor manipulátoru:**

Na následujícím obrázku (obr. 17) je znázorněn minimální a potencionálně maximální pracovní prostor manipulátoru. Konkrétně v minimálním prostoru je zapotřebí robot s dosahem 3,4 metru, aby dokázal obsluhovat pracoviště bez omezení.



Obr. 17 Pracovní prostor manipulátoru [Zdroj: vlastní]

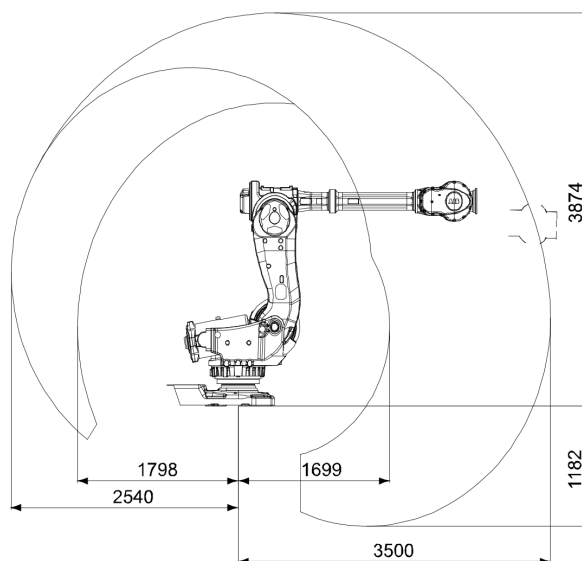
### Umístění robotického manipulátoru:

- Podlaha

Nejčastějším způsobem umístění robota je na úroveň podlahy. Zajišťuje větší stabilitu, přesné a bezpečné provádění úloh. Protože se jedná o velmi jednoduchý způsob umístění, je tato varianta nejvíce ekonomicky přívětivá.

- Vyvýšená platforma

Tato varianta spočívá v tom, že se robot umístí na vyvýšenou platformu. Vyvýšená platforma optimalizuje využití prostoru tím, že umožňuje manipulaci s předměty i pod úrovní manipulátoru. Dále se tak eliminují případné nerovnosti podlahy, které by v případě umístění manipulátoru na zem mohly požadovat stavební úpravy. Jak je vidět na příkladu pracovního prostoru robota od firmy ABB (obr. 18), angulární manipulátory dokážou operovat i pod svojí základnou.



Obr. 18 Pracovní prostor angulárního robota od firmy ABB [11]

- Strop/portál

Poslední možností je umístění robota tak, že bude zavěšen od stropu, tzn. hlavou dolů. Pracoviště se nachází v hale, ve které se možné prvky, jako jsou traverzy a o které by bylo možno manipulátor zavěsit, vyskytují až ve výšce 8 metrů od podlahy. Z tohoto důvodu by musel být navrhnut portál, ať už pojízdný, či pevný.

- Zhodnocení umístění manipulátoru

Nejdeálnějším umístěním robota je buď na zem, nebo vyvýšená platforma, z již zmíněných důvodů. Varianta umístění robota na strop/portál je nejméně výhodná ze všech uvedených. Po konzultaci s technologií Preciosa Ornela a.s. tato varianta nejenže by pravděpodobně překážela v manipulaci s tažnými stroji, ale je ze všech zmíněných konstrukčně nejsložitější, a také pravděpodobně ekonomicky nejnáročnější. Manipulace s tažnými stroji se provádí v případech, pokud je zapotřebí vyrábět jiný typ skleněných tyčí, seřízení sekacího mechanismu nebo nastavení úhlu tažného stroje.

#### Zatížení:

Je zapotřebí při výběru robota brát v potaz hmotnost, se kterou dokáže operovat. Nejtěžší skleněná tyč, se kterou manipuluje, má hmotnost 6,68-6,80 kg. Izolační lano má měrnou hmotnost 0,6 kg/m. Každopádně nesmí být opomenuta i váha efektoru, která v tomto případě bude pravděpodobně hrát větší roli, než u skleněných tyčí.

## 4.2.2 Aplikovatelné manipulátory

V této kapitole je provedena rešerše trhu s aplikovatelnými manipulátory. Výběr je zaměřen na výrobce ABB, KUKA a Yaskawa, kteří byli zvoleni z důvodu pozitivního působení na mezinárodním trhu. Při výběru aplikovatelných robotů pro nové pracoviště jsou brána v potaz kritéria, jako je velikost pracovního prostoru a zatížení robota.

#### Seznam aplikovatelných robotů ABB:

- Firma ABB nabízí ve svém sortimentu širokou škálu robotů pro různé aplikace. Zde v tabulce 2 jsou uvedené 6.osé manipulátory, které by se hodily pro aplikaci této baka-lářské práce.

Tab. 2 Přehled 6.osých manipulátorů firmy ABB [12]

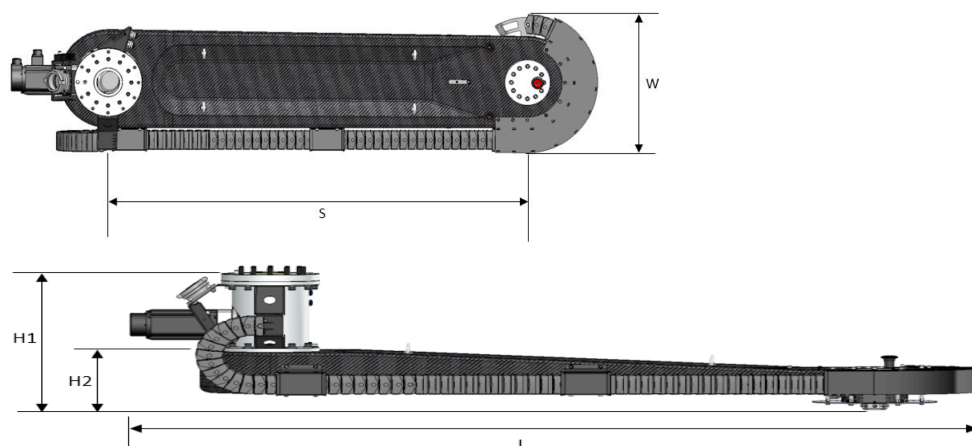
Označení/typ	Dosah [m]	Zatížení [kg]
<b>IRB 7600</b>	3,50	150
<b>IRB 6650S</b>	3,90	90
	3,50	125
<b>IRB 8700</b>	3,50	800
	4,20	550

- Další možností od firmy ABB je použití 7.osých manipulátorů. Jejich základem je 6.osé rameno, které je rozšířeno o lineární, nebo rotační modul. Vybrané typy jsou uvedené v tabulce 3. Nachází se zde výjimka, robot s označením IRB 760FX. Jedná se o 4.osý manipulátor rozšířen o 5.osu pomocí modulu s lineárním posuvem.

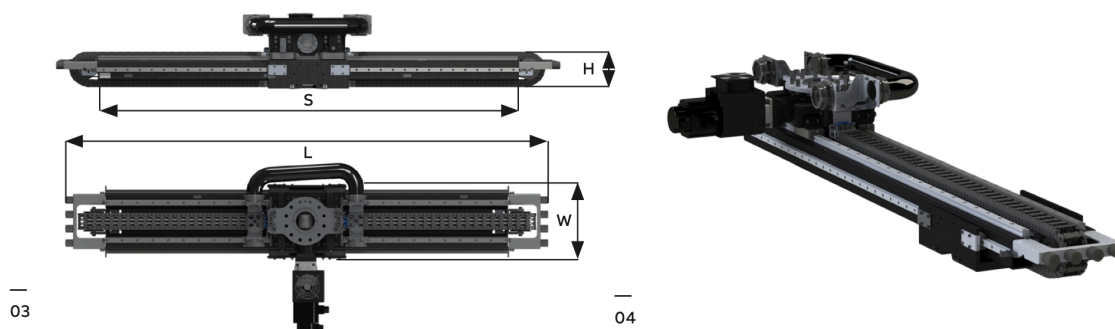
Tab. 3 Přehled 7.osých manipulátorů firmy ABB [12]

Označení/typ	Dosah [m]	Zatížení [kg]	Typ modulu
IRB 6660RX	3,10+1,45	70	rotační
IRB 7600RX	3,50+1,45	80	rotační
IRB 7600FX	3,20+1,65	100	lineární
IRB 760FX	3,20+1,65	100	lineární

- Rotační (obr. 19), nebo lineární (obr. 14) moduly rozšiřují pracovní prostor manipulátoru. Firma ABB je případně rovnou nabízí ve vybraných konfiguracích s robotem.



Obr. 19 Rotační modul [13]



Obr. 20 Lineární modul [14]



### Seznam aplikovatelných robotů KUKA:

Další možností jsou 6.osé manipulátory od firmy KUKA, která nabízí široké portfolio robotů, které jsou vhodné pro nové pracoviště. Zde v tabulce 4 jsou uvedené vhodné manipulátory.

Tab. 4 Přehled 6.osých manipulátorů firmy KUKA [15]

Označení/typ	Dosah [mm]	Zatížení [kg]
<b>KR QUANTEC</b>	2671-3904 mm	120-300 kg
<b>KR 360 FORTEC</b>	2826-3326 mm	240-360 kg
<b>KR FORTEC</b>	2800-3750 mm	240-500 kg
<b>KR 500 FORTEC</b>	2485-3326 mm	340-500 kg
<b>KR 700 PA</b>	3320 mm	700 kg
<b>KR FORTEC ultra</b>	2800-3700 mm	480-800 kg
<b>KR 1000 titan</b>	3202-3601 mm	760-1300 kg

### Seznam aplikovatelných robotů Yaskawa:

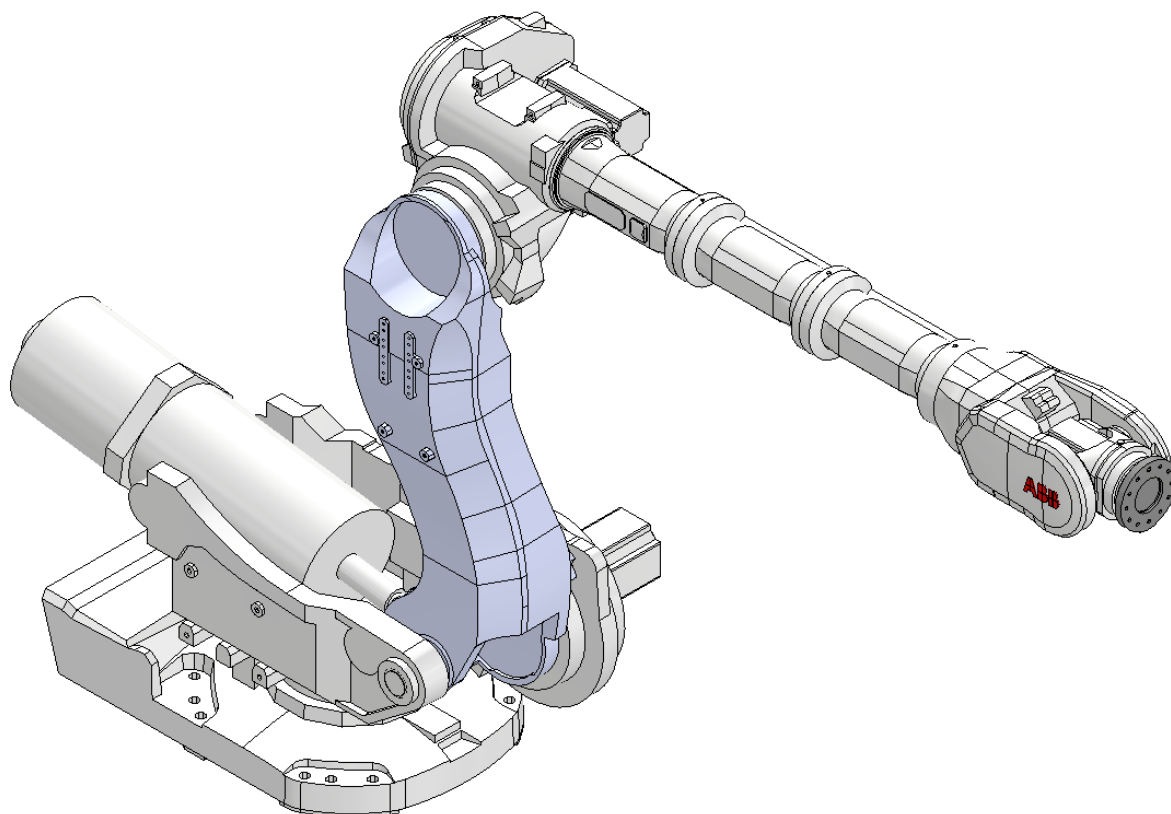
Poslední možností jsou 6.osé manipulátory od firmy Yaskawa. Zde v tabulce 5 jsou uvedené vhodné manipulátory.

Tab. 5 Přehled 6.osých manipulátorů firmy Yaskawa [16]

Označení/typ	Dosah [mm]	Hmotnost [kg]
<b>GP120RL</b>	4004	120
<b>GP4004R</b>	3518	400
<b>GP4004R-A10</b>	3518	400

### 4.2.3 Vybraný manipulátor IRB6650S – 90/3.9

Po důkladné analýze různých robotických systémů byl vybrán robot IRB6650S – 90/3.9 (obr. 21). Jedná se o 6.osý manipulátor od firmy ABB. Manipulátor nejlépe vyhovuje požadavkům pro návrh nového pracoviště. Tento robot byl zvolen na základě optimální velikosti, dosahu a pracovního prostoru, který je ideální pro obsluhu těžných strojů, manipulaci skleněných tyčí a dosáhne do prostoru před pásovou temperovací pecí. Naopak, ostatní roboty, který nebyli vybráni, nebyly vybráni, byly shledáni jako nevhodní kvůli své nadměrné velikosti, příliš velkému pracovnímu dosahu nebo zbytečně vysoké manipulační hmotnosti.



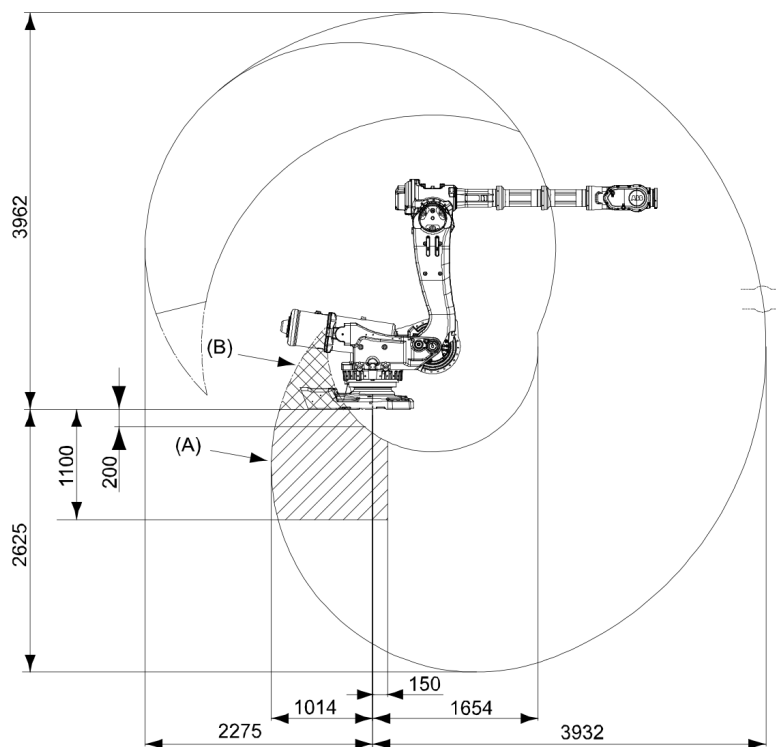
Obr. 21 Robot IRB6650S-90/3.9 [17]

V následující tabulce 6 jsou uvedené specifikace vybraného manipulátoru:

Tab. 6 Specifikace vybraného manipulátoru [17]

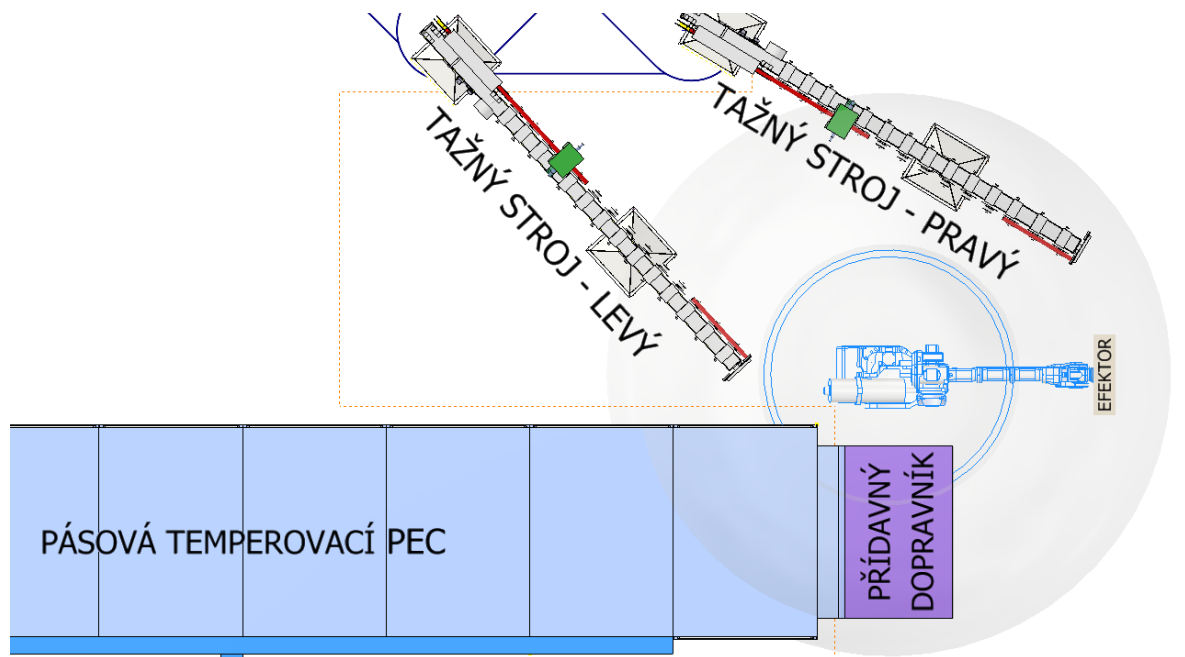
Označení/typ	IRB6650S – 90/3.9
Dosah [m]	3,9
Zatížení [kg]	90
Průměr základny [mm]	1626
Stupeň ochrany [-]	IP67
Počet os [-]	6

Na následujícím obrázku (obr. 28) jsou znázorněny rozměry pracovního prostoru vybraného manipulátoru.



Obr. 22 Rozměry pracovního prostoru vybraného manipulátoru IRB 6650S – 90/3.9 [17]

Na dalším obrázku (obr. 23) je robot umístěn na pracoviště. Jak lze vidět, jeho pracovní prostor je vyhovující.



Obr. 23 Pracoviště s umístěným robotem IRB 6650S – 90/3.9 [Zdroj: vlastní]

## 4.3 Návrh konstrukce efektoru

Hlavním úkolem efektoru je manipulace skleněných tyčí z tažného stroje do pásové temperovací pece. Efektor bude obsluhovat dva tažné stroje, na nichž bude připravená k odběru skleněná tyč. Nejprve si efektor musí připravit izolační lana ze zásobníku na přídatný dopravník a poté se přesune k jednomu z tažných strojů a uchopí tyč. V mezikroku se tyč zváží a zaznamená její hmotnost do systému. Následně položí skleněnou tyč na izolační lana a tyče pokračují do temperovací pece.

### 4.3.1 Kritéria pro konstrukci efektoru

V následujícím textu jsou napsány kritéria, které je zapotřebí dodržet a zohlednit při návrhu konstrukce efektoru. Kritérii jsou hlavně poloha, délka a hmotnost objektů, se kterými efektor manipuluje.

#### **Skleněná tyč:**

- Skleněná tyč je dlouhá 1120 mm a nejtěžší vyráběný typ váží 6,68-6,80 kg. Je zapotřebí ji uchopit na dvou místech, aby byla zajištěna stabilita při manipulaci. Tyč je možné na tažném stroji uchopit ze strany a z vrchu. Skleněná tyč musí být vkládána co nejbližší ke vstupu pásové temperovací pece. Při návrhu konstrukce efektoru musí být brán ohled na všechny rozměrové typy skleněných tyčí. Dalším požadavkem, jak již bylo zmíněno, efektor musí být schopný obsluhovat dva tažné stroje i za situace, kdy se vyrábí dva různé typy skleněných tyčí.

#### **Izolační lana:**

- Izolační lana s U profilem jsou navržena o délce 1500 mm a dohromady váží, cca 1,212 kg. Bude se předpokládat, že váží 1,5 kg. Ty je třeba též uchopit na dvou místech kvůli lepší stabilitě při manipulaci. Izolační lana je možné uchopit pouze shora.

#### **Manipulátor:**

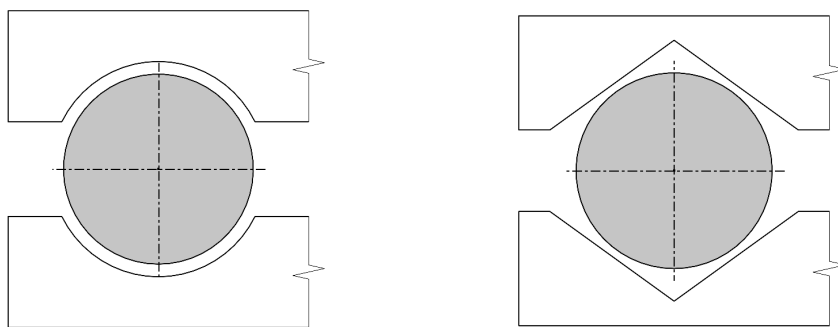
- Efektor musí být navržen tak, aby bylo možné ho upevnit k manipulátoru. Zohlednit parametry manipulátoru, jako jsou pracovní hmotnost (90 kg) a dosah (3,9 m), aby s efektořem dosáhl na všechny důležité místa (tažný stroj, přídatný dopravník se zásobníkem).

### 4.3.2 Způsoby uchopení skleněné tyče a izolačního lana

V této kapitole jsou zobrazeny možné způsoby uchycení skleněných tyčí a izolačních lan v U profilech. Skleněné tyče jsou pro názornost zjednodušeny, mají kruhový tvar.

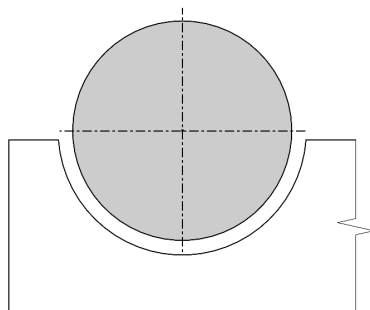
#### **Skleněná tyč:**

- Uchycení z obou stran: V první variantě (obr. 24) může být skleněná tyč uchycena efektořem z obou stran. Dále v textu označováno jako varianta uchycení „čelist“. To umožňuje efektořem uchopení skleněné tyče z horní části, nebo ze strany.



Obr. 24 Uchycení skleněné tyče efektozem z obou stran [Zdroj: vlastní]

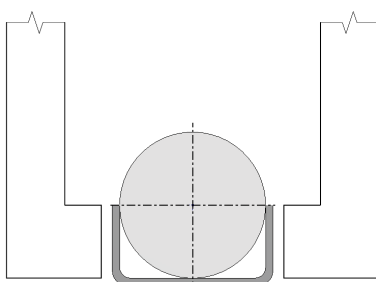
- Podpěra ze spodu: V druhé variantě (obr. 25) je skleněná tyč podepřena pouze ve spodní části, což umožňuje efektozu uchopit skleněnou tyč výhradně ze strany/spod. Dále v textu označováno jako varianta uchycení „lůžko“.



Obr. 25 Uchycení skleněné tyče efektozem ze strany/spod [Zdroj: vlastní]

#### Izolační lano:

- Pro uchopení izolačního lana se nabízí pouze jedna varianta. Jedná se o uchycení do čelistí (obr. 26).



Obr. 26 Uchycení izolačního lana do čelistí [Zdroj: vlastní]

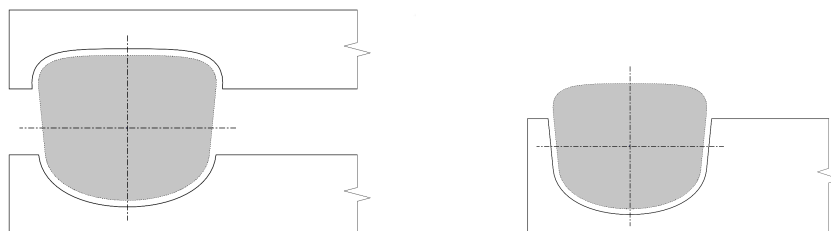
### 4.3.3 Varianty úchopných prvků pro skleněné tyče

V této kapitole jsou rozepsány a znázorněny možnosti, jak je možné konstruovat úchopné prvky. Konstrukčně jsou možné tři varianty:

#### Jednoduchá varianta:

- Pro každý typ tyče bude existovat speciálně navržený uchopovací prvek, který zajistí pevné a přesné uchopení. Tvar uchopovacích prvků bude odpovídat negativu vyráběné

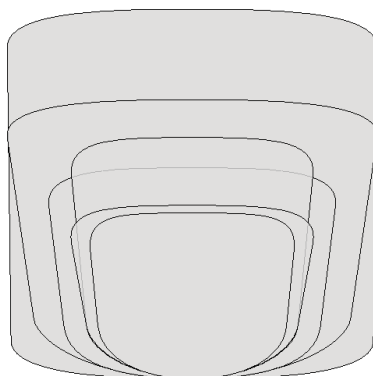
skleněné tyče (obr. 27). Tyto prvky budou muset být navíc konstruovány pro snadnou a rychlou výměnu, což umožní efektivní přizpůsobení se různým typům tyčí během výrobního procesu. Platí pro způsoby uchycení „čelist“ a „lůžko“.



Obr. 27 Jednoduché uchopení skleněné tyče do čelistí a lůžka [Zdroj: vlastní]

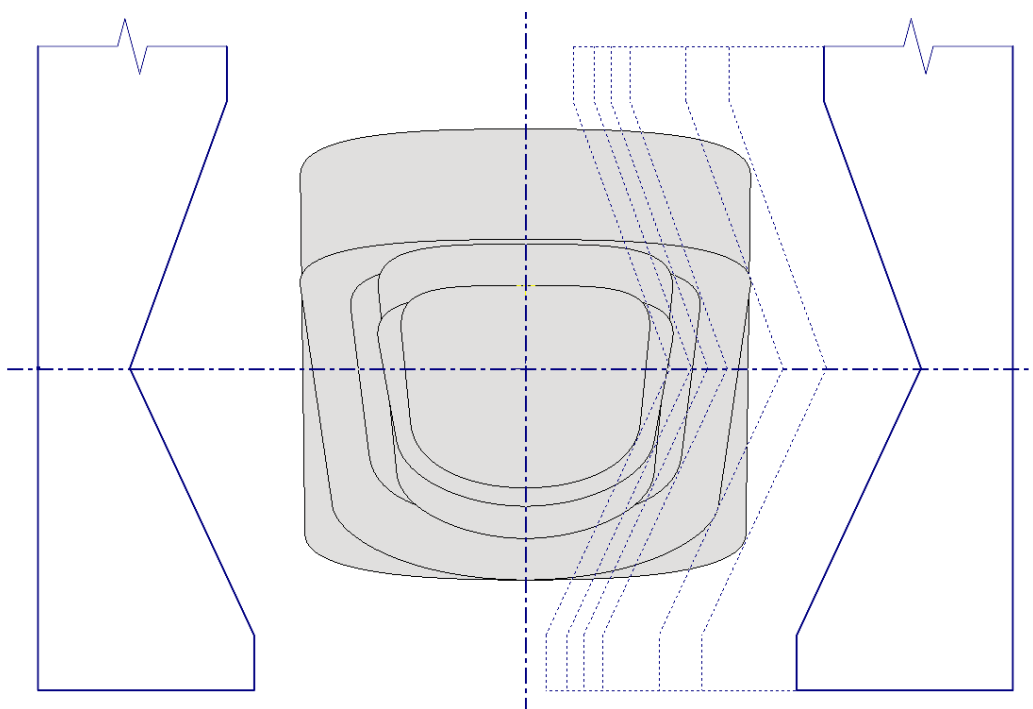
### Univerzální varianta:

- Navrhované řešení zahrnuje vývoj uchopovacího prvku, který bude schopen manipulovat se všemi typy skleněných tyčí. Na obrázku (obr. 28) jsou vidět průřezy všech tyčí současně a umístěné tak, jak se nachází na odběrném místě tažného stroje. Je třeba zvážit, zda je možné vytvořit univerzální uchopovací prvek, který by vyhovoval tomuto uspořádání. Pokud to není možné, skleněné tyče se přeorganizují tak, aby jejich umístění bylo optimální pro navržený univerzální uchopovací prvek. Ve výsledku se různorodé poloze tyčí přizpůsobí pozice manipulátoru s efektem pro odebrání skleněných tyčí.



Obr. 28 Průřezy skleněných tyčí [Zdroj: vlastní]

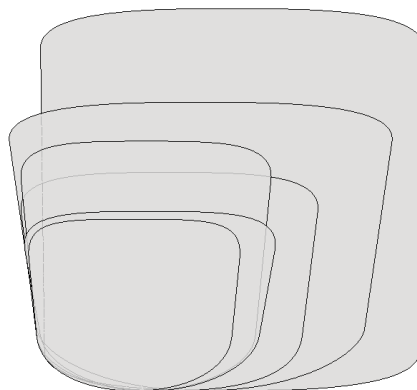
- Skleněné tyče musely být umístěny tak, aby perfektně byly uchopené čelistmi (obr. 29). Na obrázku jsou znázorněny čelisti v otevřené poloze. Následně čárkovanou čarou optimální pozice čelistí, aby došlo k uchopení všech typů skleněných tyčí. Zde se jedná o paralelní chapadlo.



Obr. 29 Schéma univerzální varianty uchopení skleněných tyčí [Zdroj: vlastní]

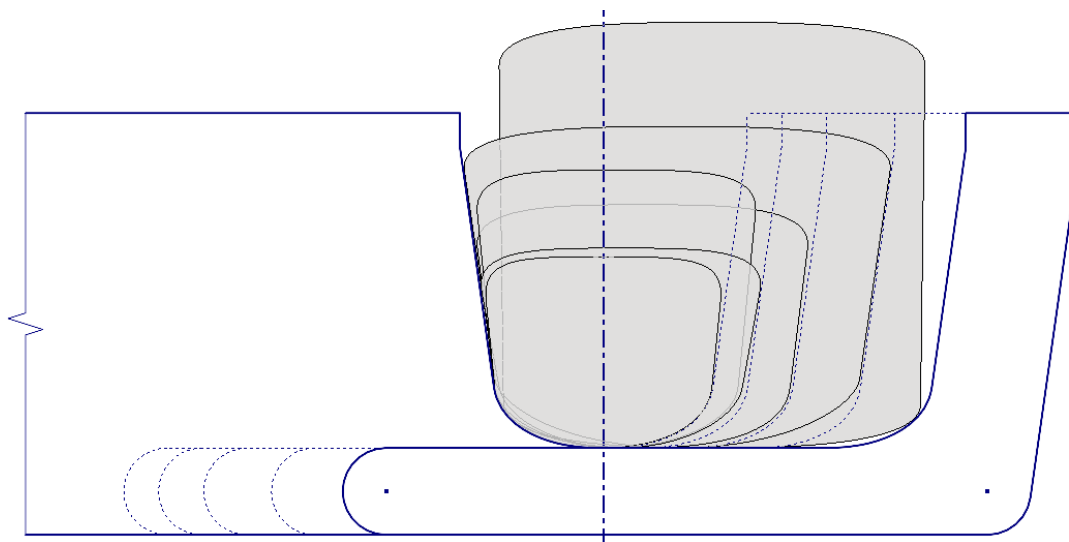
#### Stavitelná varianta:

- V této konfiguraci bude navržen uchopovací prvek tak, aby ho bylo možné vždy přizpůsobit danému typu vyráběné skleněné tyče. Uchopovací prvek se bude skládat z více elementů, pevného a stavitelného. Pohyblivá část se vždy přizpůsobí typu vyráběné skleněné tyče.
- Je nutné nejdříve analyzovat, zda je tento přístup proveditelný. Všechny typy skleněných tyčí byly uspořádány tak, aby vytvořily část tvaru pevného uchopovacího prvku (obr 30).



Obr. 30 Uspořádání skleněných tyčí pro stavitelnou variantu [Zdroj: vlastní]

- Tvar uchopovacího prvku je přizpůsoben tak, aby vyhovoval všem typům skleněných tyčí. Na obrázku (obr. 31) je také vidět, že největší typ tyče, označovaný jako “super tah”, možná nebude možné uchopit pevně. Čárkovanou čarou jsou znázorněny polohy pro ostatní typy skleněných tyčí.



Obr. 31 Schéma stavitelné varianty pro uchycení všech typů skleněných tyčí [Zdroj: vlastní]

### Vhodná varianta:

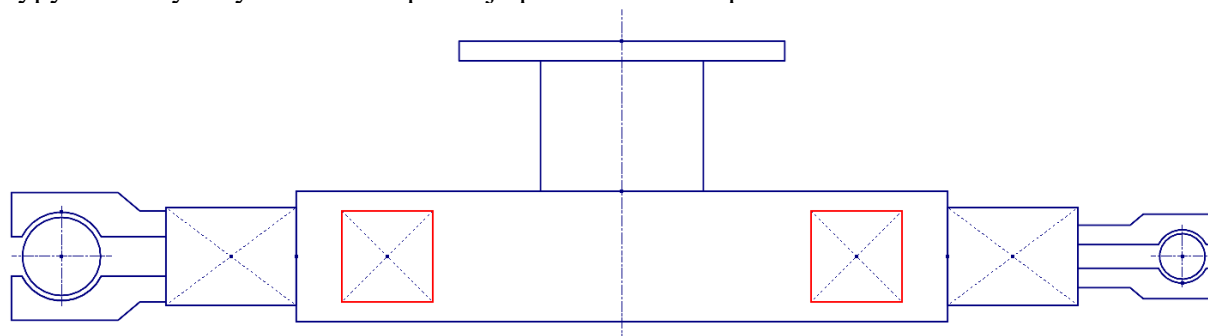
Vhodným řešením pro manipulaci se skleněnými tyčemi se ukázala být "Univerzální varianta" úchopných prvků. Tento předložený návrh zajišťuje, že skleněné tyče budou pevně a bezpečně uchopeny díky způsobu sevření mezi čelistmi. Na rozdíl od jednoduché a stavitelné varianty úchopných prvků neposkytují dostatečnou spolehlivost pro manipulaci s tyčemi.

Další výhodou vybraného řešení je, že používá jen jeden typ čelistí, což platí i pro stavitelnou variantu. Ale oproti tomu, jednoduchá varianta vyžaduje celkem dvanáct různých typů uchopovacích prvků, aby mohla tyče sevřít do čelistí. V případě jednoduché varianty a uchycení do lůžka je to šest různých typů. Toto zjednodušení může vést k efektivnějšímu a ekonomičtějším provozu, pokud by se zaznamenalo opotřebení uchopovacích prvků, co by vedlo k výměně.

Aby při vybrané variantě nedocházelo k tzv. drcení skleněných tyčí, je za potřebí vybrat takové chapadlo, které umožňuje nastavení velikosti sevření, nejlépe elektricky ovládané.

### 4.3.4 Návrh uspořádání efektoru

Efektor, jak už bylo zmíněno, musí být navržen tak, aby byl schopen obsluhovat dva typy skleněných tyčí. V této kapitole je prezentováno uspořádání efektoru.



Obr. 32 Návrh uspořádání efektoru [Zdroj: vlastní]

Navrhnuté uspořádání efektoru (obr. 32) je univerzální a přizpůsobivé výrobě, kdy se na pracovišti budou vyrábět dva typy skleněných tyčí. Na každé straně efektoru se nachází dvě



chapaďla, která pomocí úchopných prvků uchytí tyč. Na boku se nachází úchopné mechanismy s úchopnými prvky, které manipulují s izolačními lany (označeno červenou barvou).

### 4.3.5 Výpočet úchopné síly

V této podkapitole jsou vypočítané velikosti úchopných sil. Její velikost je zapotřebí zvážit při výběru aplikovatelných gripperů. Všechny rovnice a výpočty jsou vypracovány pomocí odborné literatury [5].

Obecně pro zátěžnou sílu od uchycených objektů platí

$$F_Z = k \cdot m \cdot g \quad (4.1)$$

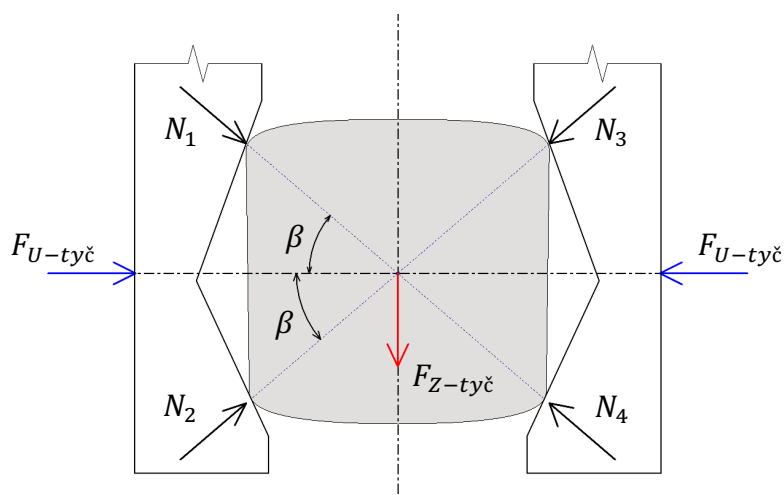
Protože objekty, se kterými je manipulováno, jsou vždy uchycené na dvou podpěrných místech, je váha na každý uchopovací mechanismus poloviční. Pro zátěžnou sílu následně platí

$$F_Z = \frac{1}{2} \cdot k \cdot m \cdot g \quad (4.2)$$

**Skleněná tyč:**

Pro výpočet zátěžné síly od skleněné tyče jsou potřeba znát hmotnost nejtěžší tyče ( $m_{tyč} = 6,80 \text{ kg}$ ) a bezpečnost ( $k = 2$ ). Velikost zátěžné síly pro tyč je

$$F_{Z-tyč} = \frac{1}{2} \cdot k \cdot m_{tyč} \cdot g = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 6,80 \cdot 9,81 = 66,71 \text{ N} \quad (4.3)$$



Obr. 33 Znázornění silových poměrů pro stanovení úchopné síly  $F_{U-tyč}$  [Zdroj: vlastní]

Zátěžná síla od zjednodušené skleněné tyče působí zatížení obou větví úchopných prvků. Rovnovážný stav nastane pouze za situace, kdy normálové reakce v horní větvi budou nulové ( $N_1 = N_3 = 0$ ). Pak tedy platí

$$2 \cdot N_2 \cdot \sin \beta = F_{Z-tyč} \quad (4.4)$$

odsud

$$N_2 = F_{Z-tyč} \cdot \frac{1}{2 \cdot \sin \beta} \quad (4.5)$$

a úchopná síla

$$F_{U-tyč} = F_{Z-tyč} \cdot \frac{1}{2 \cdot \tan \beta} \quad (4.6)$$

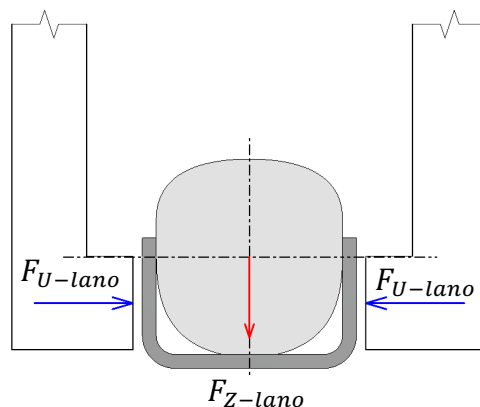
Pro výpočet velikosti úchopné síly je zapotřebí znát úhel beta ( $\beta = 40,50^\circ$ ). Po dosazení do rovnice (4.6) vychází

$$F_{U-tyč} = 66,71 \cdot \frac{1}{2 \cdot \tan 40,50^\circ} = 39,05 \text{ N} \quad (4.7)$$

#### Izolační lano:

Pro výpočet zátěžné síly od izolačního lana jsou potřeba znát hmotnost ( $m_{lano} = 1,50 \text{ kg}$ ) a bezpečnost ( $k = 2$ ). Velikost zátěžné síly pro lano je:

$$F_{Z-lano} = \frac{1}{2} \cdot k \cdot m_{lano} \cdot g = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 1,50 \cdot 9,81 = 14,72 \text{ N} \quad (4.8)$$



Obr. 34 Znárodnění silových poměru pro stanovení úchopné síly  $F_{U-lano}$  [Zdroj: vlastní]

Zátěžná síla od izolačního lana je přenášena pouze třením. Pro úchopnou sílu potřebnou pro překonání zátěžné síly platí

$$F_{U-lano} = F_{Z-tyč} \cdot \frac{1}{2 \cdot f} \quad (4.9)$$

Pro výpočet velikosti úchopné síly je zapotřebí znát koeficient tření  $\mu$ . Ten je pro zkřížené rýhování  $\mu = 0,4 - 0,6$ . Po dosazení do rovnice (4.9) vychází

$$F_{U-lano} = 14,72 \cdot \frac{1}{2 \cdot 0,40} = 15,9 \text{ N} \quad (4.10)$$

### 4.3.6 Výběr aplikovatelných gripperů

Tato kapitola se zaměřuje na výběr ideálních gripperů, které by byly vhodné pro navrhovaný efektor. Aby se předešlo k drcení skleněných tyčí, optimální variantou jsou elektrické grippery, které umožňují nastavení velikosti sevření.

Byla provedena rešerše trhu, z které vyplývá, že ideálními mechanismy pro univerzální uchopovací prvky jsou grippery od firmy Weiss robotic, která nabízí řadu servo-elektrických gripperů. Zde v tabulce č. 7 jsou uvedené modely, které jsou svými parametry, jako je zatížení, zdvih a úchopná síla, vhodné pro uchopování skleněných tyčí a izolačních lan [18]:

Tab. 7 Vhodné modely gripperů [18]

Označení/typ	Zdvih [mm]	Zatížení [kg]	Úchopná síla [N]
<b>WPG 100-090</b>	90	4	10-100
<b>WPG 300-120</b>	120	6	30-300
<b>CRG 200-085</b>	85	4,3	10-200
<b>CRG 30-050</b>	50	2,7	15-30

Pro izolační lana byl zvolen gripper CRG 30-050, který svými parametry vyhovuje. Podobně pro skleněné tyče je vhodný pro použití uchycovací mechanismus CRG 200-085.

### 4.3.7 Materiál úchopných prvků pro uchycení skleněné tyče

V následující kapitole je provedena rešerše materiálů, které by byly vhodné pro konstrukci uchopovacích prvků. Jsou zde uvedené i ty materiály, které by tvořily izolační vrstvu mezi skleněnou tyčí a úchopným prvkem.

#### Dřevěné materiály:

- Vlastnosti dřeva se liší podle druhu dřeva. Všeobecně dřevěné materiály mají nízkou tepelnou a elektrickou vodivost, proto jsou vhodné jako izolanty. Smršťují se a nafukují se v závislosti na vlhkosti. [19]

#### Keramické materiály:

- Keramické materiály se vyznačují velkou pevností a tvrdostí, chemickou a tepelnou odolností, izolačními vlastnostmi a jsou otěruvzdorné. Mají vysoké teploty tání (2730 a jejich izolační vlastnosti zaručují, že nevedou dobře teplo ani elektřinu. Keramické materiály jsou např. karbid křemíku a kubický nitrid boru. [20]

#### Slitiny:

- Slitiny jsou kombinace kovů, které jsou navrženy tak, aby zlepšily určité vlastnosti, jako je např. odolnost vůči teplu. Příkladem mohou být titanové nebo wolframové slitiny, které zaručují vysokou teplotní odolnost (600°C a více podle konkrétního složení). [21]

#### Superslitiny:

- Jedná se o slitiny na bázi niklu a kobaltu. Jsou koroziivzorné a žárupevné. Slitiny použité do vysokých teplot (850°C až 1150°C) obsahují chrom, titan, wolfram, případně bór a zirkon. Pro vyšší teploty se používají slitiny zpevněné oxidy yttria (do 1250°C). [19]

#### Aramidová vlákna:

- Aramidová vlákna, např. nejznámější pod názvem kevlar, disponují vysokou pevností, odolností vůči teplu, chemickou odolností a odolností proti prořezání a otěru. Při vystavení teplotě 300°C některé typy aramidových vláken si udržují přibližně 50 % své původní pevnosti. Aramidová vlákna se při vysokých teplotách téměř nesmršťují. [22]

### Závěrečné stanoviska:

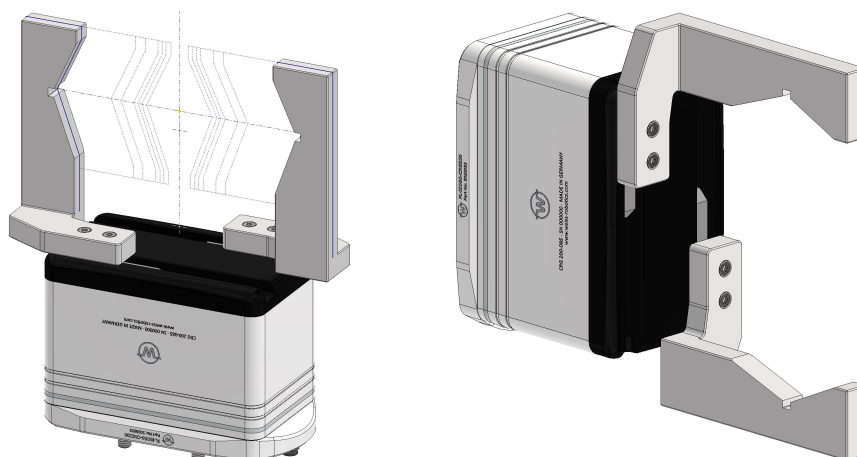
- Pro vybrání ideálního materiálu je zapotřebí provést výzkum, jak se jednotlivé materiály chovají při kontaktu s teplým sklem. Firma Preciosa Ornela a.s. se touto problematikou dlouhodobě zabývá.
- V současné době se pro manipulaci s horkými skleněnými tyčemi osvědčily nástroje vyrobené z bukového dřeva. Tyto nástroje se na pracovišti pravidelně vyměňují za nové, jakmile dojde k jejich většímu opotřebení. Jejich výroba je rychlá a levná.
- U kovových materiálů je pravděpodobné, že rozdíl v teplotě mezi uchopovacími prvky a skleněnou tyčí by mohl ovlivnit kvalitu skla. Dřevěné materiály mají v porovnání s kovovými materiály mnohem nižší teplotní vodivost a roztažnost. Kvůli vysoké teplotní vodivosti kovů by mohlo dojít k přehřívání ovládacích mechanismů a kvůli teplotní roztažnosti by mohla být ovlivněna přesnost uchopování.

### 4.3.8 Konstrukční řešení efektoru

V této kapitole je navrženo konstrukční řešení efektoru, včetně optimálně zvoleného uchopovacího mechanismu.

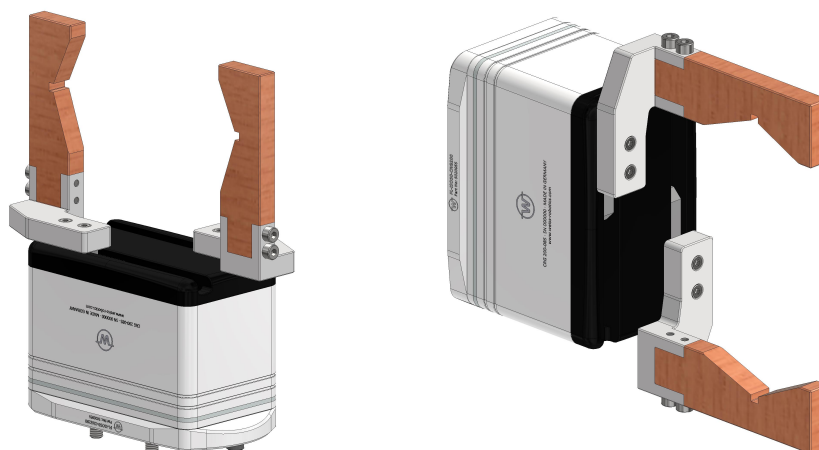
#### Uchopovací mechanismus pro skleněné tyče:

- V bakalářské práci jsou navrženy dvě varianty univerzálních uchopovacích prvků, které jsou tvarově konstruovány stejně.
- První varianta (obr. 35) je konstruována za předpokladu, že v budoucnu bude zvolen jiný materiál, který bude vyhovující pro manipulaci skleněných tyčí a bude tvořit celý prvek. Tvar uchopovacího prvku je navržen tak, aby čelisti při sevření byly naproti sobě. Z tohoto důvodu mají tvar připomínající „hokejku“. Na následujícím obrázku (obr. 35) vlevo jsou slabou čerchovanou čarou znázorněny polohy, ve kterých se uchopují různé typy skleněných tyčí (již bylo zmíněno v kapitole 4.3.3).



Obr. 35 Uchopovací mechanismus [Zdroj: vlastní]

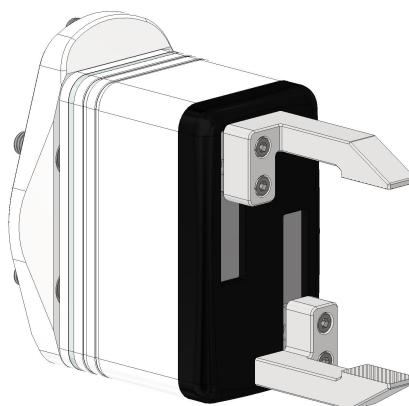
- Druhá varianta (obr. 36) je konstruována obdobně, jako první, ale s cílem, aby styčné plochy byly z bukového dřeva. Bylo navrženo řešení, kde je vyměnitelná koncová část uchopovacího prvku. Tato část bude rychlejší a jednodušší na výrobu, než kdyby byl celý prvek z dřeva. Je to z toho důvodu, protože se dřevěné části po určité době budou měnit za nové.



Obr. 36 Uchopovací prvek se styčnými plochami z bukového dřeva [Zdroj: vlastní]

### **Uchopovací mechanismus pro izolační lana:**

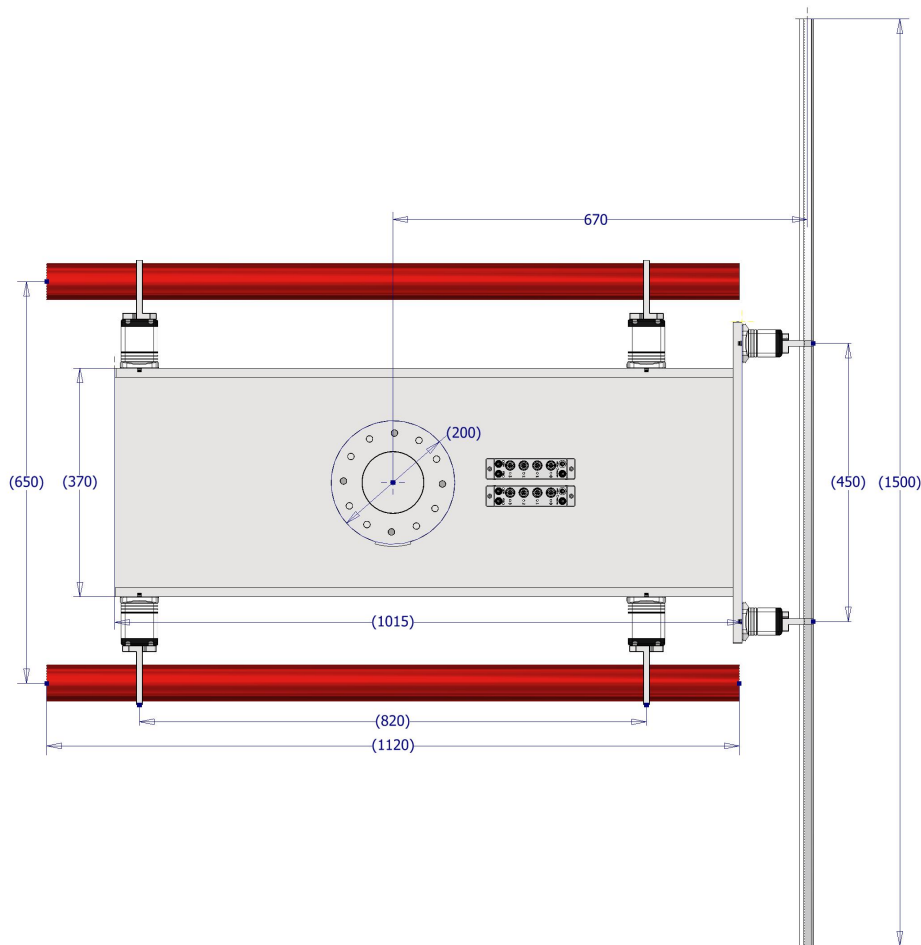
- Uchopovací prvky jsou navrženy obdobně (obr. 37), jako tomu je v případě mechanismu pro skleněné tyče. Na styčných plochách byly vytvořeny jemné drážky, které zaručí, že nedojde k vyklouznutí izolačních lan z čelistí.



Obr. 37 Uchopovací mechanismus pro izolační lana [Zdroj: vlastní]

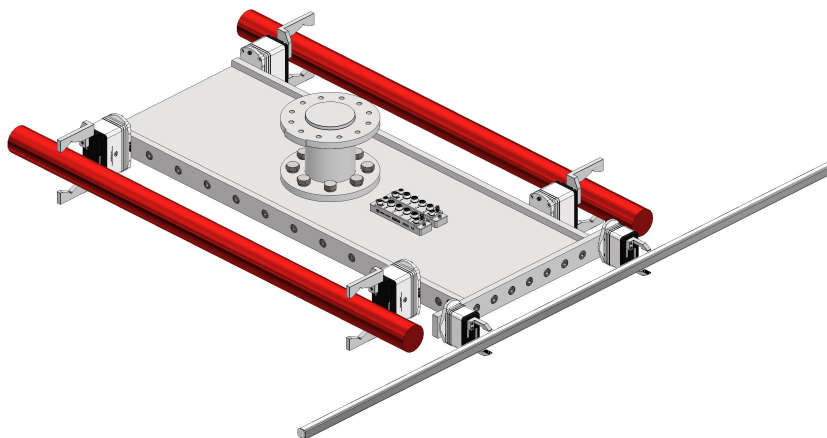
### Konstrukce efektoru:

- Na následujícím obrázku (obr. 38) jsou pro představu zakótovány polohy uchopovacích mechanismů, skleněných tyčí a izolačního lana.



Obr. 38 Polohy uchopovacího mechanismu, skleněných tyčí a izolačního lana [Zdroj: vlastní]

- Na následujícím obrázku (obr. 39) je znázorněna konstrukce těla efektoru, která je již osazená úchopnými mechanismy, čelisti jsou v otevřené poloze. Pro názornost jsou zde umístěné zjednodušené skleněné tyče (májí kruhový tvar) a izolační lano v U profilu.

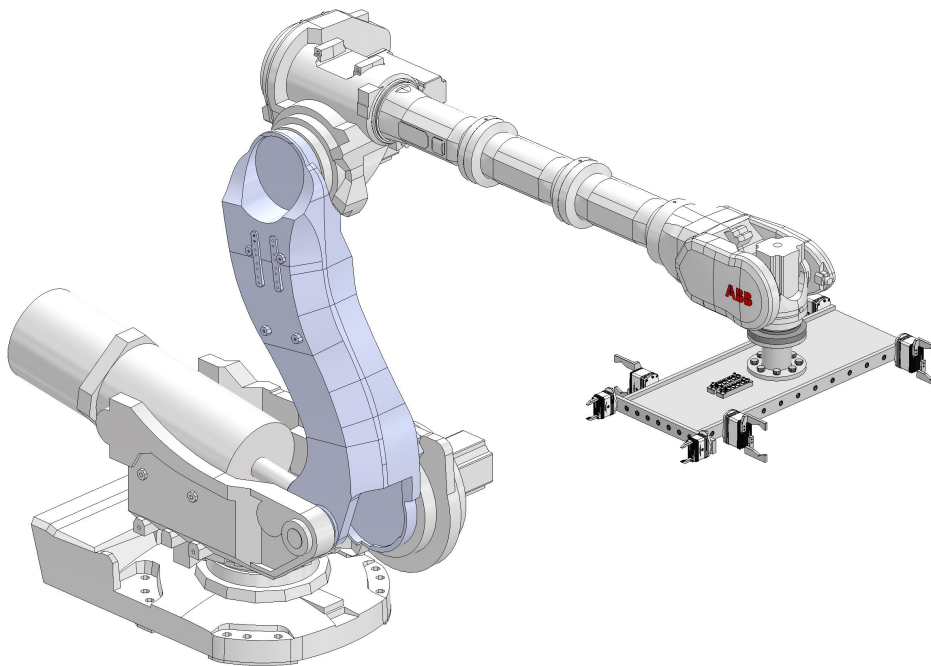


Obr. 39 Konstrukce těla efektoru [Zdroj: vlastní]

- Tělo efektoru se skládá z hlavní desky, dvou bočnic a čela. Všechny tyto součásti jsou k sobě přišroubované. K bočnicím a čelu jsou přišroubované grippery s úchopnými prvky pro skleněné tyče a izolační lana. Příruby, u hlavní desky a manipulátoru, jsou přivařené k trubce a dohromady tvoří tzv. krk efektoru. Je přivařené k oběma přírubám, jedna je u základní desky a druhá spojuje efektor s manipulátorem. Trubka je zde z důvodu, aby se základna efektoru oddálila od konce manipulátoru. Díky tomu je hlavice v dostatečné vzdálenosti od konce manipulátoru, aby mohl být otáčen bez limitací. Jako vedlejší účinek vzniká o něco větší pracovní prostor.

#### Umístění efektoru na manipulátor:

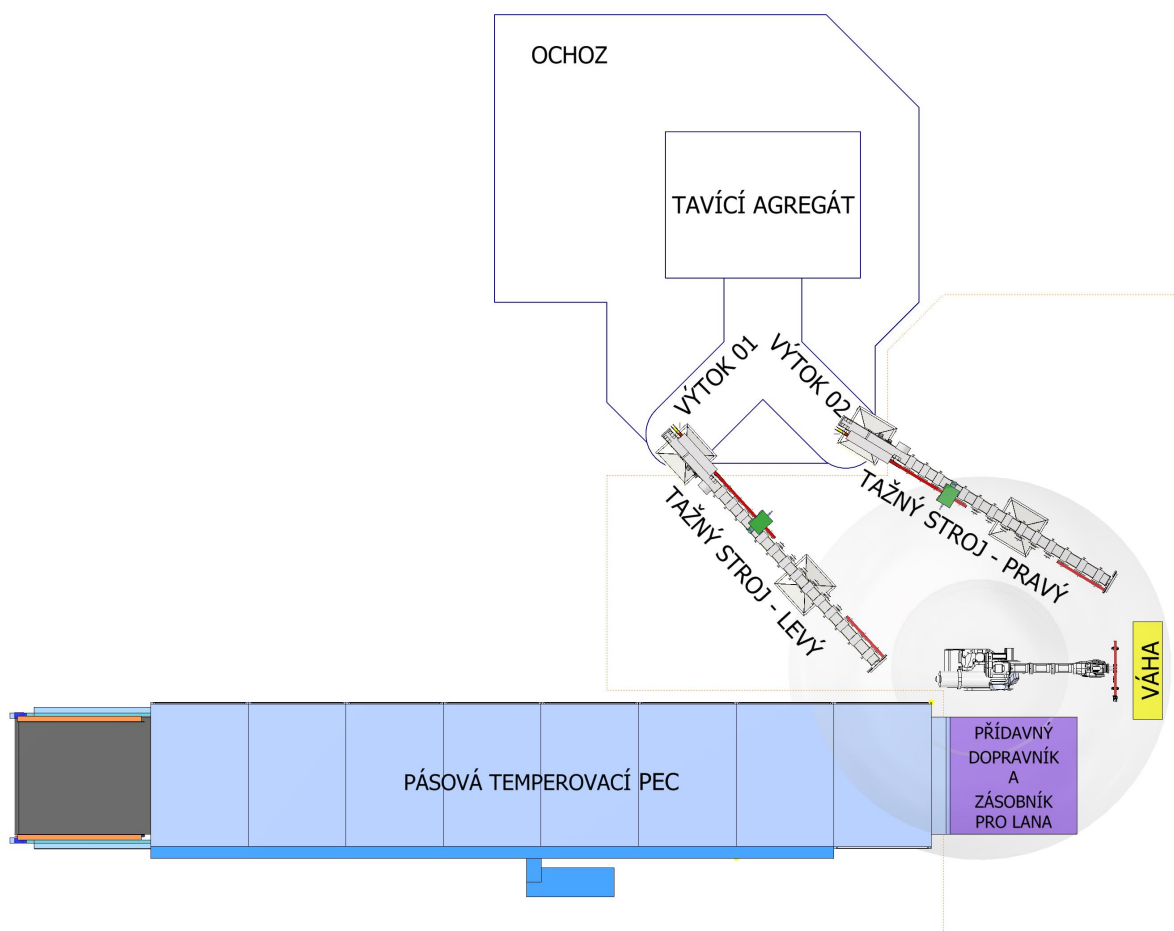
- Na následujícím obrázku (obr. 40) je znázorněno umístění efektoru na manipulátor. Robot se nachází v základní poloze.



Obr. 40 Efektor umístěný na manipulátor [Zdroj: vlastní]

## 4.4 Layout nového pracoviště

Na dalším obrázku (obr. 41) je znázorněno výsledné rozmístění všech zařízení na nově navrženém pracovišti. V centru dění se nachází robotický manipulátor IRB 6650S – 90/3.9, který je osazen efektoem. Dále se na pracovišti nachází tažné stroje přizpůsobené tak, že manipulátor s efektoem je schopen je obsluhovat. V neposlední řadě se na pracovišti nachází umístění, kde bude umístěné vážící zařízení (žlutá barva) a přídatný dopravník se zásobníkem pro izolační lana (fialová barva). Oranžovou čerchovanou čarou je znázorněna zóna celého pracoviště, která bude zabezpečena pomocí bariér, aby při provozu pracoviště nemohl nikdo vstoupit dovnitř.

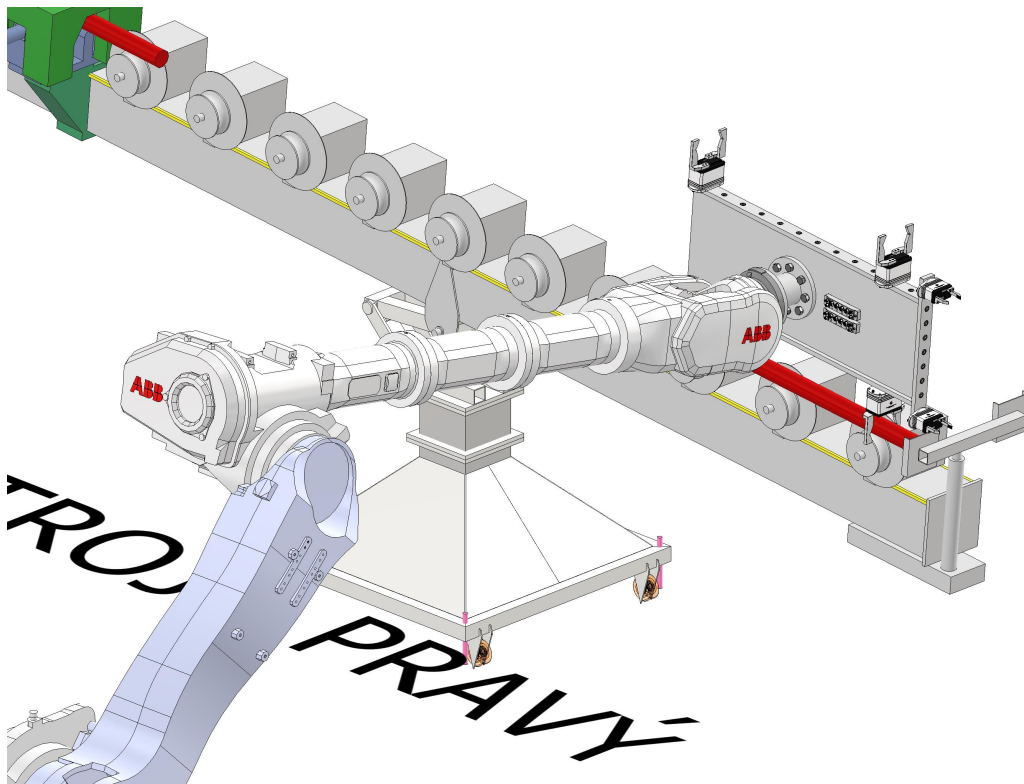


Obr. 41 Výsledný layout nového pracoviště [Zdroj: vlastní]

### Obsluha tažného stroje:

- Na následujícím obrázku (obr. 42) je znázorněna poloha manipulátoru při odebrání skleněné tyče z pravého tažného stroje. Aby uchopovací prvky nepřicházeli do kontaktu s rolnami, museli být rozmístěny tak, aby umožnili efektoem bezpečné uchopení skleněné tyče. Protože se skleněná tyč nachází na odběrném místě pod úhlem, musí nejdříve za pomoci jednoho uchopovacího mechanismu tyč narovnat do roviny. Až poté může tyč bezpečně uchopit a pokračovat v manipulaci k váze/přídavného dopravníku.

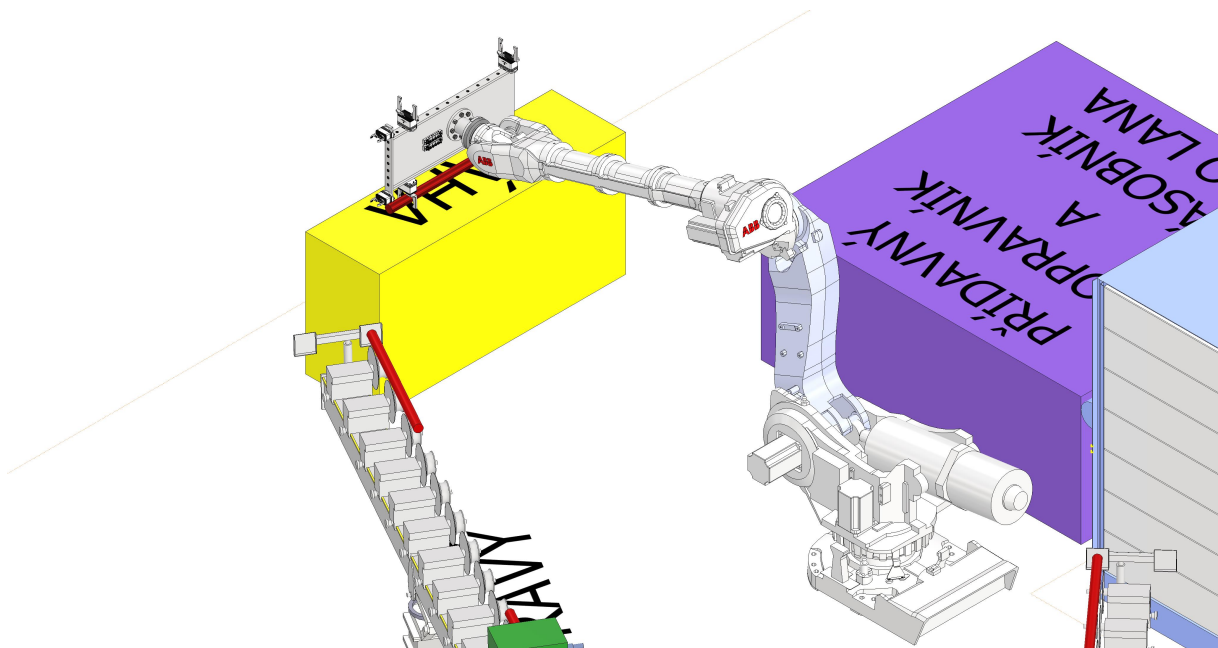




Obr. 42 Poloha manipulátoru při odebrání skleněné tyče z pravého tažného stroje [Zdroj: vlastní]

#### Obsluha vázícího zařízení:

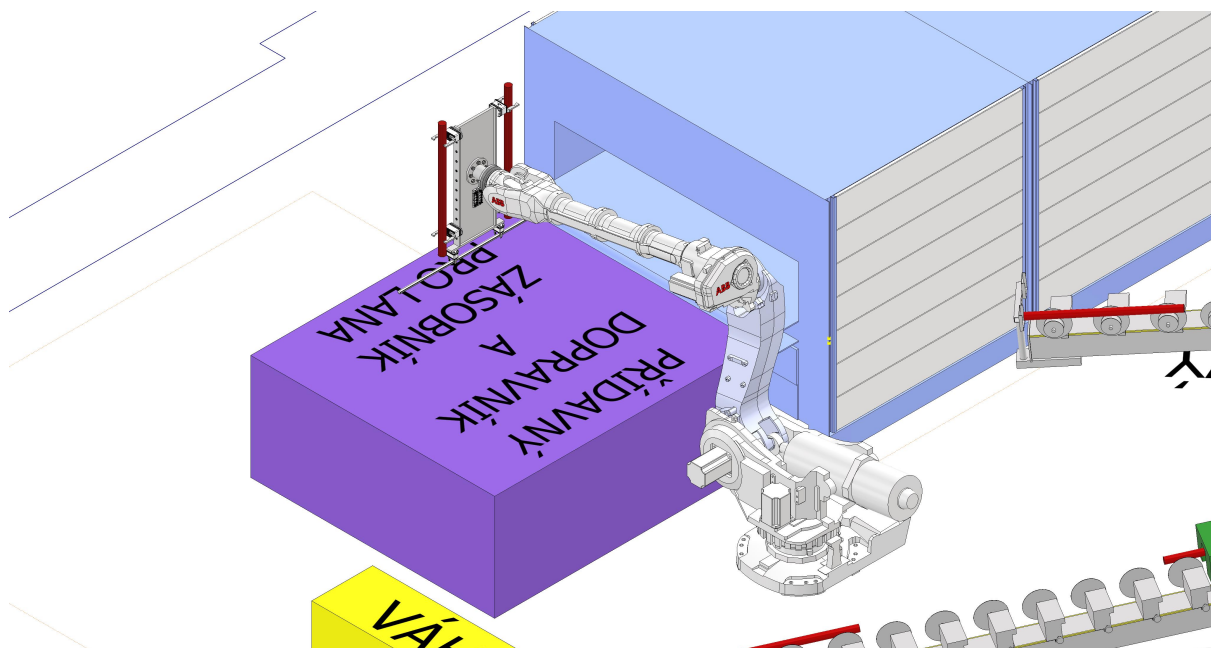
- Na obrázku (obr. 43) je znázorněna poloha manipulátoru s efektoem, kde odkládá skleněnou tyč na vázící zařízení. Poté, co tyč odloží, počká na informaci od váhy, že n-tá tyč je zvážená a změřená hodnota se zaznamenala do systému. Následovně může skleněnou tyč znovu uchopit a položit ji na připravená izolační lana na přidavném dopravníku.



Obr. 43 Poloha manipulátoru s efektoem odkládající skleněnou tyč na vázící zařízení [Zdroj: vlastní]

### Obsluha přídatného dopravníku se zásobníkem:

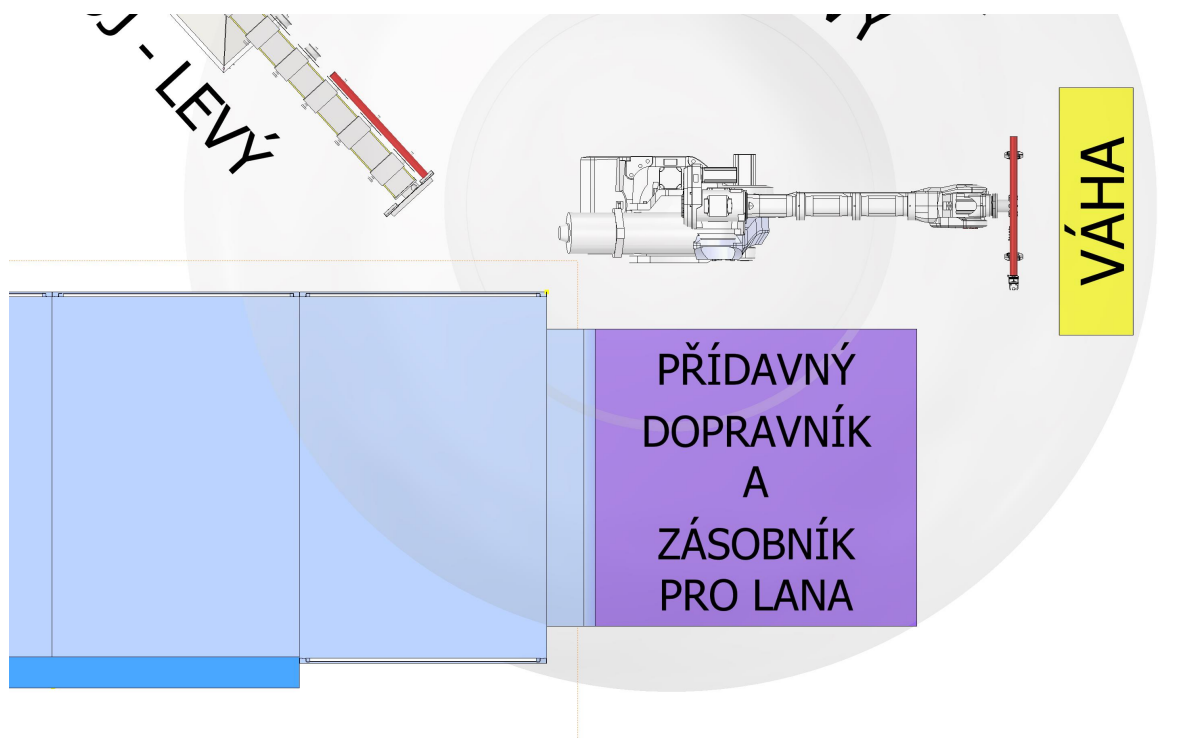
- Na dalším obrázku (obr. 44) je znázorněna nejvzdálenější pozice pro odkládání izolačních lan. Manipulátor s efektozem bez limitací dokáže obsluhovat celou odkládací plochu přídatného dopravníku se zásobníkem.



Obr. 44 Nejvzdálenější pozice pro odkládání izolačních lan [Zdroj: vlastní]

## 4.5 Přídatný dopravník se zásobníkem pro izolační lana

Pro pracoviště se bude muset navrhnout přídatný zásobník, jehož součástí může být i zásobník pro izolační lana. Dopravník se nachází před vstupem do pásové temperovací pece. V tomto místě je pro něj vyhrazen prostor 2600×2400 mm (obr. 45).



Obr. 45 Prostor pro přídatný dopravník a zásobník pro izolační lana [Zdroj: vlastní]

## 5 Technickoekonomické zhodnocení

### Technické zhodnocení

Tato bakalářská práce představuje komplexní a detailní návrh nového pracoviště s robotickým manipulátorem a efektozem pro manipulaci skleněných tyčí a izolačních lan. Práce je zaměřena na nahrazení současných manuálních procesů na stávajícím pracovišti, které jsou monotónní a repetitivní, a tím zvyšují riziko poranění nebo rozbití skleněných tyčí.

Robotický systém nabízí značné výhody oproti stávajícímu pracovišti. Technický přínos práce spočívá ve značné bezpečnosti pracovníků a snížení rizika poranění na minimální úroveň. Nevýhodou robotizovaného pracoviště je vysoká pořizovací cena manipulátorů, konstrukce efektoru, ale i bezpečnostní prvky pro zabezpečení pracoviště.

Koncepční návrh robotického pracoviště sebou nese zakomponování rozšiřujícího dopravníku z důvodu odkládání izolačních lan. Ta musí být umístěna do hliníkového U profilu, aby se přesně definoval jejich tvar a byla tak jednodušší manipulace s nimi při vkládání na dopravník. Zároveň je potřeba, aby lana pro robotický systém měla jasně definovanou polohu. Proto by bylo ideální, aby zásobník byl součástí přídavného dopravníku.

Pro nové robotické pracoviště byl navržen manipulátor Jako vhodný manipulátor byl shledán typu IRB 6650S – 90/3.9 od firmy ABB. Tento robotický systém má vyhovující pracovní dosah (3,9 m), díky kterému dokáže obsluhovat celé pracoviště. V porovnání s ostatními roboty v dané kategorii, se nejedná o mohutný manipulátor. Kvůli tomu disponuje i malým pracovním zatížením (90 kg), které je zároveň ideální pro manipulaci skleněných tyčí.

Uchopovací mechanismus skleněných tyčí je navržen pro všechny typy skleněných tyčí. To zaručuje univerzálnost a flexibilitu pracoviště bez potřeby vyměňovat úchopné prvky po každé, kdy se začne vyrábět jiný typ tyčí. Aby nedocházelo k drcení tyče, byl vybrán posuvný gripper CRG 200-085 od firmy Weiss Robotics GmbH & Co. KG, u kterého je možné nastavit velikost a sílu sevření. Menším úskalím univerzálního uchopení je, že efektor má u každého typu vyráběného sortimentu jinou polohu. To se vyřeší nastavením příslušného programu pro pohyb manipulátoru, který zvolí obsluhu pracoviště pro daný vyráběný typ.

### Ekonomické zhodnocení

Cílem této práce bylo navržení pracoviště pro robotickou manipulaci skleněných tyčí. Změna sebou nese efektivní, bezpečné a ekonomicky výhodné automatizované pracoviště pro robotickou manipulaci se skleněnými tyčemi, využívající průmyslového robotu/manipulátoru. Ústřední částí pracoviště je robotický manipulátor osazený efektozem, který umožňuje prostřednictvím vždy dvou elektricky ovládaných chapadel manipulovat s příslušnou skleněnou tyčí. Součástí efektoru jsou rovněž dvě chapadla pro manipulaci izolačních lan.

Tab. 8 předkládá přibližné odhadované finanční náklady na nákup dílčích komponent pro navržené robotické pracoviště.

Tab. 8 Cenový odhad položek [Zdroj: Vlastní]

<b>Položka</b>	<b>Počet [ks]</b>	<b>Cena za ks [Kč]</b>
<b>Angulární robot IRB 6650S – 90/3.9</b>	1	1 200 000
<b>Dopravník se zásobníkem</b>	1	350 000
<b>Rám efektoru</b>	1	20 000
<b>Úchopný mechanismus CRG 200-085</b>	4	40 000
<b>Úchopný mechanismus CRG 30-050</b>	2	35 000
<b>Úchopné univerzální prvky – tyč</b>	8	2 500
<b>Úchopné univerzální prvky – lano</b>	4	2 000
<b>Stavební úpravy</b>	1	100 000
<b>Obsluha pracoviště – roční hrubá mzda</b>	2	480 000
<b>Ostatní příslušenství</b>	1	20 000

Obsluha a údržba robotizovaného pracoviště bude vyžadovat dva odborné pracovníky. S ohledem na skutečnost, že dané činnosti po oživení pracoviště budou pouze občasného, nahodilého charakteru a daná firma příslušným pracovníkem disponuje, nejsou jeho náklady zahrnuty do předložené kalkulace.

Následně je realizován výpočet finanční návratnosti v případě záměny robotického pracoviště za šest pracovníků, kteří v současnosti dané pracoviště obsluhují (tab. 9).

Tab. 9 Cenové porovnání

<b>Položka</b>	<b>Cena [Kč]</b>	
<b>Náklady na robotické pracoviště</b>	1 948 000	
<b>Hrubá mzda všech zaměstnanců za rok</b>	<b>Nové pracoviště</b>	960 000
	<b>Staré pracoviště</b>	2 500 000

Z tabulky 9 lze vyvodit, že návratnost investice do nového robotického pracoviště se vrátí po necelých dvou letech provozu.

## 6 Závěr

Úkolem bakalářské práce je návrh nového pracoviště pro robotickou manipulaci skleněných tyčí včetně konstrukce příslušného efektoru pro firmu Preciosa Ornela a.s. Cílem je nahradit stávající pracoviště, kde je manipulace s tyčemi pro pracovníky monotónní a opakující se.

V teoretické části práce je provedena rešerše robotických systémů a koncových členů robotů. Jsou zde popsány různé aspekty robotických manipulátorů, včetně jejich kinematických řetězců a koncepcí, významu, účelu a rozdělení efektorů. Dále se práce zabývá kritérii pro výběr a konstrukci, bezpečností pracoviště a analýzou rizik a jejich minimalizací.

Praktická část práce je rozdělena do dvou stěžejních kapitol. První část se zabývá popisem a analýzou současného pracoviště a procesů výroby. Následuje postup návrhu nového pracoviště.

Nejprve jsou zváženy technické specifikace a požadavky všech zařízení na stávajícím pracovišti a procesů, které budou prováděny na novém pracovišti. Zásadní jsou tažné stroje, které jsou důležitou součástí pracoviště, umožňují přizpůsobit místo odběru skleněných tyčí. Dále bylo také nutné upravit izolační lana tak, aby vyhovovala manipulaci manipulátorem. Z tohoto důvodu musel být zakomponován do nového pracoviště rozšiřující dopravník, který rozšíří plochu pro pokládání izolačních lan před pásovou temperovací pecí. Na základě specifikace požadavků a současného stavu poznání byl navržen předběžný layout pracoviště, který určil parametry pro výběr robotického manipulátoru. Následně byl vybrán robot IRB 6650S – 90/3.9 od firmy ABB.

Konstrukční návrh efektoru zahrnující manipulaci s tyčemi a izolačními lany vzešel z rozboru uchopování tyčových polotovarů. Byly stanoveny výběrová kritéria, ze kterých vzešel výsledný konstrukční návrh efektoru včetně úchopných prvků. Jako výsledná varianta úchopných prvků byla vybrána univerzální varianta, která uchopí skleněné tyče do čelistí. Výsledný konstrukční návrh efektoru včetně vyměnitelných úchopných prvků byl zpracován formou úplné výkresové dokumentace. Závěrem byl představen koncepční návrh pracoviště a byl vytvořen layout nového pracoviště pro robotickou manipulaci skleněných tyčí. Navržené robotické pracoviště pro manipulaci skleněných tyčí může pro firmu Preciosa Ornela a.s. znamenat snížení finančních nákladů a rizika úrazu na pracovišti.

## Seznam použité literatury

- [1] KOLÍBAL, Zdeněk. *Roboty a robotizované výrobní technologie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně – nakladatelství VUTIUM, 2016. ISBN 978-80-214-4828-5.
- [2] NOVOTNÝ, František a HORÁK, Marcel. *Konstrukce robotů*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. ISBN 978-80-7494-216-7.
- [3] RAVI Rao, *What are manipulators robots? Understanding their Design, Types, and Application* [online]. 2023 [cit. 2024-04-10]. Dostupné z: <https://www.wevolver.com/article/robot-manipulator>
- [4] HAMZA Wasim, *Robots in the Manufacturing Industry: Types and Application* [online]. 2023 [cit. 2024-04-10]. Dostupné z: <https://www.wevolver.com/article/robot-manipulator>
- [5] NOVOTNÝ, František a HORÁK, Marcel. *Efektory průmyslových robotů*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. ISBN 978-80-7494-195-5.
- [6] ROBOTIQ, 2020. *Collaborative Robot Buyer's Guide*. [online]. 8.1 vyd. Robotiq, 2020 [cit. 2024-04-10]. Dostupné z: <https://blog.robotiq.com/hubfs/COBOT%20EBOOK%20FINAL.pdf>
- [7] CSNONLINE, 2012. *Česká agentura pro standardizaci*. [online]. 2012 [cit. 2024-04-12]. Dostupné z: <https://csonline.agentura-cas.cz/Detailnormy.aspx?k=89961>
- [8] CSNONLINE, 2012. *Česká agentura pro standardizaci*. [online]. 2012 [cit. 2024-04-12]. Dostupné z: <https://csonline.agentura-cas.cz/Detailnormy.aspx?k=89828>
- [9] CSNONLINE, 2017. *Česká agentura pro standardizaci*. [online]. 2017 [cit. 2024-04-12]. Dostupné z: <https://csonline.agentura-cas.cz/Detailnormy.aspx?k=501728>
- [10] Preciosa Ornela a.s., 2017. *Produktový list – Optické tyče LIBA 2000+*. [online]. 2017 [cit. 2024-04-12]. Dostupné z: <https://www.preciosa-ornela.com/cs/opticke-tyce-liba>
- [11] ABB, 2023. *Robotics – Product specification IRB 7600*. [online]. 2023 [cit. 2024-04-17]. Dostupné z: <https://library.e.abb.com/public/c443d324a5e44c3bb15c38456c02970d/3HAC023934%20PS%20IRB%207600%20on%20IRC5-en.pdf?x-sign=UNWWzrgjNdgCgEd/6/By8/iLj0PfdJ-RNNX/4RhpleKTpkjHgwoc2CKBRtyFzXiAU>
- [12] ABB. *ABB (ABB Ltd)*. [online]. 2024 [cit. 2024-04-17]. Dostupné z: <https://new.abb.com/products/robotics/cs/roboty/prumyslove-roboty>
- [13] ABB, 2020. *Robotics – IRB 7600FX*. [online]. 2023 [cit. 2024-04-17]. Dostupné z: <https://library.e.abb.com/public/a5d6dd93077d44e388bf1fd7a712e3bb/IRB7600FX-ROB0278EN%20-Rev.B.pdf?x-sign=kbE5GKNRY+gMmF5pkpbe-WPeep6XwTuY8y+KSzYAdcPGNDYcMwh2PPhOVnKBDux8a>
- [14] ABB, 2020. *Robotics – IRB 6660RX / IRB 7600RX*. [online]. 2023 [cit. 2024-04-17]. Dostupné z: <https://library.e.abb.com/public/5aef32d69dad467289671c1cd0cfd842/IRB6660RX-ROB0291EN-Rev.C.pdf?x-sign=CEcnRLExxZ6VsDcBVZ4a65o17owGLTIIR-goDw53gJ9Sq3fAeZBZu9dlcqHBZrLBm>
- [15] KUKA. *KUKA Aktiengesellschaft Germany*. [online]. 2024 [cit. 2024-04-19]. Dostupné z: <https://www.kuka.com/cs-cz/produkty,-sluzby/roboticke-systemy/prumyslove-roboty>
- [16] YASKAWA. *Yaskawa Europe GmbH*. [online]. 2023 [cit. 2024-04-19]. Dostupné z: <https://www.yaskawa.eu.com/products/robots>
- [17] ABB, 2023. *Robotics – Product specification IRB 6650S*. [online]. 2023 [cit. 2024-04-17]. Dostupné z: <https://library.e.abb.com/public/48715ed57ef14717b3292f422deb3762/3HAC030822%20PS%20IRB%206650S%20on%20IRC5-en.pdf?x-sign=mWOyt28bawextrEemIjqrJXRWM-puYl3km9CmmxK1/mq11QLoPMzHvV3ReOyRCktz>

- [18] WEISS ROBOTIC. *WEISS ROBOTICS GMBH & CO. KG*. [online]. 2023 [cit. 2024-04-19]. Dostupné z: <https://weiss-robotics.com/servo-electric/>
- [19] HLUCHÝ, Miroslav a KOLOUCH, Jan. *Strojírenská technologie 1. 1. díl, Nauka o materiálu*. 4., rev. vyd. Praha: Scientia, 2007. ISBN 978-80-86960-26-5.
- [20] Ovčáčíková, H. & Vlček, J., 2013. *Speciální keramické materiály*. [online]. 2023 [cit. 2024-04-20]. Dostupné z: [http://katedry.fmmi.vsb.cz/Modin\\_Animace/Opory/02\\_Metalurgicke\\_inzenyrstvi/17\\_Specialni\\_keramicke\\_materialy/Ovcacikova\\_Specialni\\_keramicke\\_materialy.pdf](http://katedry.fmmi.vsb.cz/Modin_Animace/Opory/02_Metalurgicke_inzenyrstvi/17_Specialni_keramicke_materialy/Ovcacikova_Specialni_keramicke_materialy.pdf)
- [21] NeoNickel.com, 2024. *What to Look for When Buying Metals & Alloys for High-Temperature Service & Applications*. [online]. 2024 [cit. 2024-04-20]. Dostupné z: <https://www.neonickel.com/neonickel-news/choosing-the-right-alloys-for-high-temperature-service/>
- [22] MARZHARUL Islam Kiron, 2015. *Aramid Fibers: Types, Properties, Manufacturing Proces and Application*. [online]. 2024 [cit. 2024-04-20]. Dostupné z: <https://textilelearner.net/aramid-fibers-types-properties-manufacturing-process-and-applications/>

## Seznam ilustrací (obrázků)

Obr. 1 Kartézská struktura polohovacího ústrojí [2].....	13
Obr. 2 Cylindrická struktura polohovacího ústrojí [2].....	14
Obr. 3 Sférická struktura polohovacího ústrojí [2] .....	14
Obr. 4 Angulární struktura polohovacího ústrojí [2].....	15
Obr. 5 SCARA struktura polohovacího ústrojí [2] .....	16
Obr. 6 Půdorys pracovního prostoru robotu SCARA [2].....	16
Obr. 7 Modifikovaná kloubová struktura polohovacího ústrojí [2] .....	17
Obr. 8 Schéma DELTA robotu a ukázka provedení Flex Picker firmou ABB [2] .....	17
Obr. 9 Dělení úchopných prvků [Zdroj: vlastní].....	19
Obr. 10 Stávající pracoviště [Zdroj: vlastní].....	21
Obr. 11 Tažný stroj [Zdroj: Preciosa Ornela a.s.] .....	22
Obr. 12 Tvarovací pás [Zdroj: Preciosa Ornela a.s.].....	23
Obr. 13 Sekací mechanismus [Zdroj: Preciosa Ornela a.s.].....	23
Obr. 14 Tyč na odběrném místě [Zdroj: Preciosa Ornela a.s.].....	24
Obr. 15 Pásová temperovací pec [Zdroj: Preciosa Ornela a.s.].....	25
Obr. 16 Předběžné rozložení nového pracoviště [Zdroj: vlastní].....	29
Obr. 17 Pracovní prostor manipulátoru [Zdroj: vlastní] .....	30
Obr. 18 Pracovní prostor angulárního robotu od firmy ABB [11].....	30
Obr. 19 Rotační modul [13] .....	32
Obr. 20 Lineární modul [14] .....	32
Obr. 21 Robot IRB6650S-90/3.9 [17].....	34
Obr. 22 Rozměry pracovního prostoru vybraného manipulátoru IRB 6650S – 90/3.9 [17]....	35
Obr. 23 Pracoviště s umístěným robotem IRB 6650S – 90/3.9 [Zdroj: vlastní] .....	35
Obr. 24 Uchycení skleněné tyče efektozem z obou stran [Zdroj: vlastní].....	37
Obr. 25 Uchycení skleněné tyče efektozem ze strany/spod [Zdroj: vlastní] .....	37
Obr. 26 Uchycení izolačního lana do čelistí [Zdroj: vlastní] .....	37
Obr. 27 Jednoduché uchopení skleněné tyče do čelistí a lůžka [Zdroj: vlastní] .....	38
Obr. 28 Průřezy skleněných tyčí [Zdroj: vlastní].....	38
Obr. 29 Schéma univerzální varianty uchopení skleněných tyčí [Zdroj: vlastní] .....	39
Obr. 30 Uspořádání skleněných tyčí pro stavitelnou variantu [Zdroj: vlastní] .....	39
Obr. 31 Schéma stavitelné varianty pro uchycení všech typů skleněných tyčí [Zdroj: vlastní] .....	40
Obr. 32 Návrh uspořádání efektoru [Zdroj: vlastní] .....	40
Obr. 33 Znázornění silových poměrů pro stanovení úchopné síly $F_U$ – tyč [Zdroj: vlastní].	41



Obr. 34 Znárodnění silových poměru pro stanovení úchopné síly <i>FU – lana</i> [Zdroj: vlastní]	42
Obr. 35 Uchopovací mechanismus [Zdroj: vlastní]	44
Obr. 36 Uchopovací prvek se styčnými plochami z bukového dřeva [Zdroj: vlastní]	45
Obr. 37 Uchopovací mechanismus pro izolační lana [Zdroj: vlastní]	45
Obr. 38 Polohy uchopovacího mechanismu, skleněných tyčí a izolačního lana [Zdroj: vlastní]	46
Obr. 39 Konstrukce těla efektoru [Zdroj: vlastní]	46
Obr. 40 Efektor umístěný na manipulátor [Zdroj: vlastní]	47
Obr. 41 Výsledný layout nového pracoviště [Zdroj: vlastní]	48
Obr. 42 Poloha manipulátoru při odebrání skleněné tyče z pravého tažného stroje [Zdroj: vlastní]	49
Obr. 43 Poloha manipulátoru s efektoem odkládající skleněnou tyč na vážící zařízení [Zdroj: vlastní]	49
Obr. 44 Nejvzdálenější pozice pro odkládání izolačních lan [Zdroj: vlastní]	50
Obr. 45 Prostor pro přídavný dopravník a zásobník pro izolační lana [Zdroj: vlastní]	50

## Seznam tabulek

Tab. 1 Tvary průřezů, informativní rozměry, počty tyčí ve svazku a teoretická váha [10]	26
Tab. 2 Přehled 6.osých manipulátorů firmy ABB [12]	31
Tab. 3 Přehled 7.osých manipulátorů firmy ABB [12]	32
Tab. 4 Přehled 6.osých manipulátorů firmy KUKA [15]	33
Tab. 5 Přehled 6.osých manipulátorů firmy Yaskawa [16]	33
Tab. 6 Specifikace vybraného manipulátoru [17]	34
Tab. 7 Vhodné modely gripperů [18]	43
Tab. 8 Cenový odhad položek [Zdroj: Vlastní]	52
Tab. 9 Cenové porovnání	52

# Seznam příloh

## Výkresová dokumentace

### Layout pracoviště

1. 1-BP S20000361 00-00-00 – Sestava – Pracoviště

### Efektor

2. 1-BP S20000361 01-00-00 – Sestava – Efektor
3. 2-BP S20000361 01-00-01 – Výkres – Základní deska
4. 3-BP S20000361 01-00-02 – Výkres – Bočnice 01
5. 3-BP S20000361 01-00-03 – Výkres – Bočnice 02
6. 4-BP S20000361 01-00-04 – Výkres – Příruba 01
7. 4-BP S20000361 01-00-05 – Výkres – Příruba 02

### Čelist – univerzální varianta

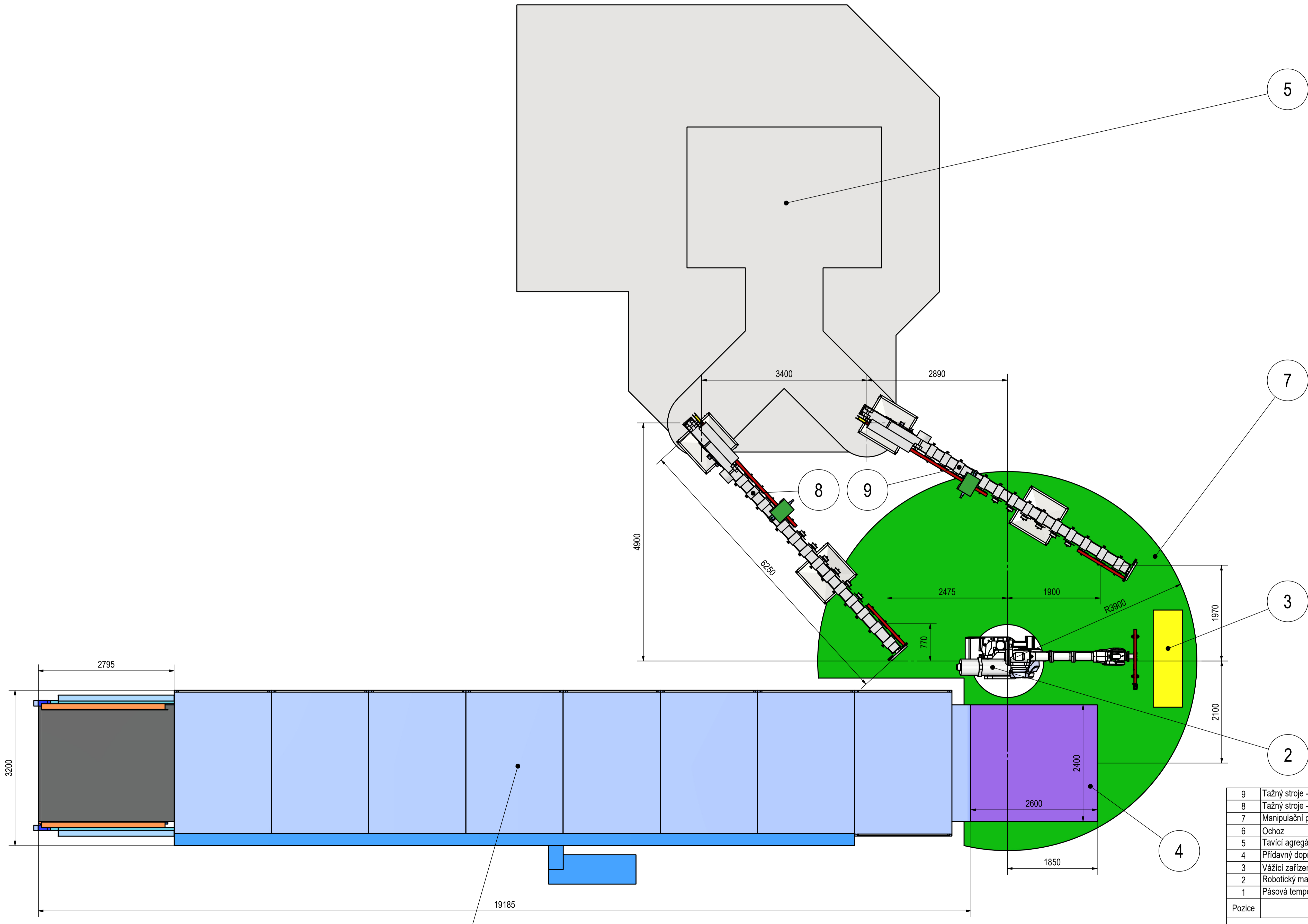
8. 3-BP S20000361 01-06-00 – Sestava – Uchopovací mechanismus V1
9. 4-BP S20000361 01-06-01 – Výkres – Uchopovací prvek V1 – Pevná část
10. 4-BP S20000361 01-06-02 – Výkres – Uchopovací prvek V1 – Vyměnitelná část
11. 3-BP S20000361 01-07-00 – Výkres – Uchopovací mechanismus V2
12. 3-BP S20000361 01-07-01 – Výkres – Uchopovací prvek V2
13. 3-BP S20000361 01-08-00 – Výkres – Uchopovací mechanismus – lano
14. 4-BP S20000361 01-08-01 – Výkres – Uchopovací prvek – lano

## Elektronické přílohy

1. Bakalářská práce – pdf. formát
2. Výkresová dokumentace – pdf. formát
3. 3D dokumentace – step. formát

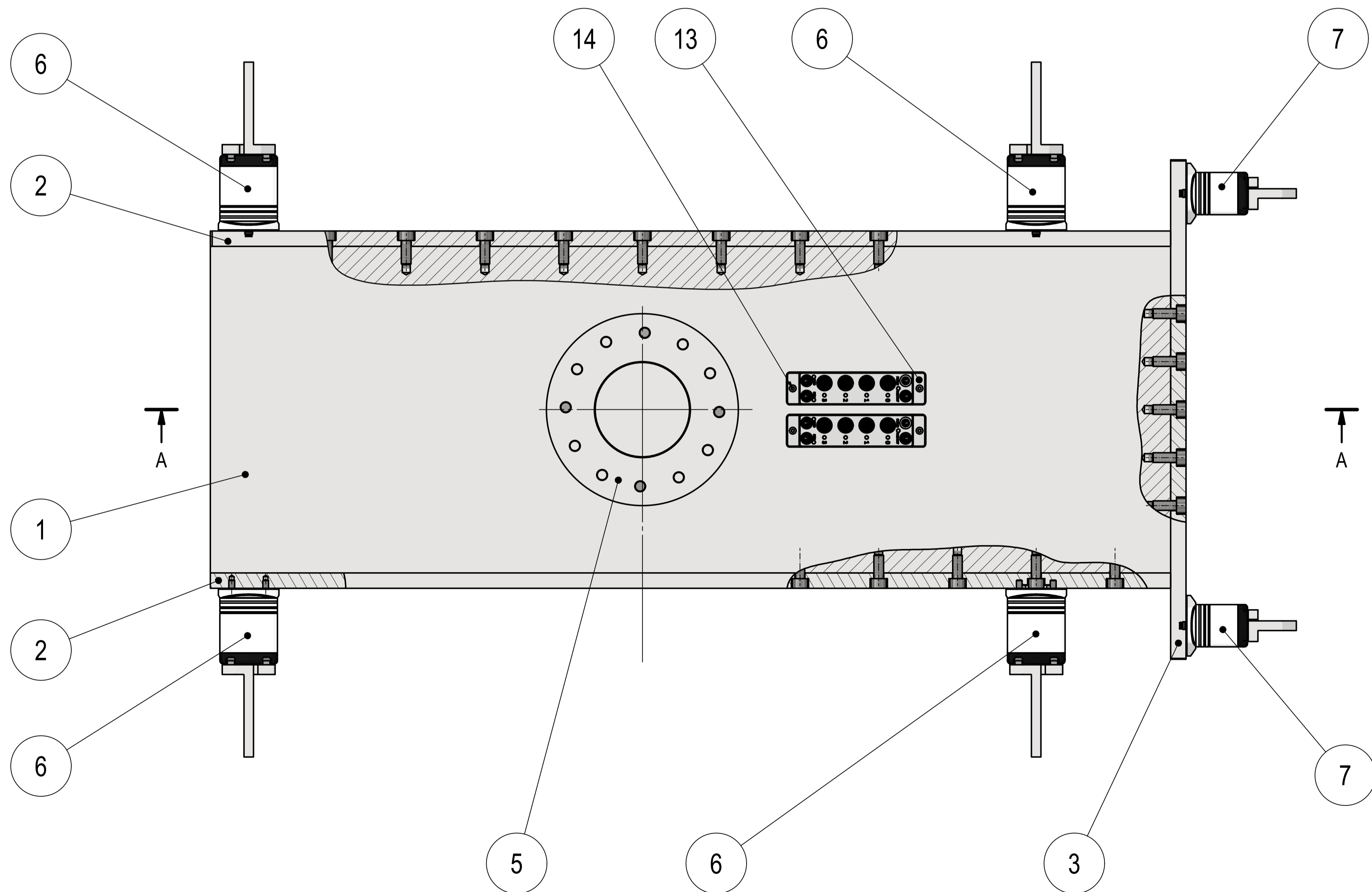
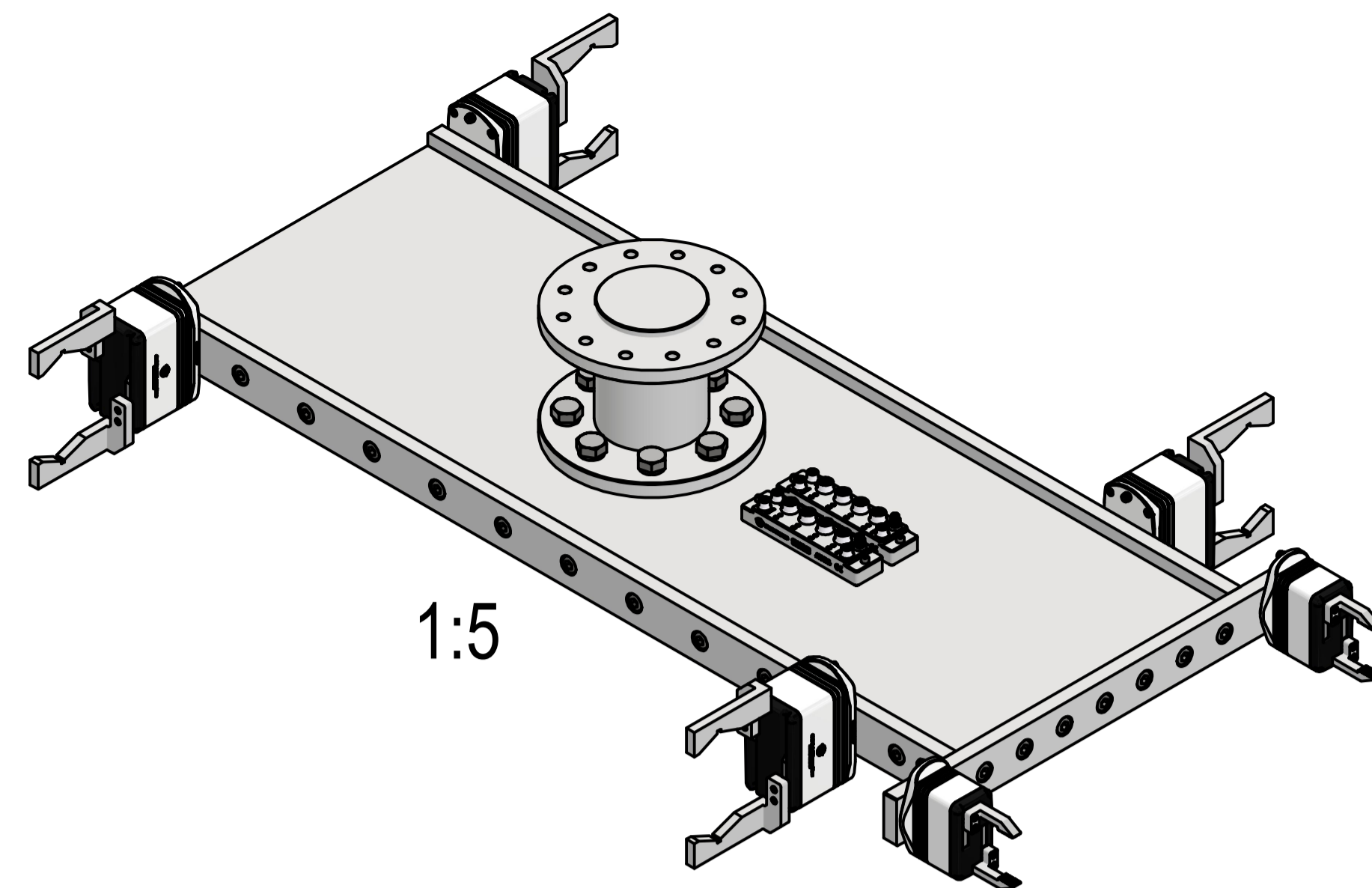
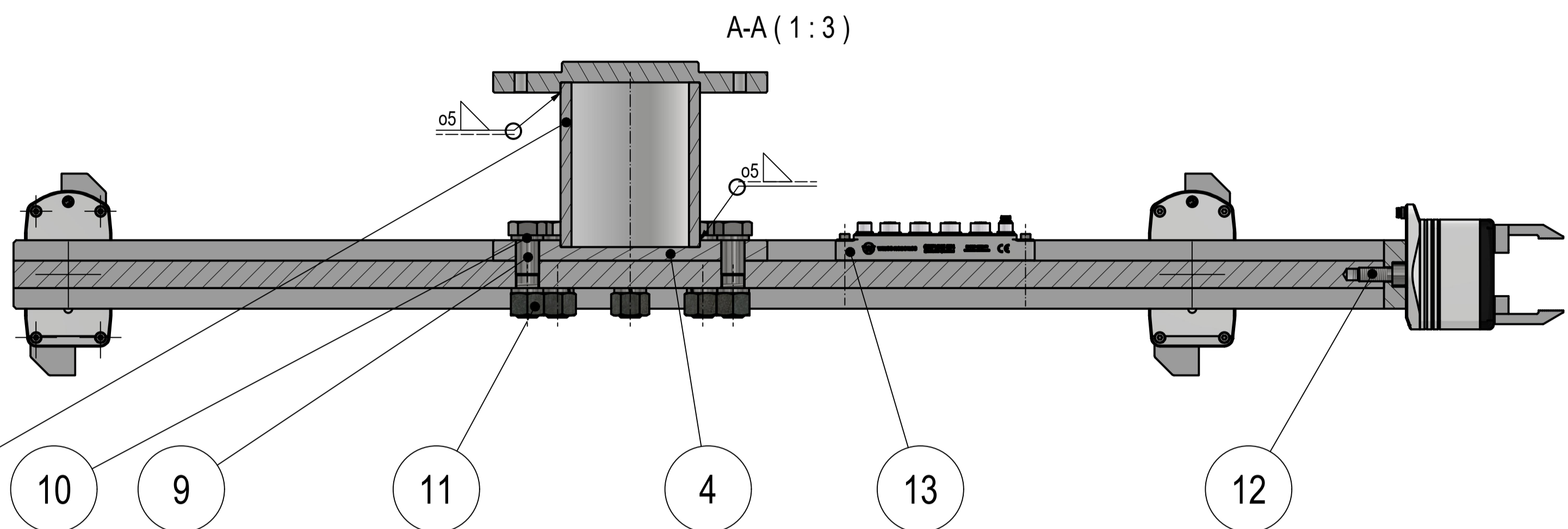
## Seznam použitého softwaru

1. Autodesk Inventor Professional 2025
2. Microsoft Office Word



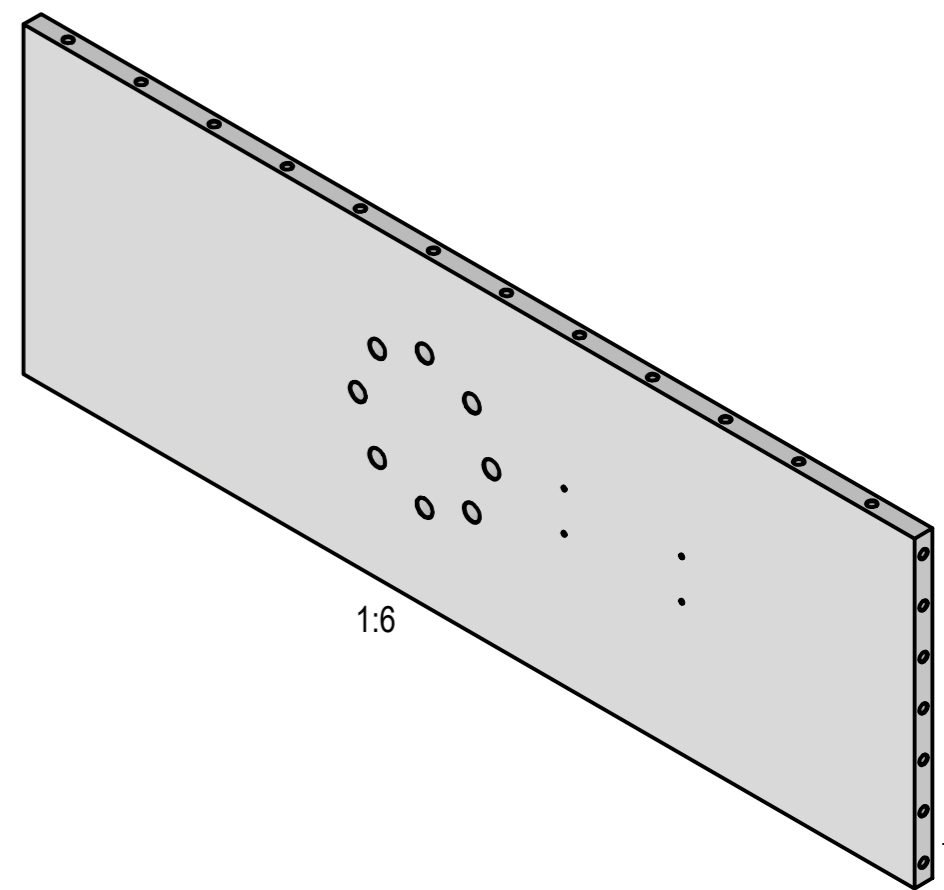
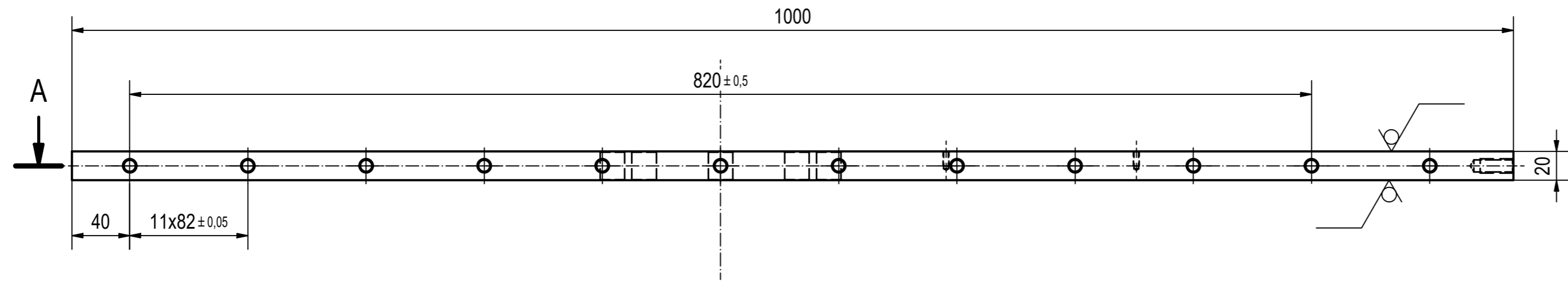
9	Tažný stroje - pravý	BP-00-09-00
8	Tažný stroje - levý	BP-00-08-00
7	Manipulační prostor	BP-00-07-00
6	Ochoz	BP-00-06-00
5	Tavící agregát	BP-00-05-00
4	Přídavný dopravník se zásobníkem pro izolační lana	BP-00-04-00
3	Vážicí zařízení	BP-00-03-00
2	Robotický manipulátor IRB 6650S s efektoem	BP-00-02-00
1	Pásová temperovací pec	BP-00-01-00
Pozice		Název
		Označení součástí

Zařízení											
Kusů	Název - Rozměr	Hr. R. 1	Hr. R. 2	MJ	HR	Norma	Materiál	SAP	Číslo sestavy	Poz.	
Přesnost tolerování NETOLEROVANÉ ROZMĚRY ISO 2768 -mK											
Starý výkres											
Hrubá hmotnost											
Poznámka											
Kreslil	Štěpán Jirá										
Přezkoušel											
Datum	20.04.2024										
Užavení	<b>VEŘEJNÉ</b>	Měřítko	1:40								
CHRÁNĚNO PODLE ISO 15916		NÁZEV		LAYOUT PRACOVISTĚ		Typ		Číslo výkresu		Verze	
						1-BP S20000361 00-00-00					
						SAP				List 1 Listů 14	

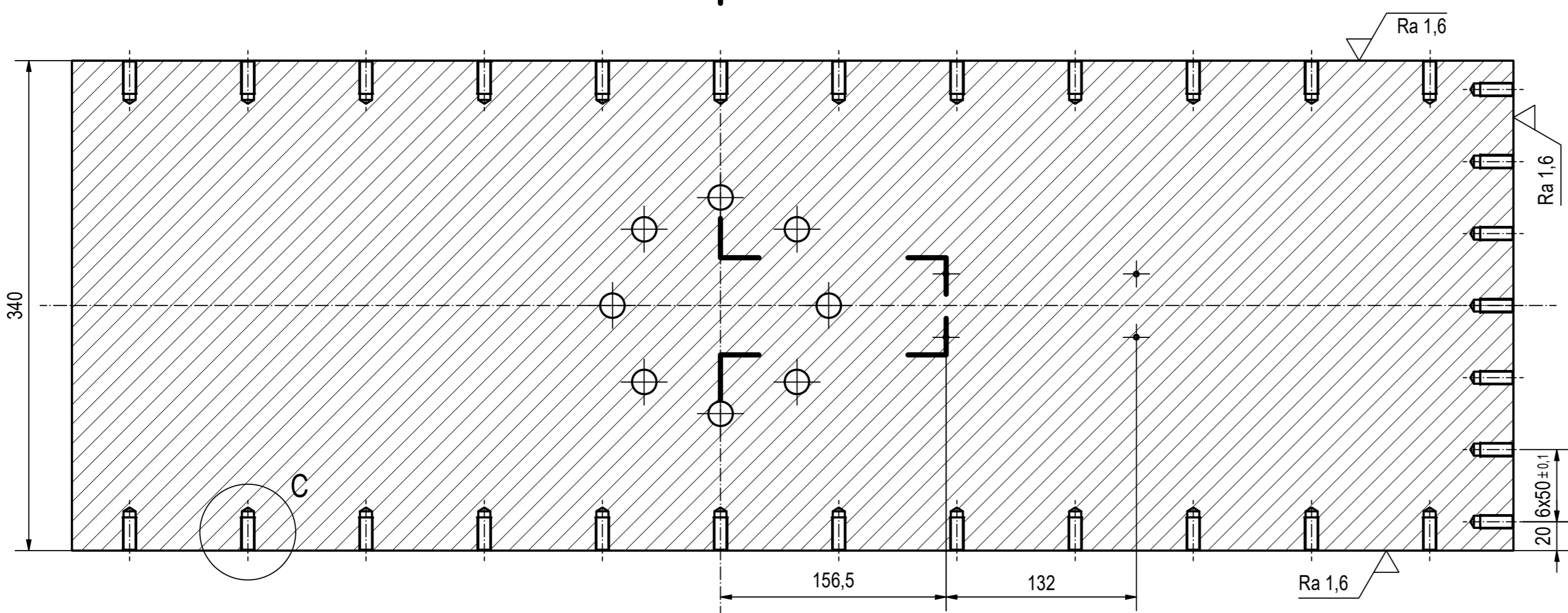
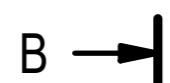


14	ŠROUB M4x25	ISO 4762	4
13	GRIPLINK-ET4	Weiss robotics	2
12	ŠROUB M10x25	ISO 4762	31
11	MATICE M16	ČSN 24033	8
10	PODLOŽKA 16	ČSN 02 1740	16
9	ŠROUB M16x60	ČSN 02 1111	8
8	KR101.6-180	EN 10210	1
7	Uchopovací mechanismus - lano	3-BP S20000361 01-00-08	2
6	Uchopovací mechanismus - tyč V2	3-BP S20000361 01-00-07	4
5	Příruba 02	4-BP S20000361 01-00-05	1
4	Příruba 01	4-BP S20000361 01-00-04	1
3	Bočnice - lano	3-BP S20000361 01-03-03	1
2	Bočnice - tyč	3-BP S20000361 01-00-02	2
1	Základní deska	2-BP S20000361 01-00-01	1
Pozice	Název	Označení součásti	KS

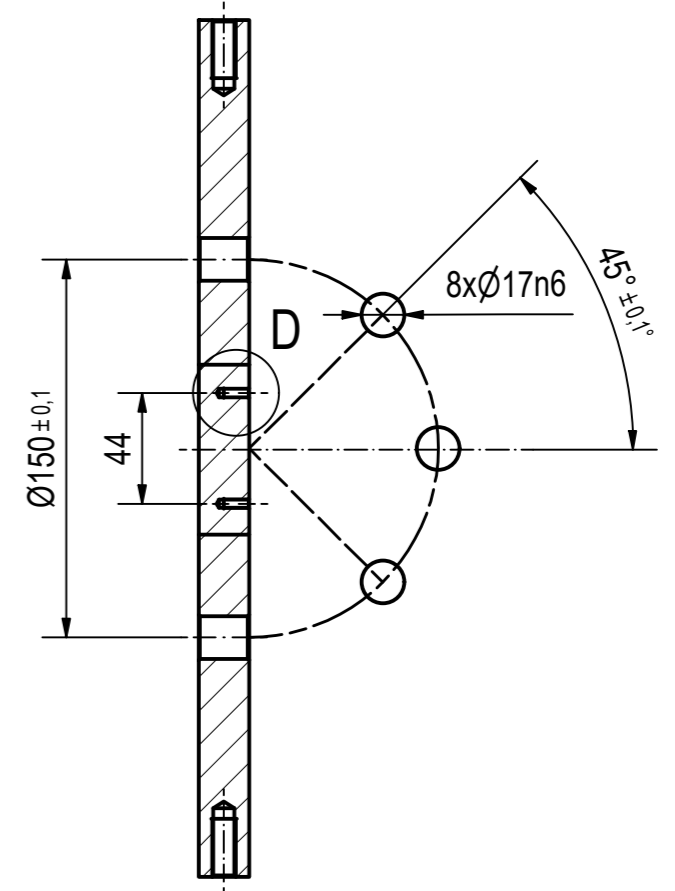
Kusovník										
Kusů	Název - Rozměr	Hr. R. 1	Hr. R. 2	MJ	HR	Norma	Materiál	SAP	Číslo sestavy	Poz.
	Přesnost tolerování	NETOLEROVANÉ ROZMĚRY ISO 2768 -mK				Ver.	Stat.	Datum	Nastavil	Text
	Starý výkres									
	Hrubá hmotnost									
	Poznámka									
Kreslil	Svárnýk jří					NÁZEV				
Přezkoušel						EFEKTOR				
Datum	20.04.2024	Měřítko	1:3			Typ		DD		
Utajení	VEREJNÉ					Číslo výkresu		1-BP S20000361 01-00-00		
CHRÁNĚNO PODLE ISO 15916		SAP				Verze				



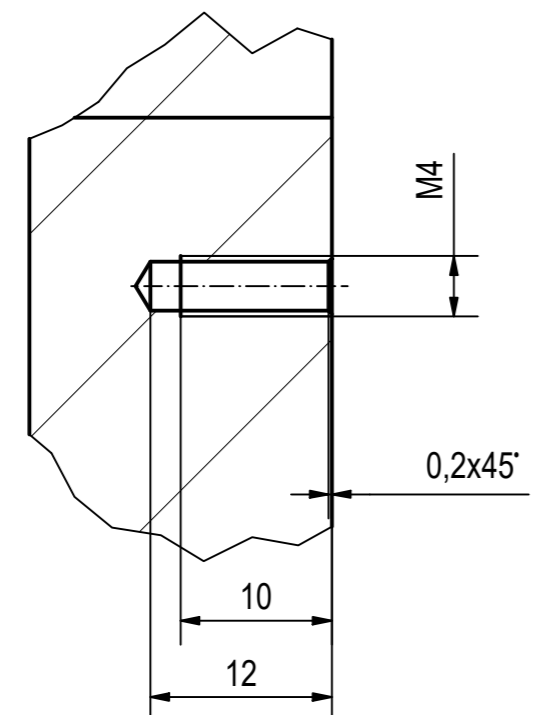
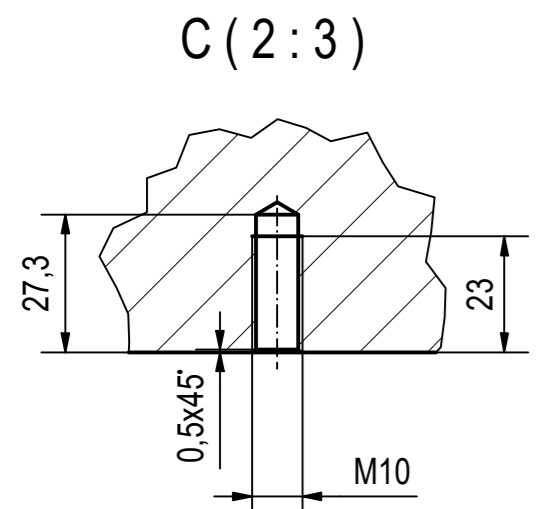
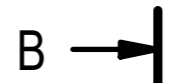
A-A (1:3)



B-B (1:3)



D (2:1)

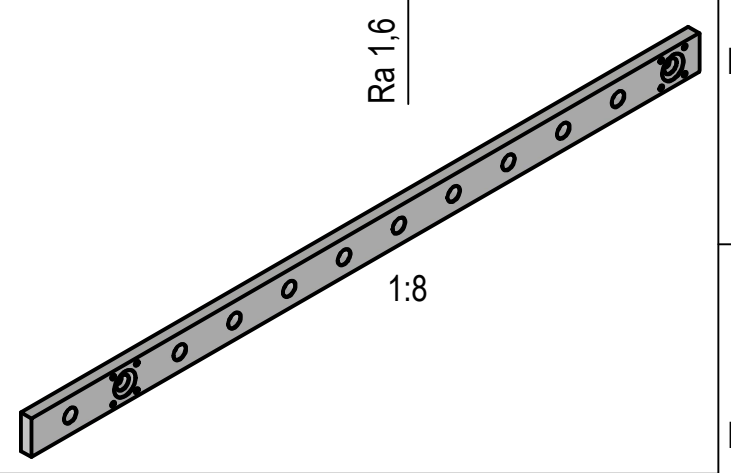
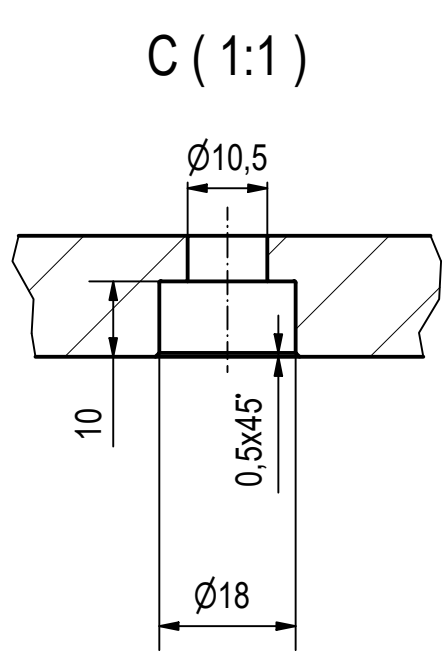
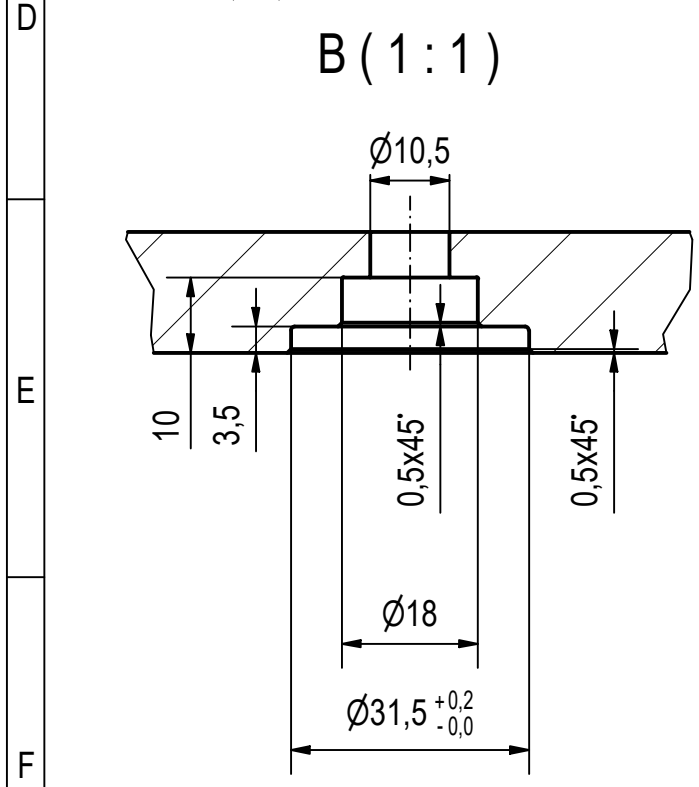
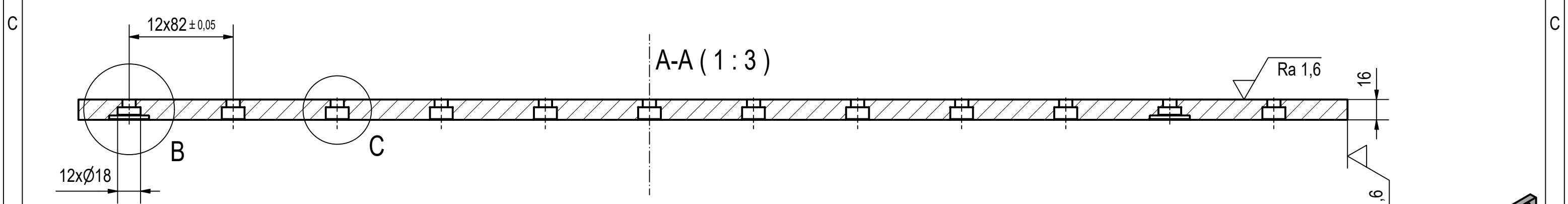
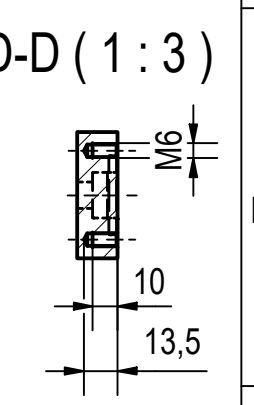
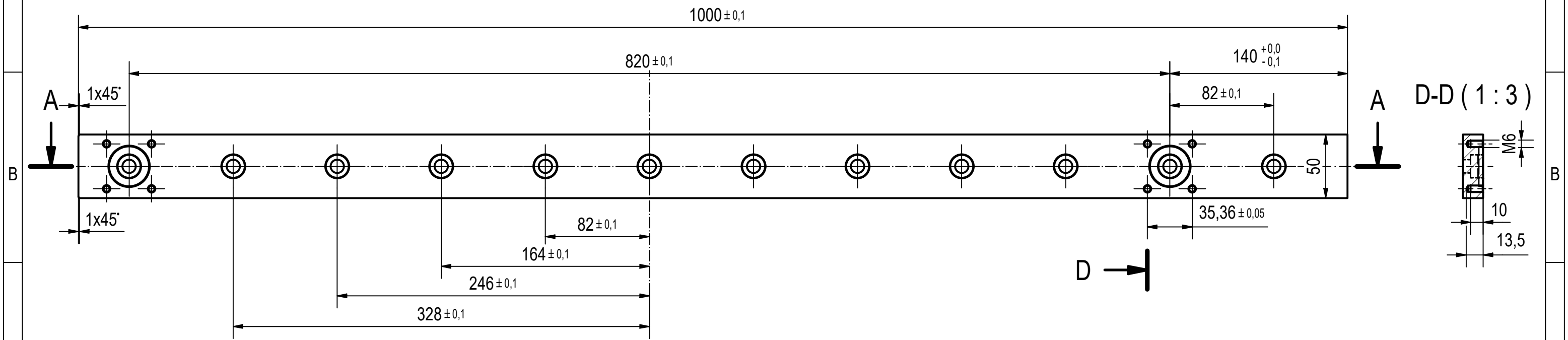


VŠECHNY NEOZNAČENÉ DÍRY SE ZÁVITY PRO ŠROUBY JSOU STEJNÉ S DETAILEM C

1	350x20-1000				42 5524	11 550		BP-01-00-00	1
Kusů	Název - Rozměr	Hr.R. 1	Hr.R. 2	MJ HrR	Norma	Materiál	SAP	Číslo sestavy	Poz.
Přesnost tolerování	NETOLEROVANÉ ROZMĚRY ISO 2768 -mK				Ver.	Stat.	Datum	Nastavil	Text
Starý výkres					Změna				
Hrubá hmotnost									
Poznámka									
Kreslil	Stránský Jiří				NÁZEV				
Přezkoušel					ZÁKLADNÍ DESKA				
Datum	20.04.2024		Měřítka						
Utajení	VEŘEJNÉ		1:3	Typ		DD			
CHRÁNĚNO PODLE ISO 16016				Číslo výkresu		2-BP S20000361 BP-01-00-01			
				SAP		Verze			
						List 3 Listů 14			

1 2 3 4 5 6 7 8

A A

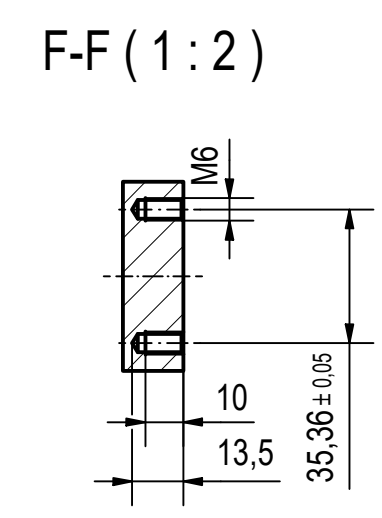
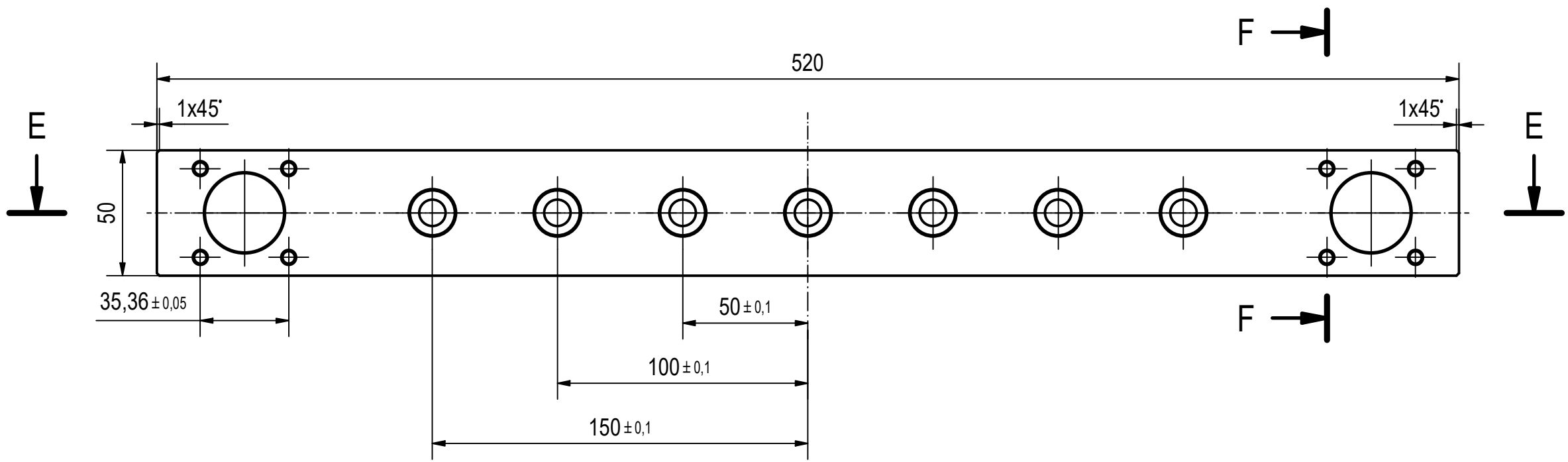


Ra 3,2 (Ra 1,6)

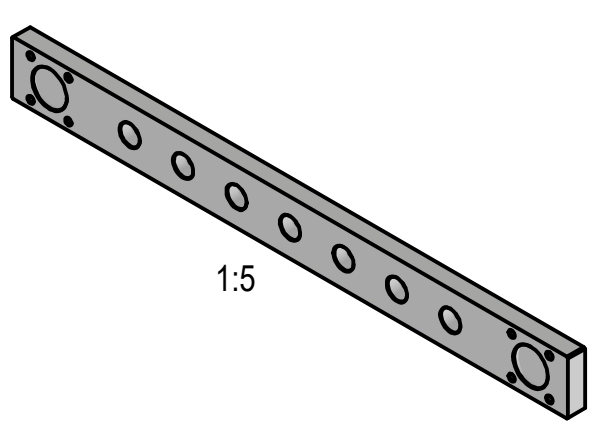
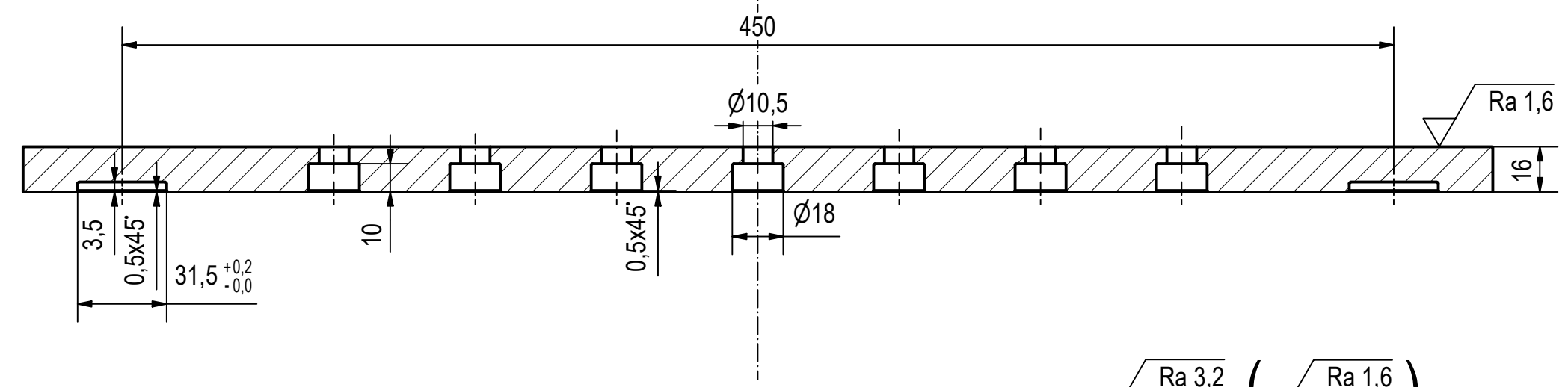
2	PLO 55x16-1000 Z				42 5522	11 550		BP-01-00-00	2
Kusů	Název - Rozměr	Hr.R. 1	Hr.R. 2	MJ HrR	Norma	Materiál	SAP	Číslo sestavy	Poz.
Přesnost tolerování	NETOLEROVANÉ ROZMĚRY ISO 2768 -mK				Ver.	Stat.	Datum	Nastavil	Text
Starý výkres					Změna				
Hrubá hmotnost									
Poznámka									
Kreslil	Stránský Jiří				NÁZEV BOČNICE - TYČ				
Přezkoušel					Typ Číslo výkresu 3-BP S20000361 BP-01-00-02				
Datum	20.04.2024		Měřitko	DD Verze					
Utajení	<b>VEŘEJNÉ</b>		1:3	SAP					
CHRÁNĚNO PODLE ISO 16016					List 4 Listů 14				

1 2 3 4 5 6 7 8

F F



E-E (1:2)



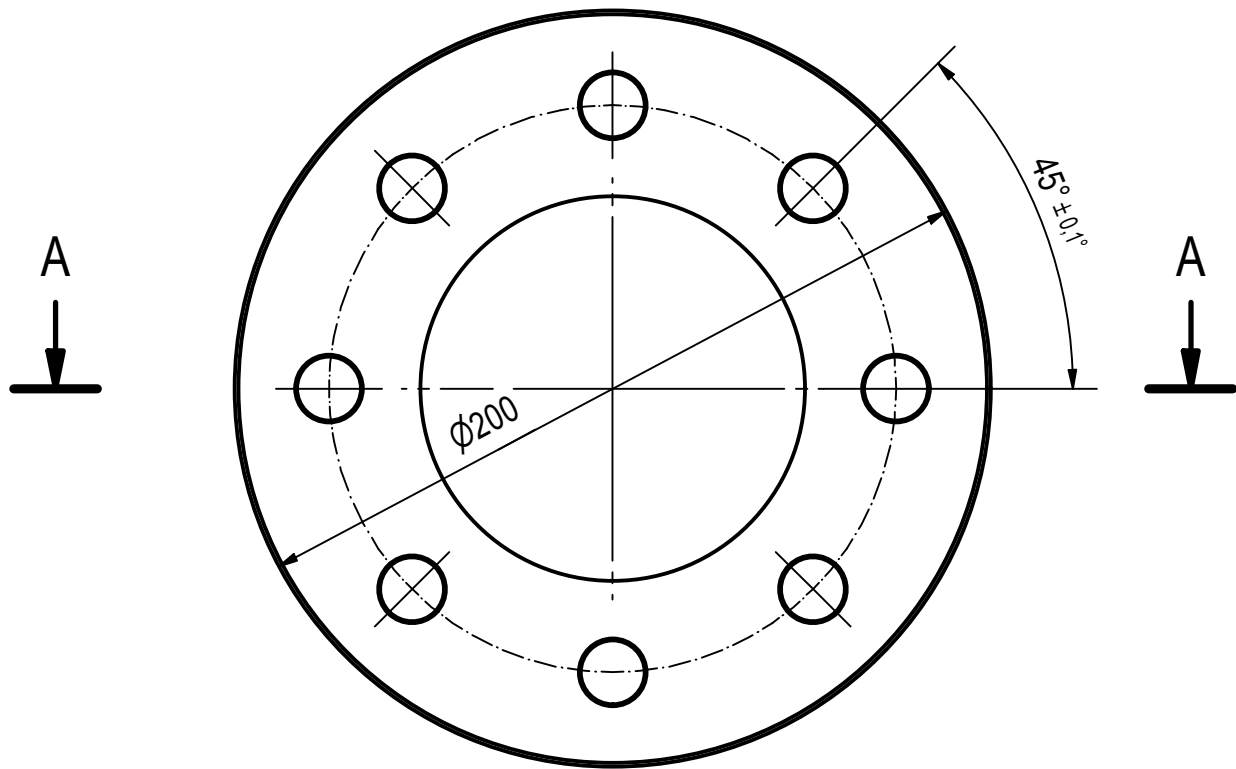
1	PLO 55x16-450 Z				42 5522	11 550		BP-01-00-00	3
Kusů	Název - Rozměr	Hr.R. 1	Hr.R. 2	MJ HrR	Norma	Materiál	SAP	Číslo sestavy	Poz.
Přesnost tolerování	NETOLEROVANÉ ROZMĚRY ISO 2768 -mK				Ver.	Stat.	Datum	Nastavil	Text
Starý výkres					Změna				
Hrubá hmotnost									
Poznámka									
Kreslil	Stránský Jiří				NÁZEV BOČNICE - LANO				
Přezkoušel					Typ Číslo výkresu 3-BP S20000361 01-00-03				
Datum	20.04.2024	Měřitko 1:2				DD Verze			
Utajení	<b>VEŘEJNÉ</b>				SAP				
CHRÁNĚNO PODLE ISO 16016					List 5 Listů 14				

1

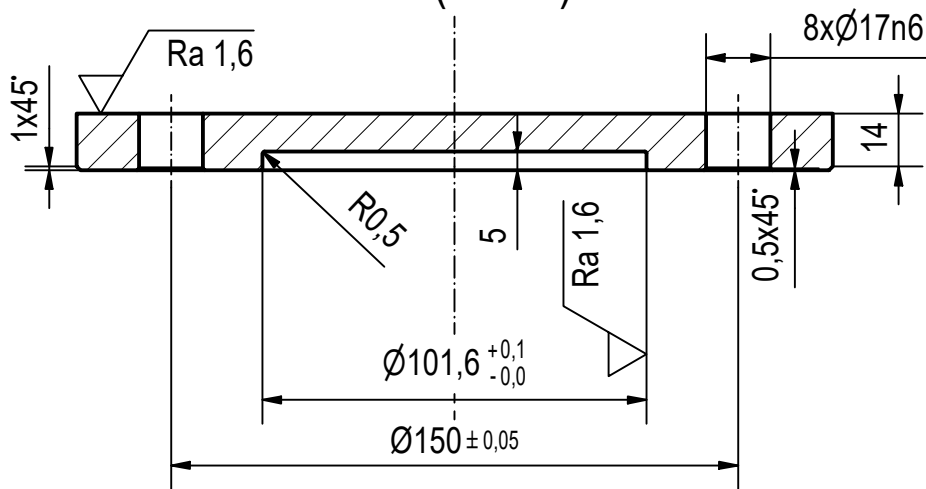
2

3

4



A-A (1:2)



Ra 3,2 ( Ra 1,6 )

1	KR210-15				EN 10060	11 373		BP-02-00-00	4	
Kusů	Název - Rozměr	Hr.R. 1	Hr.R. 2	MJ HrR	Norma	Materiál	SAP	Číslo sestavy	Poz.	
Přesnost tolerování	NETOLEROVANÉ ROZMĚRY ISO 2768 -mK				Ver.	Stat.	Datum	Nastavil	Text	
Starý výkres					Změna					
Hrubá hmotnost										
Poznámka										
Kreslil	Stránský Jiří				NÁZEV	PŘÍRUBA 01				
Přezkoušel					Typ	DD				
Datum	20.04.2024	Měřítka				Číslo výkresu	4-BP S20000361 01-04-00			Verze
Utajení	<b>VEŘEJNÉ</b>	1:2				SAP				
CHRÁNĚNO PODLE ISO 16016					List 6 Listů 14					

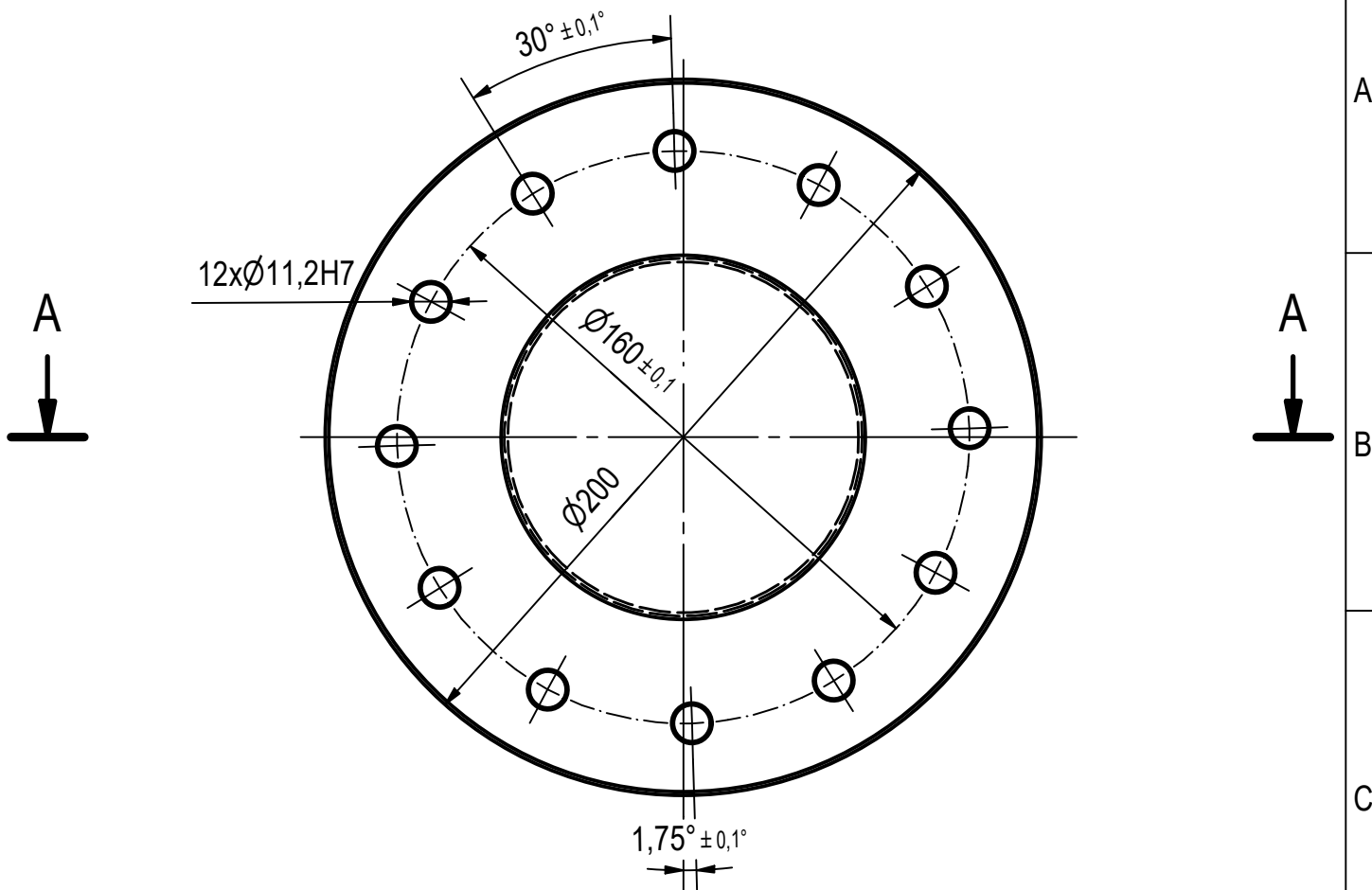


1

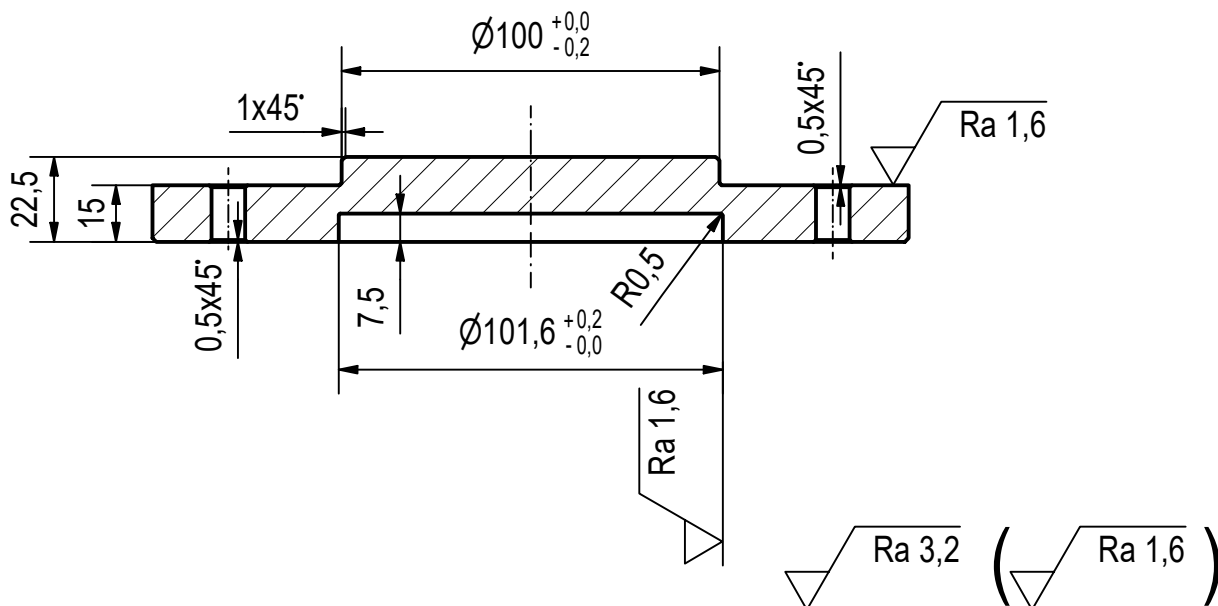
2

3

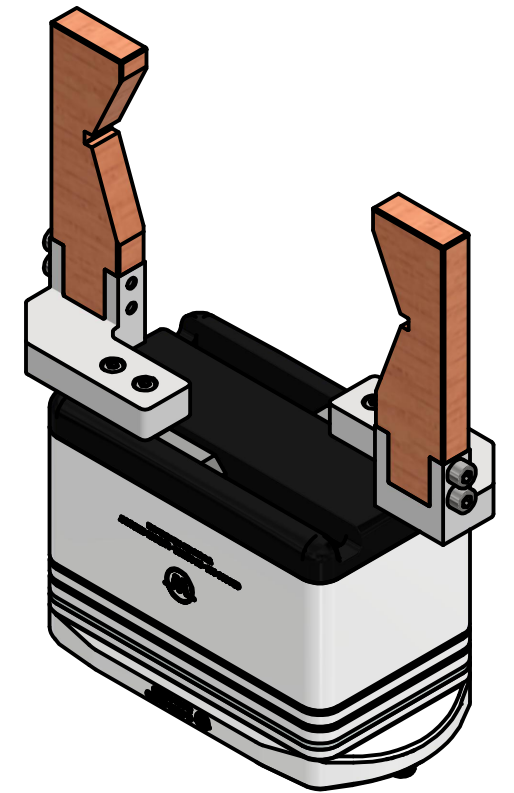
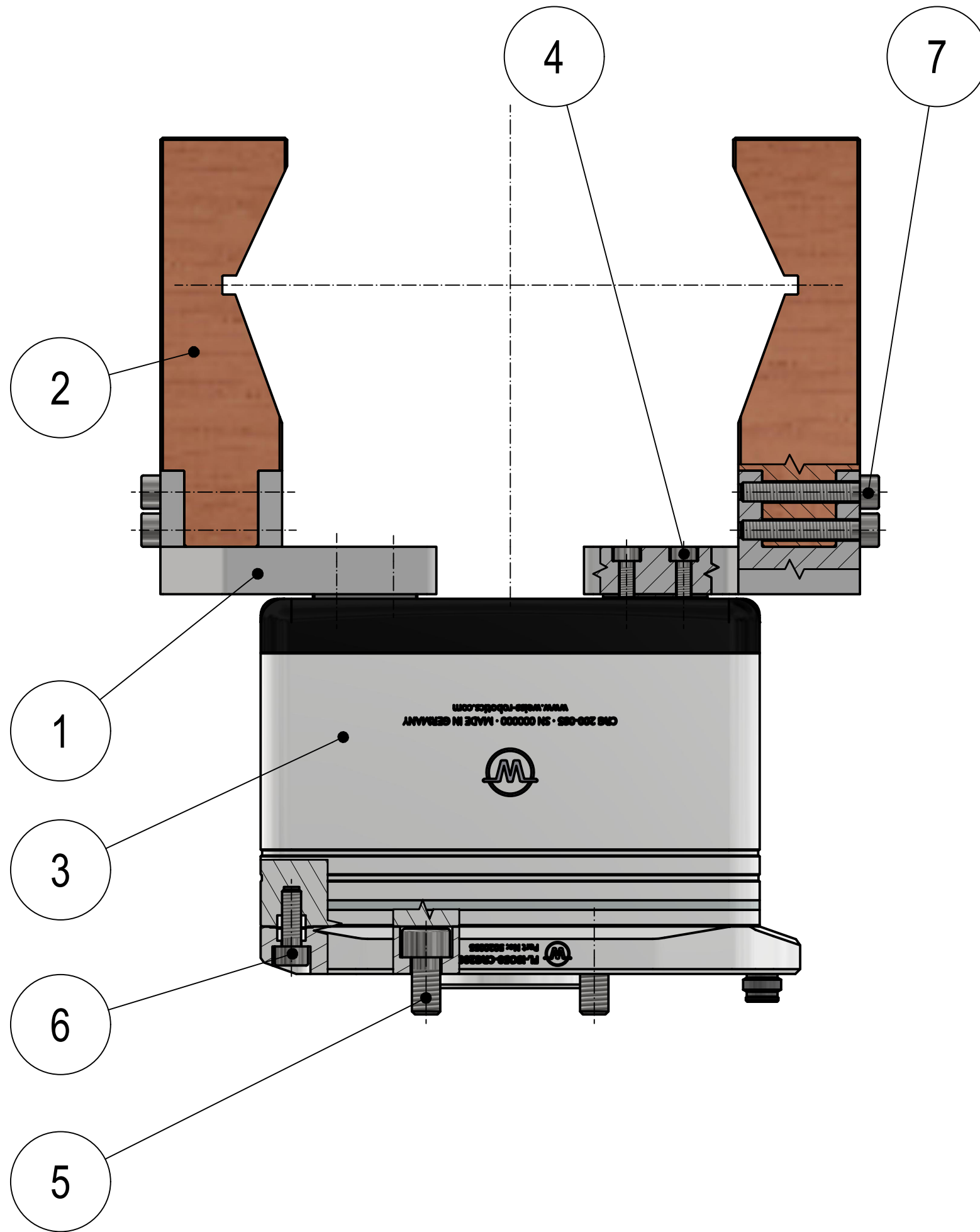
4



A-A (1:2)



1	KR210-25				EN 10060	11 373		01-00-00	5
Kusů	Název - Rozměr	Hr.R. 1	Hr.R. 2	MJ HrR	Norma	Materiál	SAP	Číslo sestavy	Poz.
Přesnost tolerování	NETOLEROVANÉ ROZMĚRY ISO 2768 -mK				Ver.	Stat.	Datum	Nastavil	Text
Starý výkres					Změna				
Hrubá hmotnost									
Poznámka									
Kreslil	Stránský Jiří				NÁZEV				
Přezkoušel					PŘÍRUBA 02				
Datum	20.04.2024	Měřítka							
Utajení	VEŘEJNÉ		1:2	Typ		Číslo výkresu		4-BP S20000361 01-00-05	DD Verze
CHRÁNĚNO PODLE ISO 16016				SAP					List 7 Listů 14



1:2

7	ŠROUB B4x25	ISO 4168	4
6	ŠROUB M4x12	ISO 4762	4
5	ŠROUB M6x12	ISO 4762	4
4	ŠROUB M3x12	ISO 4762	4
3	CRG 200-85 Weiss robotics	-	1
2	UCHOPOVACÍ PRVEK VOLNÝ	4-BP S20000361 01-06-02	2
1	UCHOPOVACÍ PRVEK PEVNÝ	4-BP S20000361 01-06-01	2
Pozice	Název	Označení součásti	KS

Kusovník

Kusů	Název - Rozměr	Hr.R. 1	Hr.R. 2	MJ HrR	Norma	Materiál	SAP	Číslo sestavy	Poz.
Přesnost tolerování	NETOLEROVANÉ ROZMĚRY ISO 2768 -mK				Ver.	Stat.	Datum	Nastavil	Text
Starý výkres					Změna				
Hrubá hmotnost									
Poznámka									
Kreslil	Stránský Jiří				NÁZEV				
Přezkoušel					UCHOPOVACÍ MECHANISMUS TYČ V1				
Datum	20.04.2024	Měřítko							
Utajení	<b>VEŘEJNÉ</b>	1:1				Typ	DD		
CHRÁNĚNO PODLE ISO 16016				Číslo výkresu		3-BP S20000361 01-06-00			Verze
				SAP					List 8 Listů 14

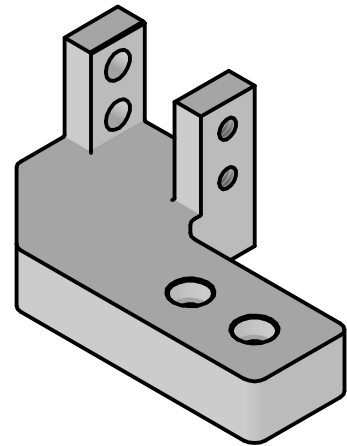
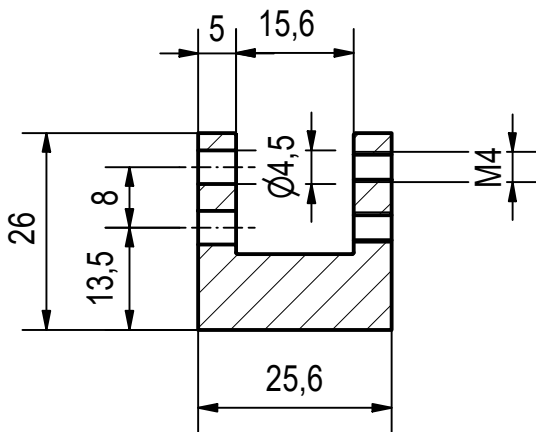
1

2

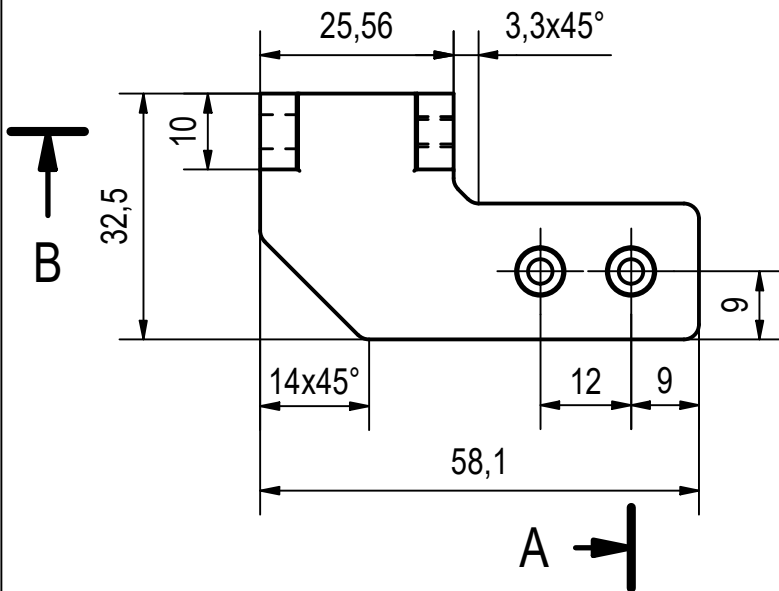
3

4

B-B (1:1)

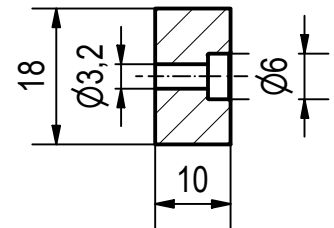


A →



A-A (1:1)

B ↑



A →

VŠECHNA ZAOBLENÍ R0,5  
VŠECHNA ZKOSENÍ 0,5x45°

Ra 1,6

2	4 HR 63-25				42 7520.02	42 4002		01-06-00	1
Kusů	Název - Rozměr	Hr.R. 1	Hr.R. 2	MJ HrR	Norma	Materiál	SAP	Číslo sestavy	Poz.
Přesnost tolerování	NETOLEROVANÉ ROZMĚRY ISO 2768 -mK				Ver.	Stat.	Datum	Nastavil	Text
Starý výkres					Změna				
Hrubá hmotnost									
Poznámka									
Kreslil	Stránský Jiří				NÁZEV				
Přezkoušel					UCHOPOVACÍ PRVEK PEVNÝ V1				
Datum	20.04.2024	Měřítka	Typ DD						
Utajení	<b>VEŘEJNÉ</b>	1:1	Číslo výkresu 4-BP S20000361 01-06-01 Verze						
CHRÁNĚNO PODLE ISO 16016					SAP				
					List 9 Listů 14				

A

B

C

D

E

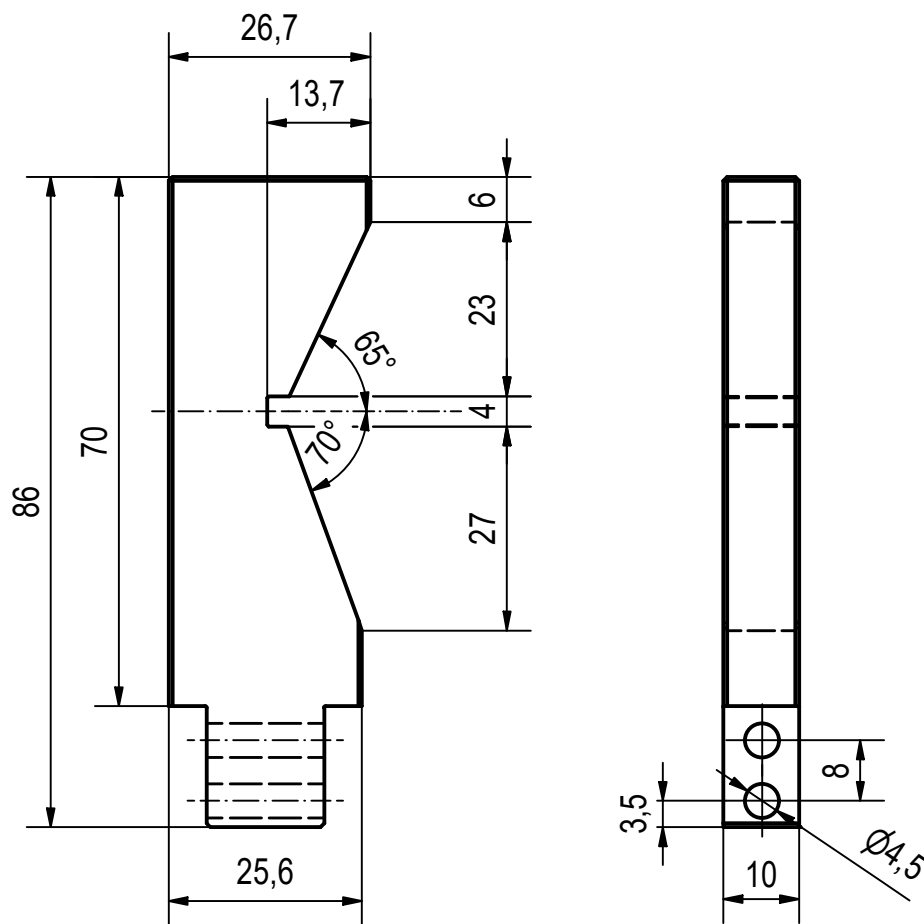
F

1

2

3

4



A

B

C

D

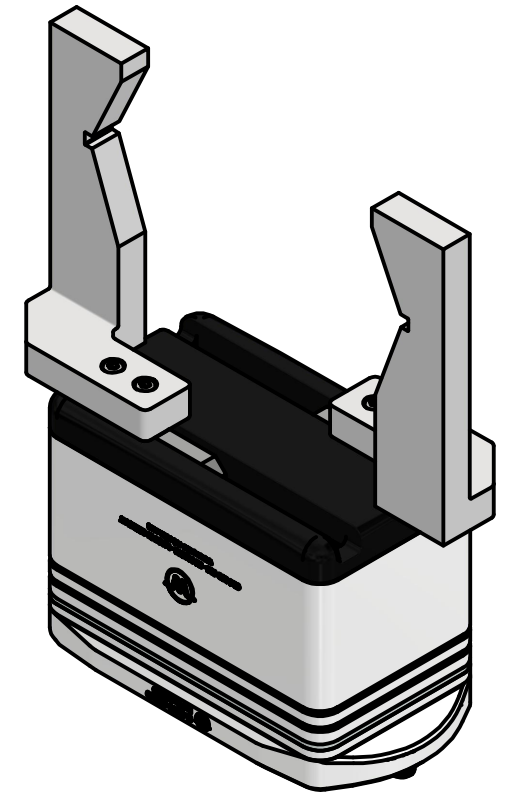
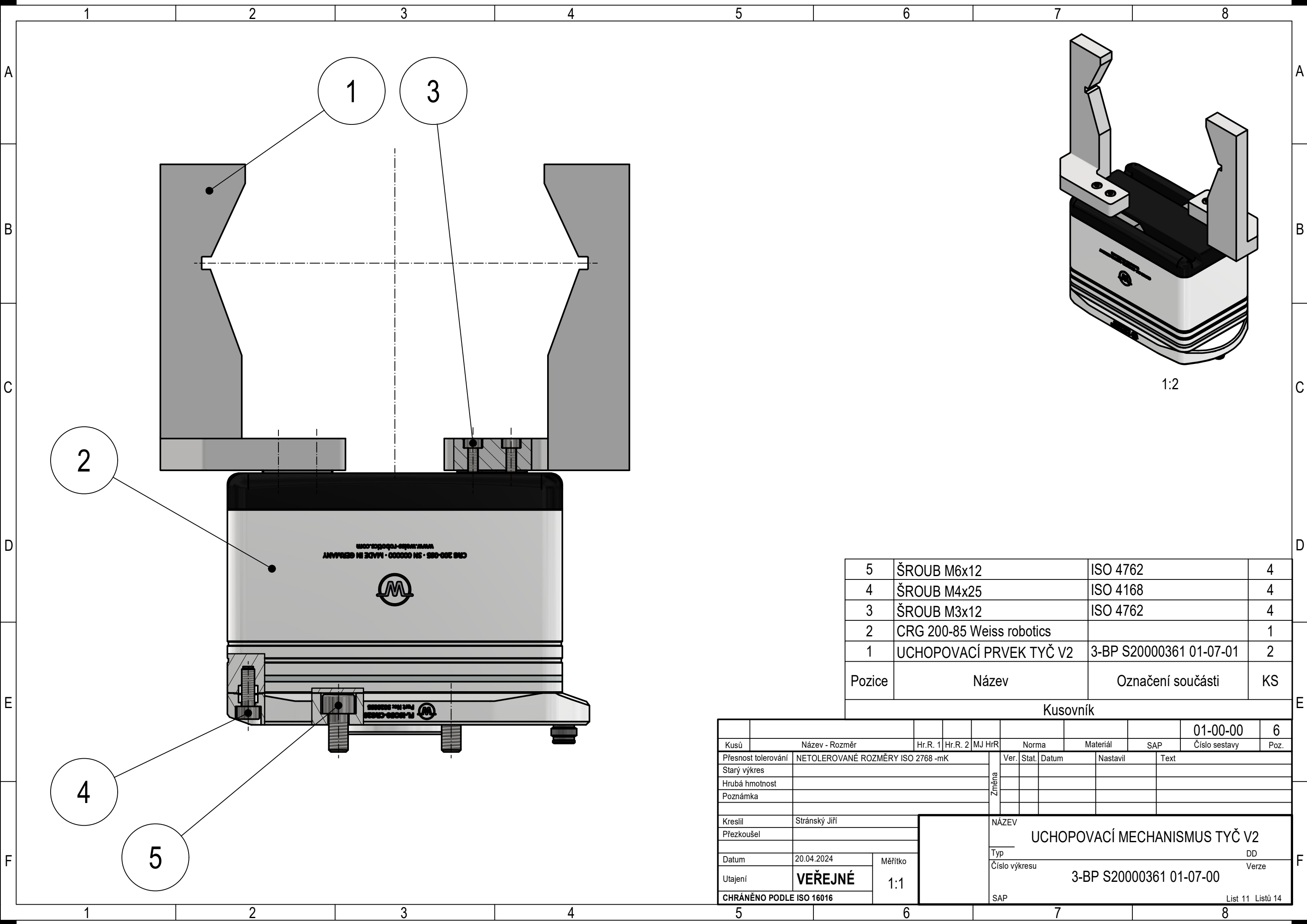
E

F

VŠECHNA ZAObLENÍ R0,5  
VŠECHNA ZKOSENÍ 0,5x45°

Ra 1,6

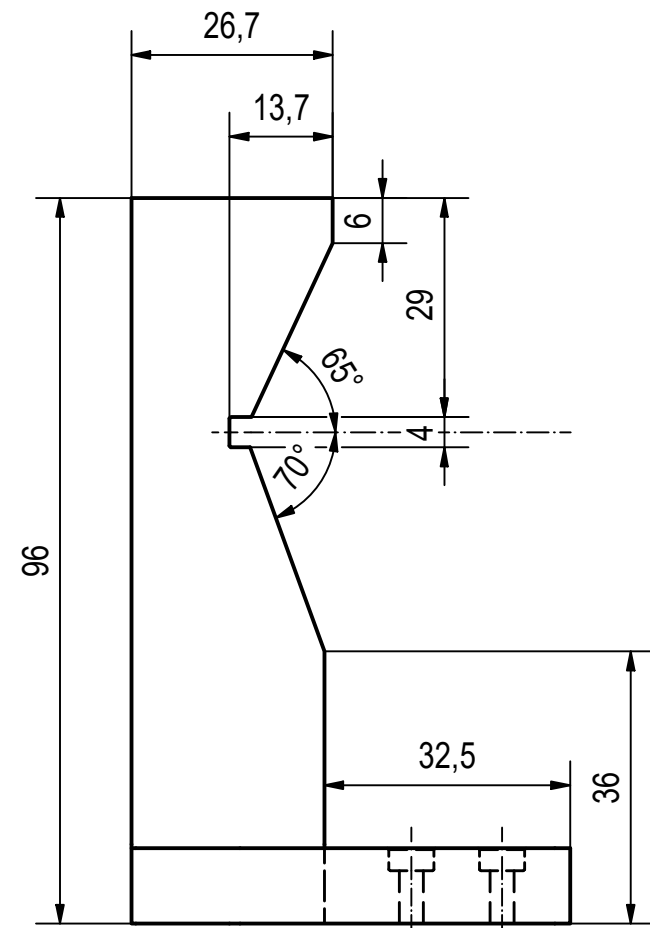
Kusů	Název - Rozměr	Hr.R. 1	Hr.R. 2	MJ	HrR	Norma	Materiál	SAP	Číslo sestavy	Poz.
Přesnost tolerování	NETOLEROVANÉ ROZMĚRY ISO 2768 -mK					Ver.	Stat.	Datum	Nastavil	Text
Starý výkres						Změna				
Hrubá hmotnost										
Poznámka										
Kreslil	Stránský Jiří	NÁZEV <b>UCHOPOVACÍ PRVEK VYMĚNITELNÝ V1</b>				Typ	DD			
Přezkoušel						Číslo výkresu	Verze			
Datum	20.04.2024					Měřítko	4-BP S20000361 01-06-02			
Utajení	<b>VEŘEJNÉ</b>					1:1	SAP			
CHRÁNĚNO PODLE ISO 16016										
										List 10 Listů 14



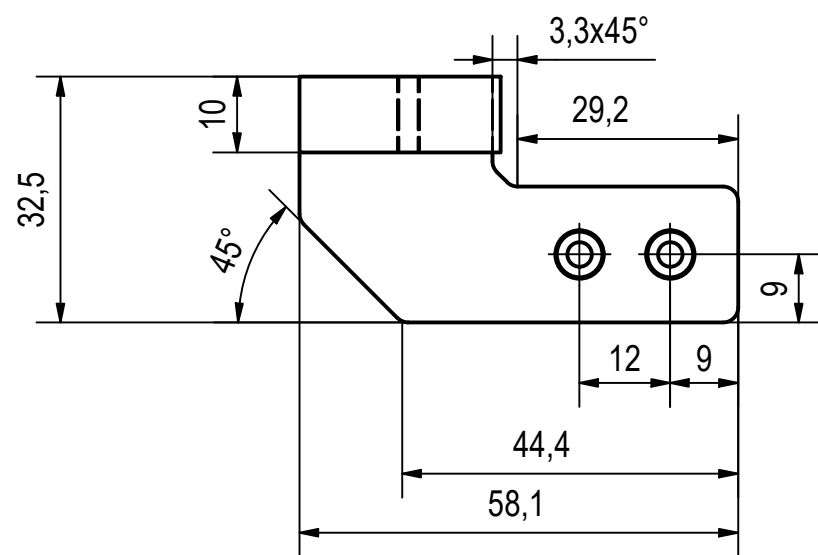
1:2

5	ŠROUB M6x12	ISO 4762	4
4	ŠROUB M4x25	ISO 4168	4
3	ŠROUB M3x12	ISO 4762	4
2	CRG 200-85 Weiss robotics		1
1	UCHOPOVACÍ PRVEK TYČ V2	3-BP S20000361 01-07-01	2
Pozice	Název	Označení součásti	KS
Kusovník			

								01-00-00		6
Kusů	Název - Rozměr	Hr.R. 1	Hr.R. 2	MJ HrR	Norma	Materiál	SAP	Číslo sestavy	Poz.	
Přesnost tolerování	NETOLEROVANÉ ROZMĚRY ISO 2768 -mK				Ver.	Stat.	Datum	Nastavil	Text	
Starý výkres					Změna					
Hrubá hmotnost										
Poznámka										
Kreslil	Stránský Jiří					NÁZEV		UCHOPOVACÍ MECHANISMUS TYČ V2		
Přezkoušel						Typ		DD		
Datum	20.04.2024	Měřítko				Číslo výkresu		Verze		
Utajení	<b>VEŘEJNÉ</b>	1:1				3-BP S20000361 01-07-00				
CHRÁNĚNO PODLE ISO 16016						SAP		List 11 Listů 14		

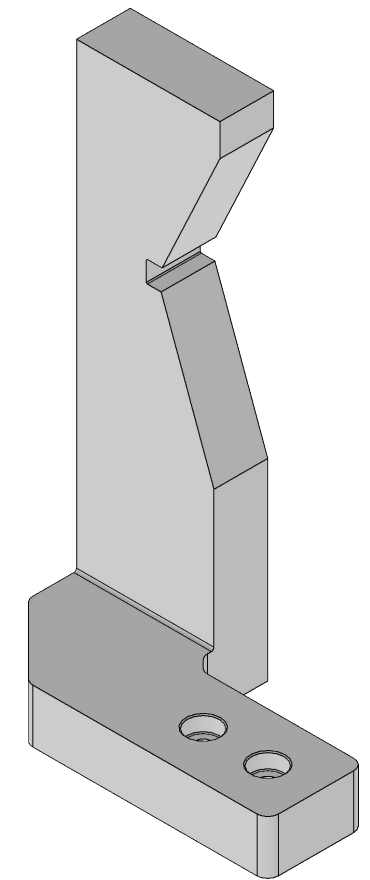
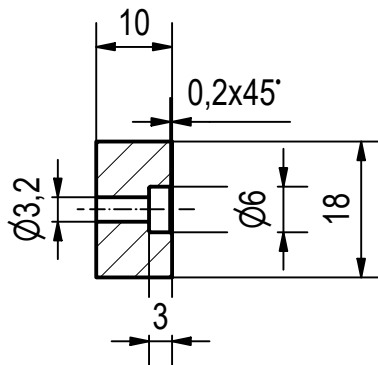


A →



A →

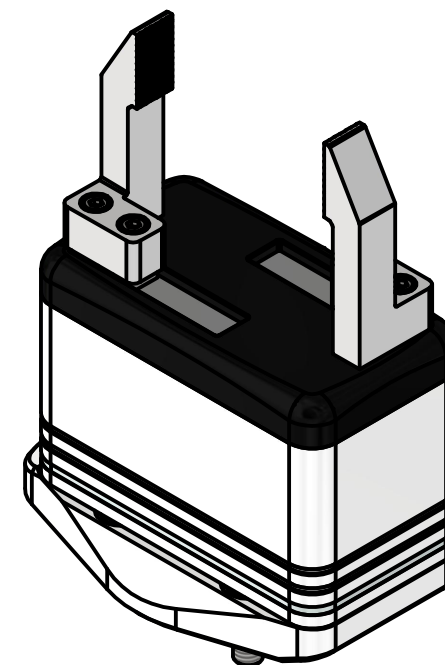
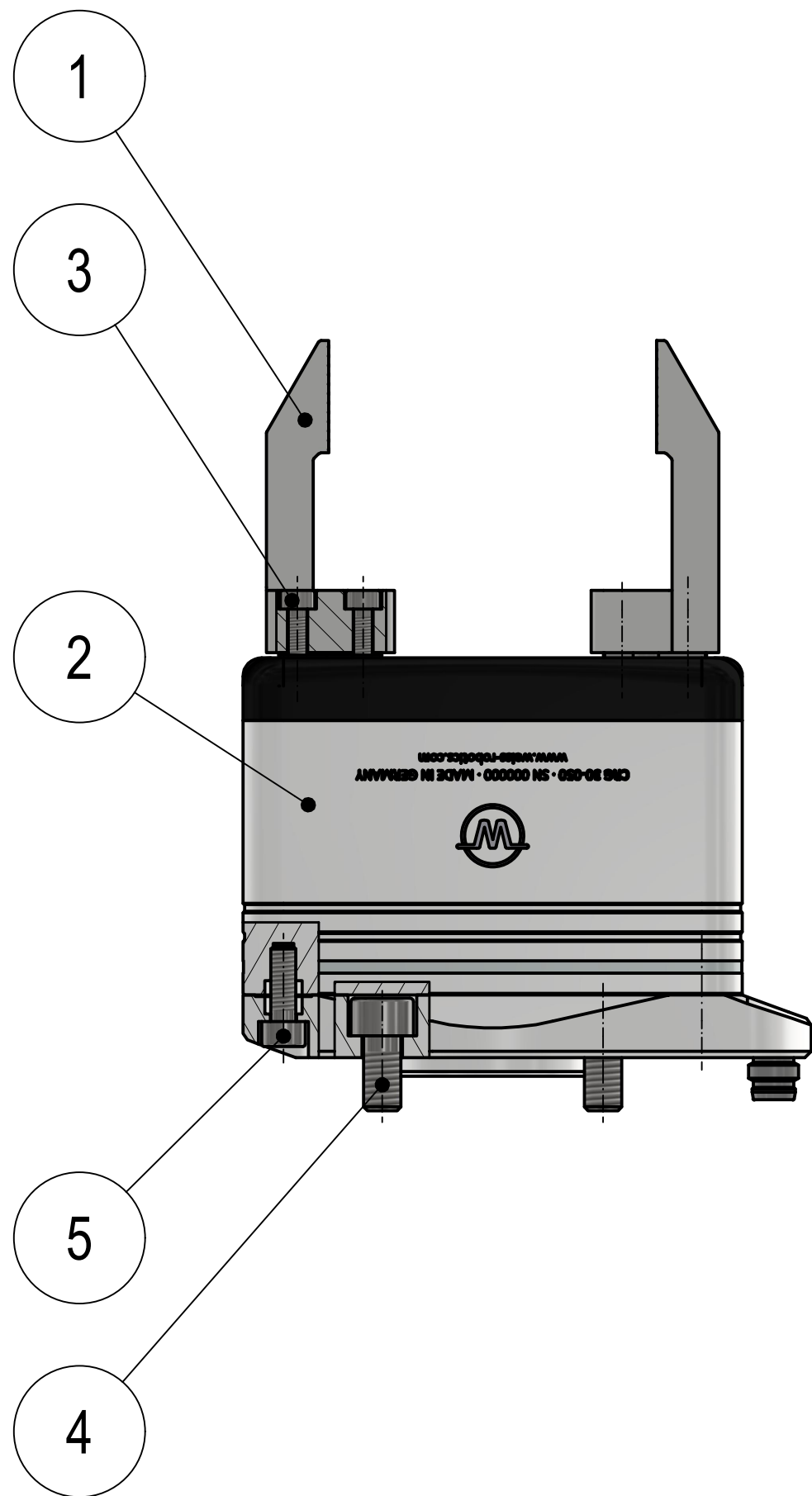
A-A (1:1)



VŠECHNA ZAOBLENÍ JSOU R2

Ra 1,6

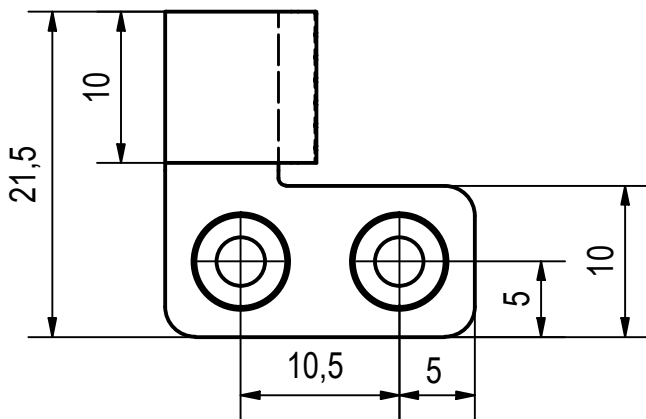
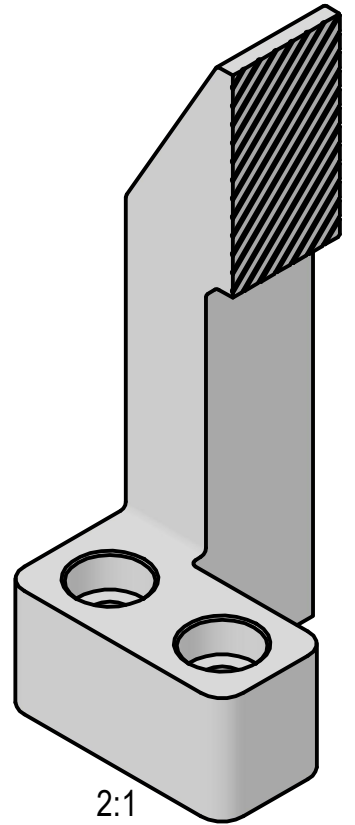
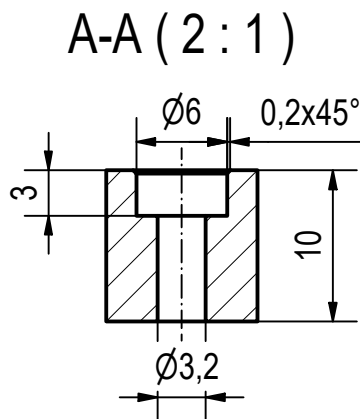
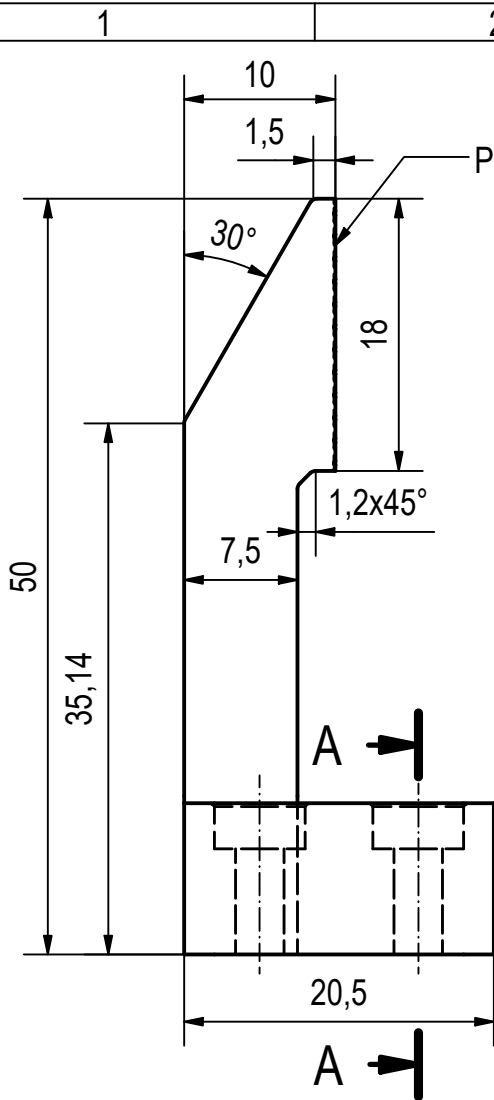
2	4 HR 63-100				42 7520.02	42 4002		01-07-00	1
Kusů	Název - Rozměr	Hr.R. 1	Hr.R. 2	MJ HrR	Norma	Materiál	SAP	Číslo sestavy	Poz.
Přesnost tolerování	NETOLEROVANÉ ROZMĚRY ISO 2768 -mK				Ver.	Stat.	Datum	Nastavil	Text
Starý výkres					Změna				
Hrubá hmotnost									
Poznámka									
Kreslil	Stránský Jiří				NÁZEV				
Přezkoušel					UCHOPOVACÍ PRVEK TYČ V2				
Datum	20.04.2024	Měřítko		Typ					
Utajení	<b>VEŘEJNÉ</b>	1:1		Číslo výkresu					
CHRÁNĚNO PODLE ISO 16016				SAP					DD Verze
								3-BP S20000361 01-07-01	List 12 Listů 14



1:1,5

5	ŠROUB M4x12	ISO 4762	4
4	ŠROUB M6x12	ISO 4762	4
3	ŠROUB M3x12	ISO 4762	4
2	CRG 200-85 Weiss robotics	-	1
1	UCHOPOVACÍ PRVEK LANO	4-BP S20000361 01-08-01	2
Pozice	Název	Označení součásti	KS
Kusovník			

								01-00-00	7
Kusů	Název - Rozměr	Hr.R. 1	Hr.R. 2	MJ HrR	Norma	Materiál	SAP	Číslo sestavy	Poz.
Přesnost tolerování	NETOLEROVANÉ ROZMĚRY ISO 2768 -mK				Ver.	Stat.	Datum	Nastavil	Text
Starý výkres					Změna				
Hrubá hmotnost									
Poznámka									
Kreslil	Stránský Jiří			NÁZEV <b>UCHOPOVACÍ MECHANISMUS LANO</b>		Typ		DD	
Přezkoušel						Číslo výkresu		Verze	
Datum	20.04.2024	Měřítko		3-BP S20000361 01-08-00					
Utajení	<b>VEŘEJNÉ</b>	1:1		SAP					
CHRÁNĚNO PODLE ISO 16016								List 13 Listů 14	



$Ra\ 1,6$

VŠECHNA ZAOBLENÍ R0,5

2	4 HR 25-55				42 7520.02	42 4002		01-08-00	1
Kusů	Název - Rozměr	Hr.R. 1	Hr.R. 2	MJ HrR	Norma	Materiál	SAP	Číslo sestavy	Poz.
Přesnost tolerování	NETOLEROVANÉ ROZMĚRY ISO 2768 -mK				Ver.	Stat.	Datum	Nastavil	Text
Starý výkres					Změna				
Hrubá hmotnost									
Poznámka									
Kreslil	Stránský Jiří				NÁZEV				
Přezkoušel					UCHOPOVACÍ PRVEK LANO				
Datum	20.04.2024	Měřítka	Typ						
Utajení	<b>VEŘEJNÉ</b>	2:1	Číslo výkresu					DD	Verze
CHRÁNĚNO PODLE ISO 16016						4-BP S20000361 01-08-01			
					SAP				