



ICES  
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija

Program: Strojništvo

Modul: Proizvodnja

# **KONSTRUKCIJA VARILNE PRIPRAVE SBG OLOGY UPPER**

Mentor: mag. Slavko Božič, univ. dipl. inž. str.

Somentor: Samo Trček, mag. ing. str.

Lektorica: Metka Golčman, prof. slov. in soc.

Kandidat: Boris Krevzel

Velenje, april 2023

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju mag. Slavku Božiču, univ. dipl. inž. str. in somentorju Samu Trčku, mag. ing. str., za pomoč in vodenje pri opravljanju diplomskega dela.

Iskrena zahvala gre moji družini, ki me je vzpodbujala, podpirala in vztrajala z mano.

Zahvaljujem se tudi lektorici Metki Golčman, ki je mojo diplomsko nalogo jezikovno in slovnično pregledala.

## IZJAVA

Študent Boris Krevzel izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom mag. Slavka Božiča, univ. dipl. inž. str. in somentorstvom Sama Trčka, mag. ing. str.

Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorski in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.

Dne \_\_\_\_\_

Podpis: \_\_\_\_\_

## **POVZETEK**

V diplomskem delu je opisan proces snovanja in razdelave varilne priprave SBG Ology Upper, ki bo vpeta v horizontalno varilno mizo v robotski varilni celici. Sistematično sta opisana snovanje in razdelava priprave, ki je bila načrtovana ter koncipirana v podjetju Cloos. Lastnosti priprave so preprosta sestava in vzdrževanje ter zanesljivi montaža in demontaža varjenih pločevin. Model priprave in sestavne ter delavniške risbe so bili izdelani v programu SolidWorks.

## **KLJUČNE BESEDE**

- Načrtovanje,
- koncipiranje,
- snovanje,
- razdelava,
- strojni elementi.

## **ZUSAMMENFASSUNG**

Die Diplomarbeit beschreibt den Entwurfs- und Entwicklungsprozess der Schweißvorrichtung SBG Ology Upper, die an einem horizontalen Schweißstisch in einer Roboterschweißzelle montiert wird. Systematisch habe ich die Gestaltung und Ausarbeitung der Schweissvorrichtung beschrieben, die in der Firma Cloos geplant und konzipiert wurde. Die Merkmale der Schweissvorrichtung sind einfache Montage und Wartung sowie die zuverlässige Montage und Demontage von geschweißten Blechen. Das Schweißmaschinenmodell, Montagezeichnungen und Werkstattzeichnungen wurden in SolidWorks erstellt.

## **SCHLÜSSELWORTE**

- Planung,
- Konzeptualisierung,
- Gestaltung,
- Entwicklungsprozess,
- Maschinenelemente.

## KAZALO

1	UVOD .....	1
1.1	Podjetje CLOOS GmbH .....	1
1.2	Oprelitev diplomskega dela .....	1
1.3	Metode in načini reševanja problema .....	2
1.4	Struktura diplomskega dela .....	2
1.5	Cilji diplomskega dela .....	2
2	ROBOTSKO VARJENJE .....	3
2.1	Razlogi uvajanja robotizacije .....	3
2.2	Varilna robotska celica .....	3
2.3	MIG/MAG-varjenje .....	4
3	OPIS ORODJA ZA KONSTRUIRANJE SOLIDWORKS .....	5
3.1	Zgodovina programa SolidWorks .....	5
3.2	Moduli programa SolidWorks .....	7
3.2.1	SolidWorks 3D CAD .....	7
3.2.2	SolidWorks CAM .....	8
3.2.3	SolidWorks PDM .....	8
3.2.4	SolidWorks Simulation .....	8
3.2.5	SolidWorks Flow Simulation .....	8
3.2.6	SolidWorks Visualize .....	8
3.2.7	SolidWorks Composer .....	8
4	RAZVOJ PRIPRAVE .....	9
4.1	Proces konstruiranja .....	9
4.1.1	Načrtovanje .....	9
4.1.2	Koncipiranje .....	9
4.1.3	Snovanje .....	9
4.1.4	Razdelava .....	10
4.2	Pregled zahtevnika in koncepta priprave .....	10
4.2.1	Predviden postopek dela .....	10
4.2.2	Osnovne zahteve kupca .....	10
4.2.3	Tehnične zahteve kupca .....	11
4.2.4	Predstavitev varilnega sklopa Ology Upper Lift 1 in Lift 2 .....	11
4.2.4.1	Varilni sklop Ology Upper Lift 1 .....	12
4.2.4.2	Varilni sklop Ology Upper Lift 2 .....	12
4.2.4.3	Načrti kosov obeh sklopov .....	13
4.3	Koncept priprave .....	16
4.3.1	Prvi kos .....	17
4.3.2	Drugi kos .....	17
4.3.3	Tretji kos .....	18
4.3.4	Četrti kos .....	19
4.4	Snovanje naprave .....	20

4.4.1	Sistem vpenjanja kosa 1207087001-1 ali 1207089001-1.....	22
4.4.1.1	Sklop omejilcev cevi .....	23
4.4.1.2	Zgornje vpenjalo.....	23
4.4.1.3	Zadnje vpenjalo .....	24
4.4.1.4	Detektorji cevi.....	25
4.4.1.5	Vpetje cevi.....	27
4.4.2	Sistem vpenjanja kosa 1141728001-1 in 1141533001-1 .....	28
4.4.2.1	Nosilec kosov 1141728001-1 in 1141533001-1 .....	29
4.4.2.2	Vpenjalo kosa 1141533001-1 .....	32
4.4.3	Sistem vpenjanja kosa 780-9387-1.....	33
4.4.3.1	Nosilec kosa 780-9387-1 .....	34
4.4.3.2	Vpenjalo kosa 780-9387-1.....	36
4.4.4	Vpenjalna priprava .....	37
4.4.5	Osnovno ogrodje priprave .....	37
4.5	Preverjanje naprave .....	38
4.5.1	Prvo preverjanje dostopnosti .....	38
4.5.2	Drugo preverjanje dostopnosti.....	39
4.5.3	Tretje preverjanje dostopnosti .....	41
4.5.4	Četrto preverjanje dostopnosti.....	42
4.6	Razdelava varilne priprave SBG Ology Upper.....	42
4.6.1	Glavna sestavna risba .....	43
4.6.2	Prvi nivo sestavnih risb.....	43
4.6.3	Drugi nivo sestavnih risb .....	45
4.6.4	Delavniške risbe .....	47
5	ZAKLJUČEK .....	48
6	LITERATURA IN VIRI .....	50

## KAZALO SLIK

Slika 1: Robotska celica .....	3
Slika 2: Shema obloka pri MAG-varjenju .....	4
Slika 3: Robotski varilni sistem z varilnim gorilnikom .....	4
Slika 4: SolidWorks leta 1995 .....	5
Slika 5: Uporabniški vmesnik.....	5
Slika 6: Konstruktivno drevo.....	6
Slika 7: Sodobno okolje SolidWorks .....	6
Slika 8: Varilna sklopa Ology Upper Lift 1 in Lift 2 .....	11
Slika 9: Varilni sklop Ology Upper Lift 1 .....	12
Slika 10: Varilni sklop Ology Upper Lift 2 .....	12
Slika 11: Kos 780-9387-1 .....	13
Slika 12: Kos 1141533001-1 .....	14
Slika 13: Kos 1141728001-1 .....	14
Slika 14: Kos 1207087001-1 .....	15
Slika 15: 1207089001-1 .....	15
Slika 16: Koncept varilne priprave SBG Ology Upper .....	16
Slika 17: Koncept vpenjalne priprave .....	16
Slika 18: Postavitev prvega kosa v vpenjalni pripravi.....	17
Slika 19: Postavitev drugega kosa v vpenjalni pripravi .....	17
Slika 20: Smernice vpetja kosa 1141533001-1 .....	18
Slika 21: Postavitev tretjega kosa v vpenjalni pripravi.....	18
Slika 22: Smernice vpetja kosa 780-9387-1 .....	19
Slika 23: Postavitev četrtega kosa v vpenjalni pripravi.....	19
Slika 24: Smernice vpetja kosa 1207087001-1 ali 1207089001-1.....	20
Slika 25: Koncept vpenjanja cevi .....	22
Slika 26: Sklop omejilcev cevi .....	23
Slika 27: Pozicija induktivnega senzorja .....	23
Slika 28: Vpenjalni cilindri DESTACO 82L4G-203B7H0 .....	23
Slika 29: Zgornje vpenjalo .....	24
Slika 30: Zadnje vpenjalo .....	25
Slika 31: Prerez detektorja cevi .....	26
Slika 32: Detektorji prisotnosti cevi na pripravi.....	27
Slika 33: Vpetje cevi po končanem snovanju.....	27
Slika 34: Koncept vpenjanja kosa 1141728001-1 in kosa 1141533001-1 .....	28
Slika 35: Vpenjalni cilindri 85P5-104B800H0.....	29
Slika 36: Konstrukcija vpetja kosov 1141728001-1 in 1141533001-1 .....	29
Slika 37: Pritrdilni sklop kosa 1141728001-1 .....	30
Slika 38: Kos 1141728001-1 v pravilni poziciji.....	30
Slika 39: Naslonski del pritrditve kosa 1141533001-1.....	31
Slika 40: Kos 1141533001-1 v pravilni poziciji.....	31

Slika 41: Vpenjalo kosa 1141533001-1 .....	32
Slika 42: Pritrditev kosa 1141533001-1 .....	33
Slika 43: Koncept vpenjanja kosa 780-9387-1 .....	33
Slika 44: Kartezični nosilec.....	34
Slika 45: Konstrukcija sistema naslona kosa 780-9387-1 .....	35
Slika 46: Naslonske površine kosa 780-9387-1 .....	35
Slika 47: Vpenjalo kosa 780-9387-1 .....	36
Slika 48: Vpetje kosa 780-9387-1.....	36
Slika 49: Vpenjalna priprava.....	37
Slika 50: Koncept osnovnega ogrodja priprave.....	37
Slika 51: Osnovno ogrodje priprave.....	38
Slika 52: Predlog razmika vpenjalnih priprav .....	39
Slika 53: Kolizija z osnovnim ogrodjem.....	39
Slika 54: Kolizija z nosilno ploščo naslonjala kosa 780-9387-1.....	40
Slika 55: Kolizija s stikalom prisotnosti kosa 780-9387-1 .....	40
Slika 56: Kolizija s škatlo ventilskega otoka .....	41
Slika 57: Kolizija z nosilno ploščo za vpetje kosov 1141728001-1 in 1141533001-1 (Lastni vir) .....	41
Slika 58: 3D model končane varilne priprave SBG Ology Upper.....	42
Slika 59: Glavna sestavna risba varilne priprave SBG Ology Upper .....	43
Slika 60: Sestavna risba osnovnega ogrodja SBG Ology Upper.....	44
Slika 61: Sestavna risba vpenjalne priprave SBG Ology Upper.....	44
Slika 62: Sestavna risba ventilskega otoka.....	45
Slika 63: Sestavna risba podsklopa Nosilec SBG 1 .....	46
Slika 64: Sestavna risba podsklopa Vpenjalo SBG 5.....	46
Slika 65: Delavniška risba Nosilec 266 x 60 x 14.....	47
Slika 66: Delavniška risba Plošča 95 x 80 x 14,5 var2.....	47
Slika 67: Delavniška risba Pozicionirni čep Ø 12 x 17,7 .....	48
Slika 68: Varilna priprava SBG Ology Upper v proizvodnji med izdelavo .....	49

## KAZALO TABEL

Tabela 1: Sestavni kosi zvarjenca .....	1
Tabela 2: Tabela funkcionalnosti glede na tip programske opreme .....	7
Tabela 3: Pregled nevarnosti pri obratovanju strojev in naprav .....	21
Tabela 4: Princip delovanja detektorjev cevi.....	26

## KRATICE IN AKRONIMI

CAD:	Computer-Aided Design; Računalniško podprto načrtovanje
CAM:	Computer-Aided Manufacturing; Računalniško podprta proizvodnja
MAG:	Metal Active Gas; Elektroobločni postopek varjenja s plinom



PDM: Product Data Management; Upravljanje podatkov izdelkov  
SIST: Slovenski inštitut za standardizacijo  
DIN: Deutsches Institut für Normung; Nemški inštitut za standardizacijo  
ISO: International Organization for Standardization; Mednarodna organizacija za standardizacijo

# 1 UVOD

## 1.1 PODJETJE CLOOS GmbH

Podjetje CLOOS iz Nemčije deluje na področju varjenja in rezanja najrazličnejših jekel ter neželeznih zlitin. Leta 1919 ga je ustanovil ing. Carl Cloos in od tedaj se je razvilo v inovativno podjetje, ki z 800 zaposlenimi deluje na treh področjih:

- robotika in varilne priprave,
- avtomatizacija in industrijske storitve obločnega varjenja,
- razvoj programske opreme, senzorjev in varnostne tehnologije.

Svojim strankam ponujajo individualne rešitve, prilagojene proizvodom in proizvodnim zahtevam.

## 1.2 OPREDELITEV DIPLOMSKEGA DELA

V diplomski nalogi je obravnavana konstrukcija vpenjalne varilne priprave za varilni sklop Ology Upper Lift 1 in Lift 2.

Oba sklopa sta sestavljena iz štirih kosov, ki jih je treba v pripravo ustrezno vpeti in jih po varilnem postopku MAG zvariti. Izdelka se razlikujeta po obliki in dolžini kvadratnega jeklenega profila.

demand / part			component		sub-component					
part	code	image	part-No.	drawing status	description	part-No.	drawing status	supplier	sub-dimension	
LIFT 1	300378		220700002	new	UPPER SLASH - ENTRY - C - LBS LIFT 1	120007001	new	LEKTUBE B - 80055 - LIFT 1	80M	80x55
						1141523001	new	CONNECTOR SIDE FRAME-BASE	LEO FRANCIS	-
						700-9179	new	WELD FLANGE	LEO FRANCIS	-
						114172001	new	BRACKET - CONNECTOR REINFORCINGLECT REC	LEO FRANCIS	-
LIFT 2	300382		220700002	new	UPPER SLASH - ENTRY - C - LBS LIFT 2	120007001	new	LEKTUBE C - 80058 - LIFT 2	80M	80x50
						1141523001	new	CONNECTOR SIDE FRAME-BASE	LEO FRANCIS	-
						700-9179	new	WELD FLANGE	LEO FRANCIS	-
						114172001	new	BRACKET - CONNECTOR REINFORCINGLECT REC	LEO FRANCIS	-

Tabela 1: Sestavni kosi zvarjenja  
(Lastni vir)

V diplomskem delu bodo opisani postopki, ki pripeljejo do izdelave priprave, ki ustreza merilom kupca in zakonodaje. Nekaj besed bo namenjenih tudi postopku varjenja in pa inženirskemu orodju, ki je bilo uporabljeno pri razvoju priprave.

### **1.3 METODE IN NAČINI REŠEVANJA PROBLEMA**

Za samo konstrukcijo je bilo glavno vodilo zahtevnik, izdelan v podjetju CLOOS. Pri izdelavi priprave je bila uporabljena strokovna literatura in drugo razpoložljivo gradivo s področja konstrukcije izdelkov.

V fazi snovanja in preverjanja priprave je bila zelo aktivna komunikacija s predstavniki podjetja CLOOS, ki so na 3D modelu priprave simulirali postopek varjenja z MAG-gorilnikom.

Za predstavitev orodja za konstruiranje je bilo uporabljeno spletno mesto proizvajalca in učno gradivo.

### **1.4 STRUKTURA DIPLOMSKEGA DELA**

V delu se bomo osredotočili na načrtovanje varilne priprave za podjetje CLOOS. Od pregleda zahtevnika bomo prešli na fazo koncipiranja, v kateri bomo glavne funkcije varilne priprave razčlenili na več delnih funkcij. Te posamezne funkcije bomo analizirali, pripravili predlog in potem združili v celovito konceptno rešitev. Preveriti bo treba, ali te delne rešitve delujejo druga z drugo.

Po potrditvi koncepta lahko preidemo v fazo modeliranja, kjer bomo računalniško v okolju programa SolidWorks izdelali virtualni model izdelka, ki ga bomo nato uporabili za študijo dostopnosti in nadalje za izdelavo tehnične dokumentacije. V fazi modeliranja bo zelo pomembno, da izdelke snujemo z mislijo na njihovo tehnološko izdelavo. To nam bo prihranilo nekaj časa in truda pozneje na oddelku tehnologije, ko izdelkov tako ne bo treba popravljati ali prilagajati ustrezni tehnologiji izdelave.

Po končani fazi modeliranja bo izdelek na voljo za vizualni pregled pri kupcu in za študijo dostopnosti z varilnim gorilnikom. Po potrditvi študije bomo model naprave in njegove sklope sestavili v logično strukturo, iz katere bodo sledile sestavne in podsestavne risbe delov naprave. Tehnična dokumentacija ima eno glavno sestavno risbo in več podsestavnih risb. Vsaki sestavnici pripadajo delavniške risbe nestandardnih elementov. Sama struktura sestavnici, delavniških risb in standardnih elementov mora biti ustrezno oštevilčena ter označena.

### **1.5 CILJI DIPLOMSKEGA DELA**

- Predstavitev procesa robotskega varjenja
- Predstavitev orodja za konstruiranje SolidWorks

- Prikaz in opis postopkov konstrukcije varilne priprave
- Prikaz rezultatov razvoja in konstrukcije naprave

## 2 ROBOTSKO VARJENJE

### 2.1 RAZLOGI UVAJANJA ROBOTIZACIJE

V današnjem času si že težko predstavljamo proizvodno linijo brez robotov, ki nadomeščajo delo človeka. Robote srečujemo na delovnih mestih, kjer jim človek ni več kos. Največkrat pa so uporabljeni za:

- strojno obdelavo,
- varjenje,
- sestavo elektronskih komponent in vezij,
- obdelavo plastičnih snovi,
- nanašanje lepil in premazov,
- barvanje,
- delo z nevarnimi snovmi,
- skladiščenje itd.

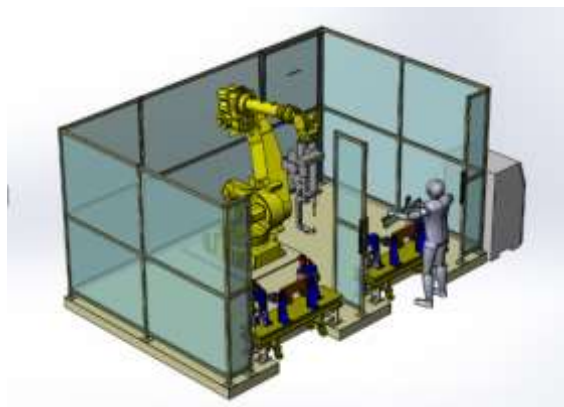
Razloge za uvajanje robotov v proizvodnjo pa lahko delimo na:

- **tehnične** (zanesljivost, hitrost, ergonomija, prilagodljivost),
- **ekonomske** (pomanjkanje delovne sile, višja produktivnost, manjši stroški proizvodnje, večja rentabilnost),
- **sociološke** (neprimerno delovno okolje, monotono delo, strožja zakonodaja, povečani varnostni ukrepi) (Bajd 2011).

### 2.2 VARILNA ROBOTSKA CELICA

Varilno robotsko celico sestavljajo naslednje komponente:

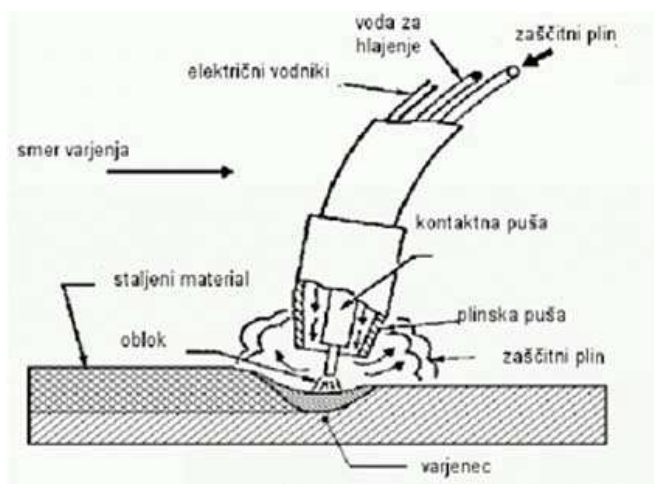
- varilni robotski sistem,
- varilna miza,
- varilna priprava,
- varilni izvor,
- jeklenka z mešanico plinov,
- ograja z vrati ali ustrezno varnostno zaščito,
- krmilna omara (Bajd 2011).



Slika 1: Robotska celica  
(Vir: Scarab, 2020)

## 2.3 MIG/MAG-VARJENJE

Postopek MIG/MAG-varjenja je elektroobločni postopek varjenja v zaščiti plinov s taljivimi elektrodami. Pri teh postopkih varjenja oblok enosmernega toka žari med taljivo pobakreno žično elektrodo in varjencem. MAG-postopek uporabljamo za varjenje jekel, kot zaščitni plin se uporablja aktivni CO<sub>2</sub>. MIG-postopek pa se uporablja za varjenje aluminija, niklja, bakra in njihovih zlitin, kot zaščitni plin se uporablja argon (Kraut 2001).



Slika 2: Shema obloka pri MAG-varjenju  
(Vir: Šolski center Novo mesto, 2007)

Pri varjenju varilnih sklopov Ology Upper Lift 1 in Lift 2 po postopku MAG bosta uporabljena dva robotska varilna sistema z varilnim gorilnikom.



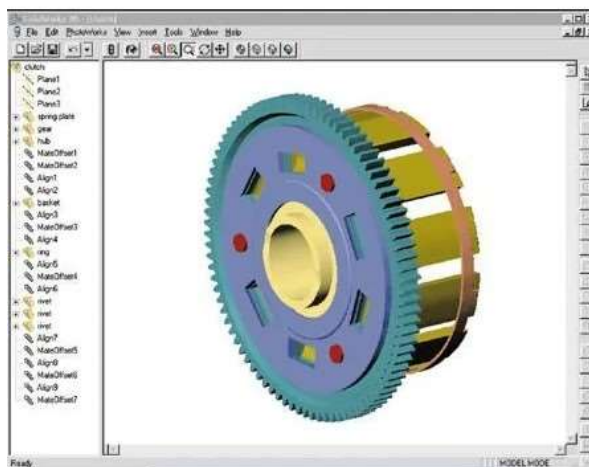
Slika 3: Robotski varilni sistem z varilnim gorilnikom  
(Vir: KUKA Robotics, 2022)

### 3 OPIS ORODJA ZA KONSTRUIRANJE SOLIDWORKS

Potreba po hitrem razvoju novih izdelkov je za inženirja vedno velik izziv. Za svoje delo potrebuje kakovostno in zmogljivo programsko orodje za podporo pri procesu konstruiranja novih izdelkov. Program SolidWorks je zelo zmogljivo orodje, ki omogoča izdelavo tridimenzionalnih modelov, iz teh pa se lahko izdelajo sestavne in delavniške risbe, trdnostne analize, pa tudi programske kode za obdelovalne stroje, fotorealistične slike, simulacije gibanj itd.

#### 3.1 ZGODOVINA PROGRAMA SOLIDWORKS

Vse se je začelo leta 1993, ko je ustanovitelj Jon Hirschtick zaposlil ekipo inženirjev z namenom narediti 3D CAD bolj dostopen. Cilj ekipe je bil izdelati cenovno dostopno programsko opremo, ki je enostavna za uporabo, zgrajeno na platformi Windows. To je bilo resnično revolucionarno, saj so bili vsi drugi sistemi CAD takrat zgrajeni na Unixu. Po nekaj letih razvoja je leta 1995 končno prišla prva izdaja programa SolidWorks. (Oanes 2021)



Slika 4: SolidWorks leta 1995  
(Vir: Oanes S., 2023)

Uporabnik s pomočjo uporabniškega vmesnika (Features) enostavno izdelava 3D model.

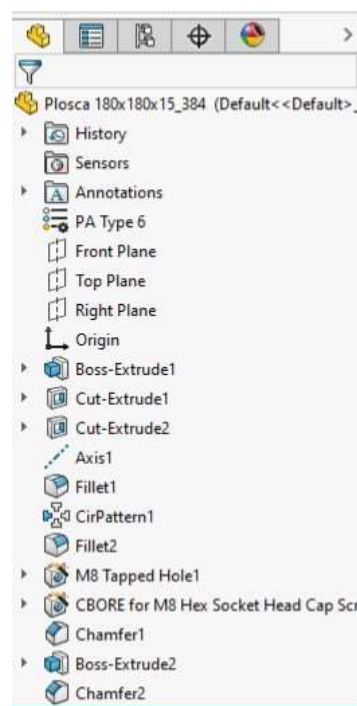


Slika 5: Uporabniški vmesnik  
(Lastni vir)

Izdelavo modela pa lahko spremlja v konstrukcijskem drevesu. SolidWorks je patentiral konstrukcijsko drevo (Feature Manager), ki je danes del večine 3D modelirnikov. Ta prikazuje zgodovino izdelave modela. Tako lahko enostavno dostopamo do ukazov, ki so pripeljali do izdelave 3D modela. Parametre modela lahko poljubno spreminjamo, dodajamo ali brišemo.

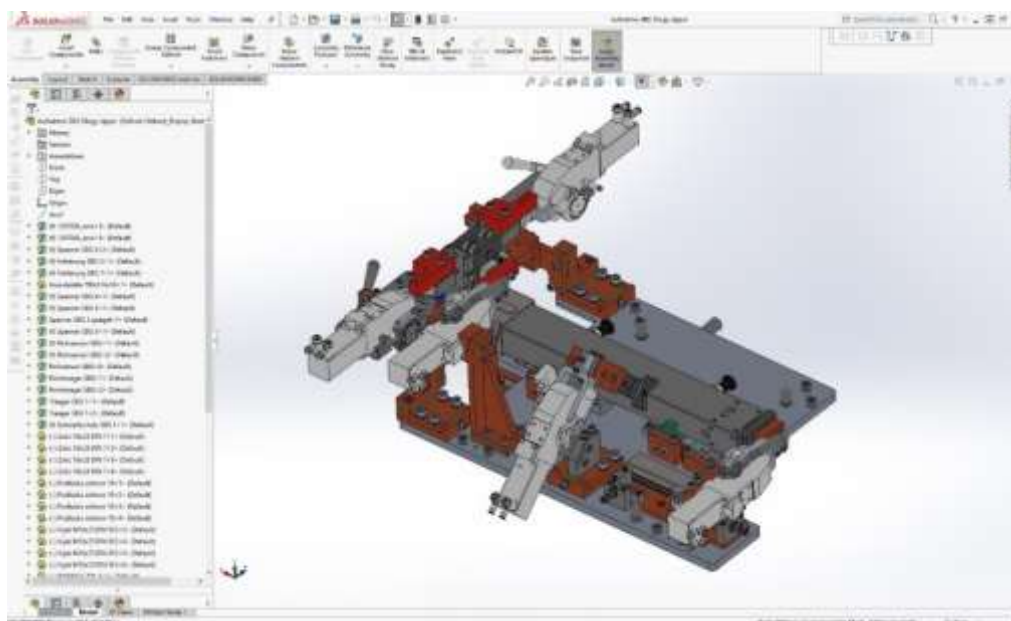
Zaradi tega vmesnika je postalo konstruiranje veliko lažje, saj se uporabniku ni bilo treba ukvarjati s spoznavanjem posebnih tehnik risanja kot pri ostalih 3D modelirnih orodjih. Enostavnost uporabe je bil posledica uporabe sodobnega, dobro poznane sistema Windows.

Vizualizacija modela v tistem času je bila brez konkurence. Konstrukcijski elementi so bili v popolnoma osvetljenem in zasenčenem okolju, za razliko od tradicionalnega modeliranja, ki je prikazoval samo žični okvir na črnem ozadju (Oanes 2021).



Slika 6: Konstrukcijsko drevo (Lastni vir)

SolidWorks že od leta 1995 vsako leto predstavi novo, z novimi funkcionalnostmi izboljšano različico.



Slika 7: Sodobno okolje SolidWorks (Lastni vir)

### 3.2 MODULI PROGRAMA SOLIDWORKS

Z leti je SolidWorks na funkcionalnosti le še pridobival. Velika večina novih modulov in uporabniških rešitev je bila razvita na željo uporabnikov, ki so jih nato uspešno integrirali v delovno okolje.

Nekaj najpomembnejših modulov je opisanih v naslednjih poglavjih.

#### 3.2.1 SolidWorks 3d cad

Osnovni program SolidWorks je mogoče kupiti v treh različicah – odvisno od funkcionalnosti, ki jo v podjetju potrebujete. V spodnji tabeli so opisane funkcionalnosti glede na tip programske opreme (IB-Caddy 2022).

Funkcionalnost	SOLIDWORKS Premium	SOLIDWORKS Professional	SOLIDWORKS Standard
SOLIDWORKS 3D CAD	✓	✓	✓
Načrtovanje koron in sestavov	✓	✓	✓
2D risbe	✓	✓	✓
Parametrična uporaba geometrije	✓	✓	✓
Zadebeljenja in debelja CAD podaljški	✓	✓	✓
Pregled oblike koron	✓	✓	✓
Osnovna orodja za analizo	✓	✓	✓
CAM programirana (SOLIDWORKS CAM)	✓	✓	✓
Načrtovanje za proizvodnjo	✓	✓	✓
Orodja za proizvodnjo	✓	✓	✓
Uvoz datotek drugih CAD programov (SE INTERCONNECT)	✓	✓	✓
Realistična simulacija (SR)	✓	✓	✓
CAD izdelave (SOLIDWORKS Toolbox)	✓	✓	✓
Oporna vaje izdelave koron (SOLIDWORKS Curving)	✓	✓	✓
Podatovanje nad elektriko in 3D CAD (CircuitWorks™)	✓	✓	✓
Preverjanje CAD standardov	✓	✓	✓
eDrawings® Professional	✓	✓	✓
Analiza točnosti (TolAnalyst)	✓	✓	✓
Fortrealistično renderiranje (SOLIDWORKS Visualize)	✓	✓	✓
Upravljanje z datotekami (SOLIDWORKS PDM)	✓	✓	✓
Virtualno izdelanje (ScanTo3D)	✓	✓	✓
Analiza gibanja	✓	✓	✓
Strukturalna simulacija koron in sestavov	✓	✓	✓
Orodja za točkasto svetilno povezavo	✓	✓	✓
Orodja za točkasto električno povezavo	✓	✓	✓
Napredno razporejanje površin	✓	✓	✓
Povezovanje štrngolnih in drugih oblik profila	✓	✓	✓

Tabela 2: Tabela funkcionalnosti glede na tip programske opreme (Vir: IB-Caddy, 2022)



### **3.2.2 SolidWorks CAM**

SolidWorks CAM je programska oprema, ki združuje procese načrtovanja, oblikovanja in proizvodnje v enem sistemu. Uporabljamo ga za ustvarjanje programskih kod za obdelovalne stroje (IB-Caddy 2022).

### **3.2.3 SolidWorks PDM**

SolidWorks PDM je programsko okolje za podporo pri nastajanju in hranjenju podatkov ter tehnične dokumentacije v dejavnosti konstruiranja. Tak sistem nam omogoča boljšo organizacijo, nadzor, lažje sledenje spremembam in iskanje vseh podatkov, potrebnih za razvoj izdelka. Posebno učinkovit je v velikih sistemih, kjer je treba obvladovati velike količine podatkov in koordinirati delo ljudi, ki so na različnih lokacijah (IB-Caddy 2022).

### **3.2.4 SolidWorks Simulation**

SolidWorks Simulation je programsko okolje, pri katerem lahko med procesom izdelave testirate risani element z obsežnim izborom parametrov, kot so vzdržljivost, statična in dinamična odzivnost, premikanje sklopov, prenos toplote, dinamika fluidov ter brizganje plastike (IB-Caddy 2022).

### **3.2.5 SolidWorks Flow Simulation**

SOLIDWORKS Flow Simulation je orodje za analizo dinamike kapljev in plinov. Lahko se uporablja v širokem spektru dejavnosti od avtomobilske industrije, letalstva, pomorstva do procesnih tehnologij, izdelave raznih ventilov itd. Z uporabo te programske opreme se lahko prihrani ogromno časa in stroškov (IB-Caddy 2022).

### **3.2.6 SolidWorks Visualize**

SOLIDWORKS Visualize vsebuje paket programskih orodij, ki združujejo vodilne zmogljivosti renderiranja in s tem ustvarjanja fotorealistične vsebine, ki jih lahko uporabljamo za predstavitvene in trženjske vsebine. (IB-Caddy 2022)

### **3.2.7 SolidWorks Composer**

SOLIDWORKS Composer je orodje za izdelavo interaktivnih montažnih navodil, tehnične dokumentacije in navodil za uporabo (IB-Caddy 2022).

## **4 RAZVOJ PRIPRAVE**

### **4.1 PROCES KONSTRUIRANJA**

Proces konstruiranja lahko razdelimo v štiri faze.

#### **4.1.1 Načrtovanje**

Načrtovanje je prva faza v procesu konstruiranja, je prvi korak v procesu iskanja in zbiranja idej za nove izdelke. V fazi načrtovanja novega izdelka se zbirajo različne informacije, ki potrdijo ali ovržejo zamisel o novem izdelku. Ta mora biti skladen s potrebami ciljne skupine potrošnikov in hkrati ustrezen ciljem podjetja. V fazi načrtovanja izdelkov je treba zbirati informacije iz čim širšega nabora virov, s katerim dobimo vpogled v zmožnosti izdelave v podjetju in hkrati morebitno uporabnost na tržišču. (Pehan, Kramberger in Glodež 2021)

#### **4.1.2 Koncipiranje**

Koncipiranje je druga faza razvojnega procesa izdelka. Načrtovanje je v tej fazi končano, cilj te druge faze pa je čim prej izdelati zahtevnik in pripraviti koncepte novega izdelka. Za razumevanje novega izdelka je treba natančno razdelati tehnične lastnosti, ki jih mora imeti nov izdelek. Za razdelavo tehničnih lastnosti je treba imeti znanja o delovanju in razumevanja sveta, raziskovati pa moramo tudi principe in modele, po katerih delujejo različni sistemi. V tej fazi razvoja izdelka se ne ukvarjamo z materiali, oblikami in dimenzijami. Predvsem so važni principi, po katerih bo izdelek deloval. (Pehan, Kramberger in Glodež 2021)

V zaključku faze koncipiranja se oblikuje zahtevnik. To je spisek tehničnih zahtev, ki jih mora izpolnjevati izdelek. Zahtevnik je del tehnične dokumentacije izdelka, prav tako, kot je to delavniška risba. V njem se opredeli namen izdelka, postavijo se omejitve, znotraj katerih morajo ležati njegove lastnosti, in opredeli se okolje, v katerem bo izdelek deloval. Zahtevnik se uporablja od začetnih faz razvoja pa vse do konca razvojnega procesa. (Pehan, Kramberger in Glodež 2021)

#### **4.1.3 Snovanje**

Snovanje je tretja stopnja v procesu konstruiranja izdelka, ki sledi koncipiranju. Pri snovanju izdelka določamo končne oblike, dimenzije in material posameznih sestavnih delov celotnega sklopa ob upoštevanju njihovega delovanja in medsebojnih povezav. Izhodišče za delo na tej stopnji sta zahtevnik in konceptna skica izdelka. Po končanem snovanju mora biti oblika izdelka definirana, dimenzije morajo biti podane in pa materiali posameznih komponent morajo biti znani. (Pehan, Kramberger in

Glodež 2021) Pri snovanju je v osnovi treba upoštevati tri pravila: jasnost, preprostost in varnost.

#### 4.1.4 Razdelava

Razdelava oziroma detajliranje je zadnja faza razvoja izdelka. Naloga v fazi razdelave je priprava popolne tehnične dokumentacije. Tehnična dokumentacija obsega glavno sestavno risbo, risbe sklopov in podsklopov ter delavniške risbe:

- Glavna sestavna risba prikazuje sestavo celotnega izdelka ali konstrukcijskega sklopa. Risana je v ustreznem merilu, na njej kotiramo samo gabarite in priključne mere, po potrebi pa tudi pomembne montažne mere. Vsak element na sestavni risbi je označen s pozicijsko številko, seznam teh pa je naveden v kosovnici.
- Risbe sklopa in podsklopa predstavljajo zaključeno celoto dela naprave ali izdelka in so kot pozicije označene na glavni sestavni risbi.
- Delavniška risba prikazuje predmet z vsemi potrebnimi informacijami za izdelavo. Risana je v ustreznem merilu, vse mere pa morajo biti kotirane po pravilih tehničnega risanja (Prebil 1995).

## 4.2 PREGLED ZAHTEVNIKA IN KONCEPTA PRIPRAVE

V podjetju CLOOS so postopek načrtovanja in koncipiranja izpeljali v svojem razvojnem oddelku. V postopek razvoja priprave sem se vključil v fazi snovanja izdelka.

V zahtevniku so opisane osnovne zahteve podjetja CLOOS (v nadaljevanju kupca) za izdelavo in dobavo priprave za procesno varjenje varilnega sklopa Ology Upper Lift 1 in Lift 2. Pri diplomski nalogi se bom posvetil snovanju in konstrukciji priprave. Varilna priprava bo pri končnem kupcu vpeta v varilni celici na horizontalni robotski varilni mizi. V varilni celici bosta dva robota, ki bosta varila hkrati.

### 4.2.1 Predviden postopek dela

Delavec v ležišča priprave vloži sestavne dele varilnega sklopa in jih ročno vpne. Ko so vsi deli prisotni in v pravilnem položaju, se lahko začne postopek varjenja. Varilna priprava se obrne proti varilnima robotoma, ki lahko začneta varjenje. Po končanem varjenju se priprava obrne proti delavcu in se avtomatsko izpne. Delavec odstrani zvarjeni sklop in priprava je pripravljena za ponovitev postopka.

### 4.2.2 Osnovne zahteve kupca

- Zagotavljanje oblikovalskih sestankov po internetni povezavi.
- Zagotavljanje 3D modelov.

- Risanje v programu SolidWorks.
- Izdelava študije dostopnosti z robotom in gorilnikom v robotski celici.
- Izdelava končne dokumentacije.

#### 4.2.3 Tehnične zahteve kupca

- Zanesljiva in dimenzijsko primerna varilna priprava.
- Mere: širina 2500 mm, maksimalni premer vrtenja 1000 mm.
- Teža ne sme presegati 500 kg.
- Varilna naprava je sestavljena iz dveh identičnih varilnih priprav, vpetih na osnovni okvir.
- Varilni pripravi imata za osnovo primerno aluminijasto ploščo.
- Varianti Lift 1 in Lift 2 morata biti nastavljivi brez uporabe orodja.
- Krmilje priprave mora samo prepoznati varianto, ki je vpeta vanjo.
- Vsi kosi v pripravi morajo biti vpeti po sistemu *poka-yoke*.
- Vsa pnevmatska vpenjala morajo omogočati ročno vpetje.
- Naprava mora vsebovati bakrene zaščite pred brizganjem med varjenjem.
- Uporabiti je treba 5/3-potne ventile z odzračnim srednjim položajem.
- Vsi pnevmatski cilindri morajo imeti jeklene dušilke.
- Uporabijo se pnevmatske komponente proizvajalcev Festo, Destaco in Tünkers.
- Delovni tlak je 5 bar.
- Vpenjalna naprava mora imeti vgrajene senzorje, ki merijo prisotnost kosa.
- Mesta mazanja morajo biti ustrezno dostopna.
- Naprava mora biti primerna za nakladanje in razkladanje z žerjavom.
- Zasnova ročnih delovnih mest mora biti skladna z najnovejšimi ergonomskimi in delovno znanstvenimi dognanji.

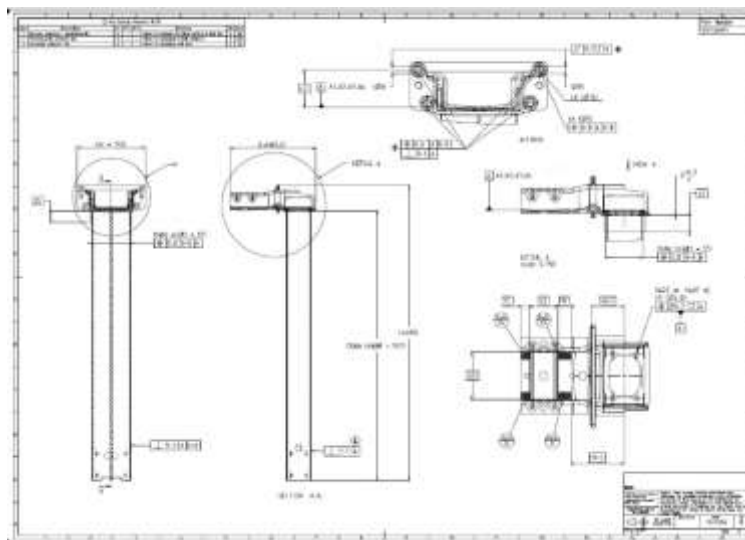
#### 4.2.4 Predstavitev varilnega sklopa Ology Upper Lift 1 in Lift 2

Oba varilna sklopa sta sestavljena iz štirih jeklenih kosov. Razlika med sklopoma je različna dolžina kvadratne jeklene cevi. Vsi kosi so med sabo zvarjeni po postopku MAG. Varilna mesta so označena na sestavnih risbah tehnične dokumentacije.



Slika 8: Varilna sklopa Ology Upper Lift 1 in Lift 2  
(Lastni vir)

#### 4.2.4.1 Varilni sklop Ology Upper Lift 1

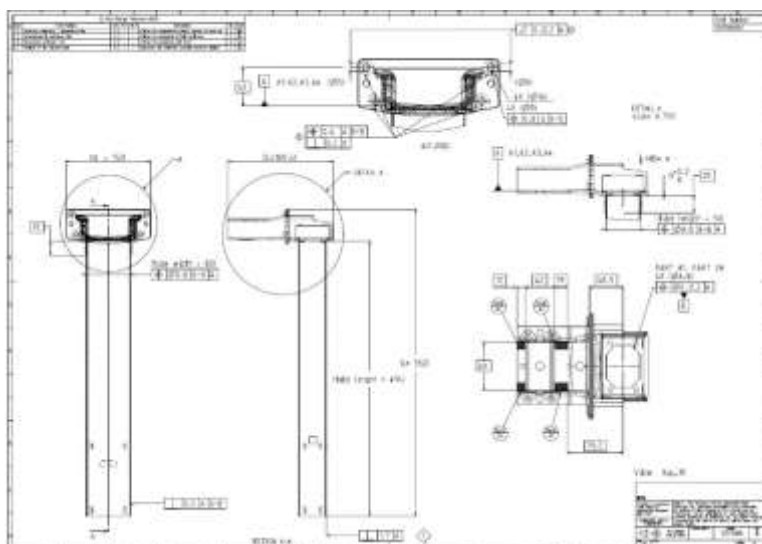


Slika 9: Varilni sklop Ology Upper Lift 1  
(Lastni vir)

Oznake kosov:

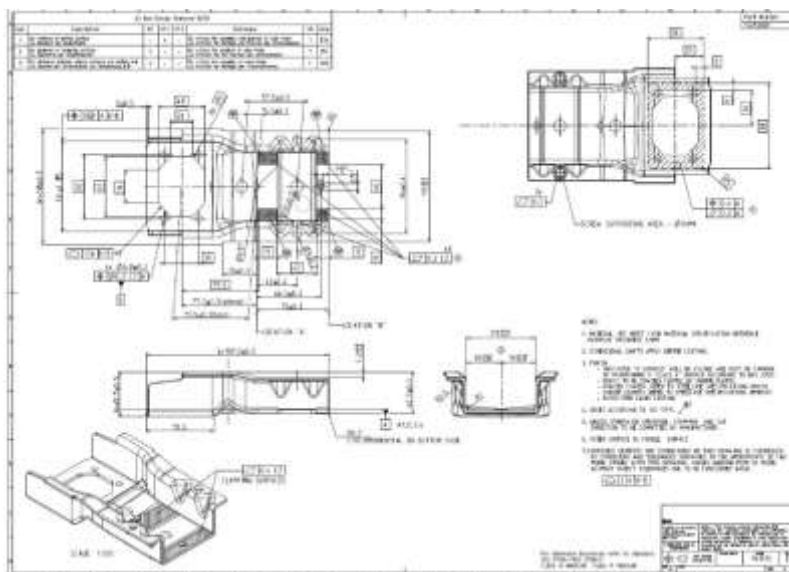
- 780-9387-1
- 1141533001-1
- 1207087001-1
- 1141728001-1

#### 4.2.4.2 Varilni sklop Ology Upper Lift 2



Slika 10: Varilni sklop Ology Upper Lift 2  
(Lastni vir)

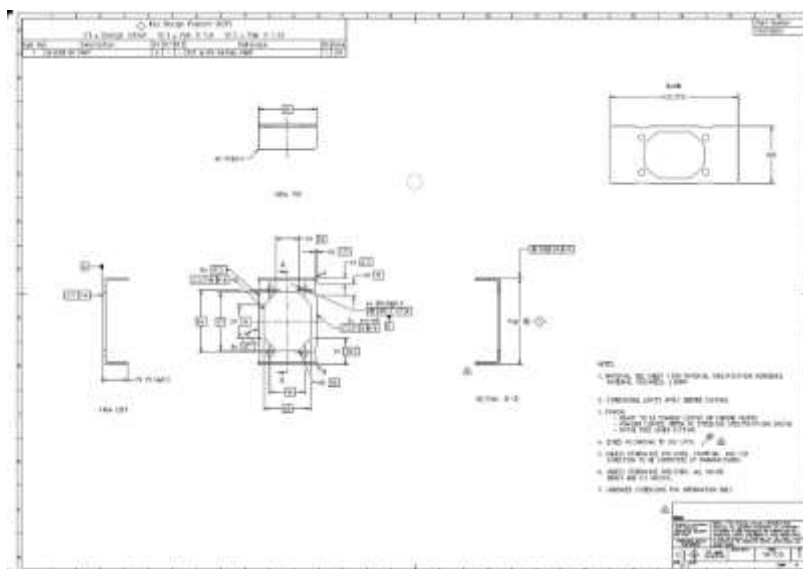




Slika 12: Kos 1141533001-1  
(Lastni vir)

- 1141728001-1

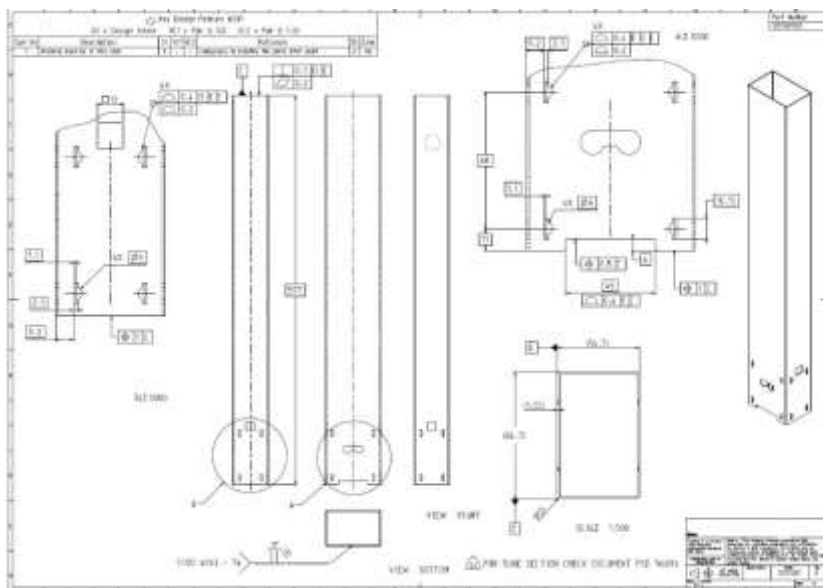
Kos je izdelan iz jekla z oznako 1.0982.



Slika 13: Kos 1141728001-1  
(Lastni vir)

- 1207087001-1

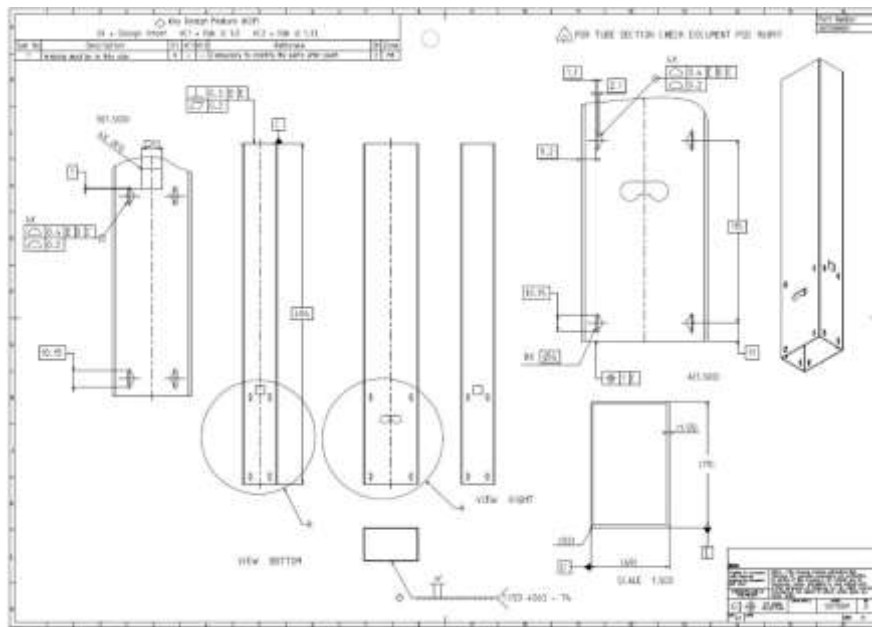
Kos je izdelan iz jekla z oznako 1.0570. To je konstrukcijsko jeklo za varjene sestave z visoko žilavostjo.



Slika 14: Kos 1207087001-1  
(Lastni vir)

- 1207089001-1

Kos je izdelan iz jekla z oznako 1.0570.

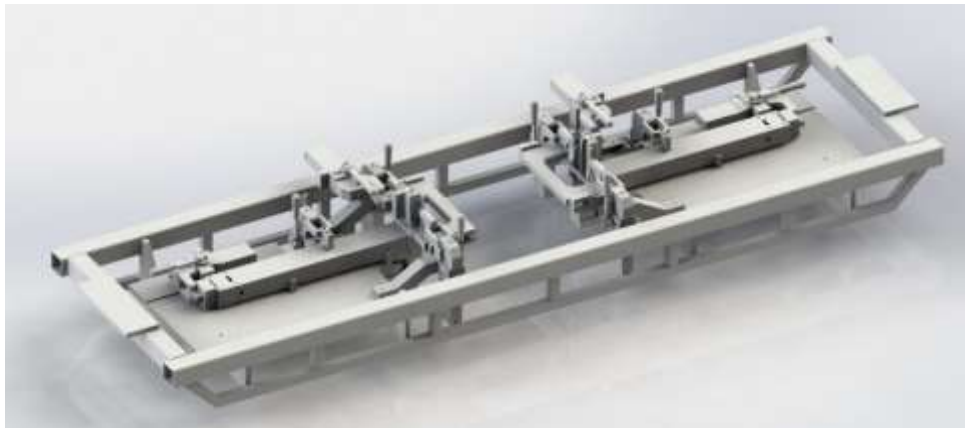


Slika 15: 1207089001-1  
(Lastni vir)



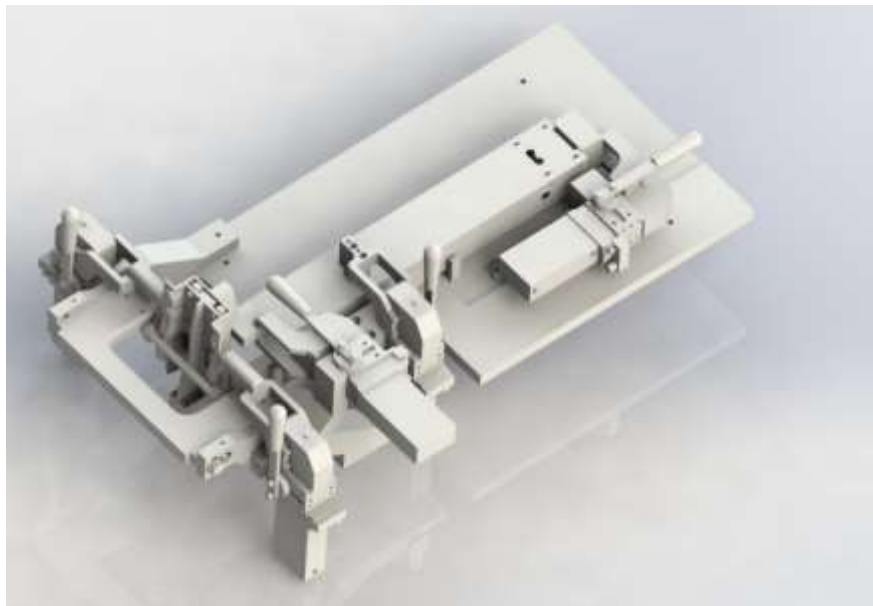
### 4.3 KONCEPT PRIPRAVE

Koncept priprave je zasnoval razvojni oddelek podjetja CLOOS. Predlagali so na lahkem kovinskem ogrodju pritrjeni vpenjalni pripravi, ki sta zrcalno usmerjena druga proti drugi.



*Slika 16: Koncept varilne priprave SBG Ology Upper  
(Lastni vir)*

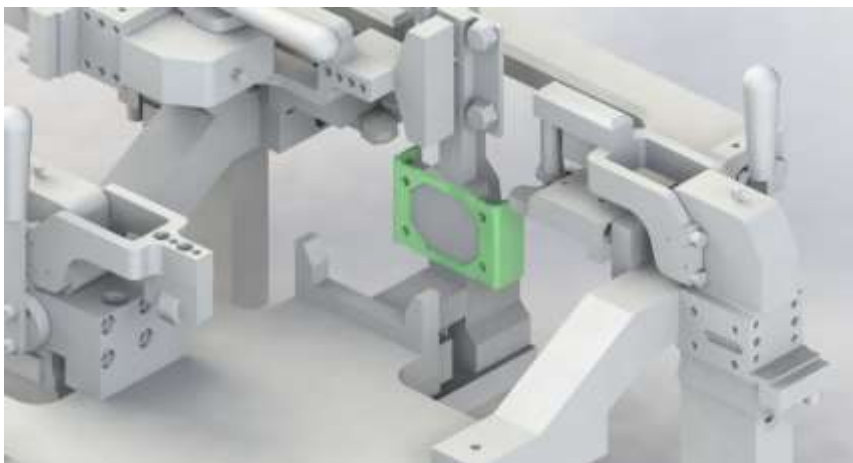
Samo vpenjalno pripravo so v podjetju CLOOS koncipirali po sistemu logičnega zaporedja vstavljanja kosov v pripravo.



*Slika 17: Koncept vpenjalne priprave  
(Lastni vir)*

### 4.3.1 Prvi kos

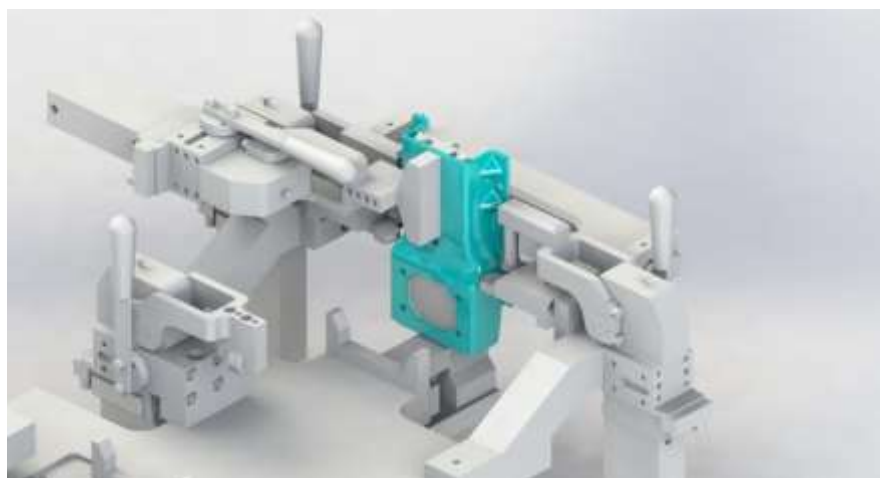
Prvi kos v vpenjalni pripravi je pločevina z oznako 1141728001-1. Ta kos je treba z zatiči pravilno pozicionirati. Ker kosa ni mogoče pridržati s prijemalom, je treba razviti sistem, ki bo kos obdržal na mestu postavitve in ga zaznal s senzorjem prisotnosti.



*Slika 18: Postavitev prvega kosa v vpenjalni pripravi  
(Lastni vir)*

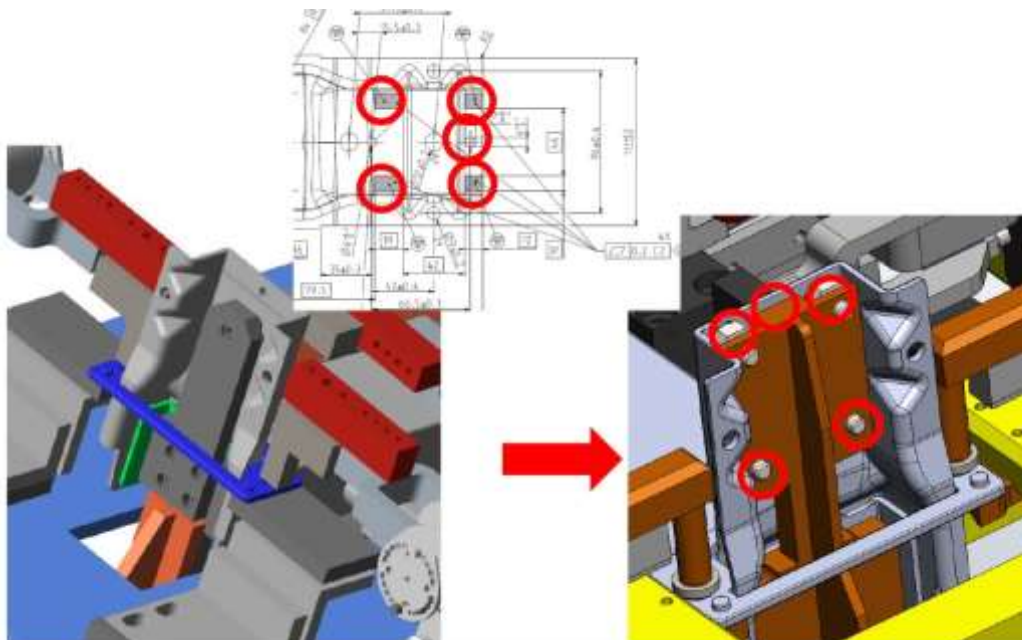
### 4.3.2 Drugi kos

Naslednji kos z oznako 1141533001-1 se mora natančno prilegati kosu 1141728001-1. Pločevina 1141533001-1 ima tehnološke luknje za pozicioniranje, ki jih lahko uporabim za umestitev v vpenjalno pripravo po sistemu *poka-yoke*. Kos je treba zaznati s senzorjem prisotnosti.



*Slika 19: Postavitev drugega kosa v vpenjalni pripravi  
(Lastni vir)*

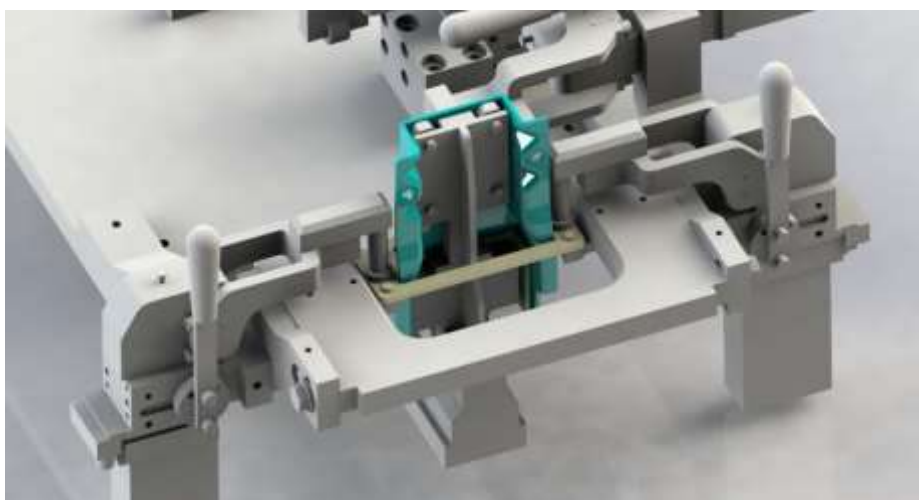
Stranka je podala smernice glede vpetja tega kosa. Naslonske površine so označili na konceptni skici. Na te površine se mora nalegati tudi vpenjalni cilinder.



Slika 20: Smernice vpetja kosa 1141533001-1  
(Lastni vir)

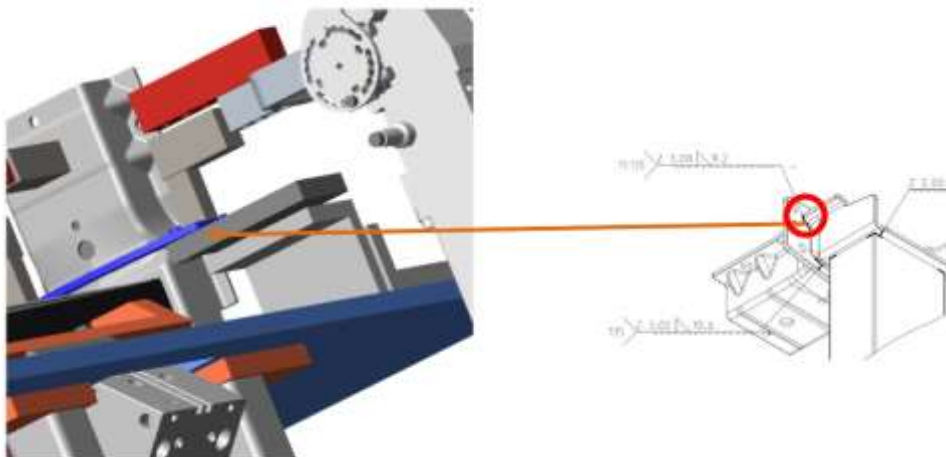
#### 4.3.3 Tretji kos

Tretji kos je pločevina z oznako 780-9387-1. Postavi se na podporni element, ki ga hkrati tudi pozicionira. Ta pločevina se s strani vpne z dvema vpenjalnima cilindroma. Kos je treba zaznati s senzorjem prisotnosti.



Slika 21: Postavitev tretjega kosa v vpenjalni pripravi  
(Lastni vir)

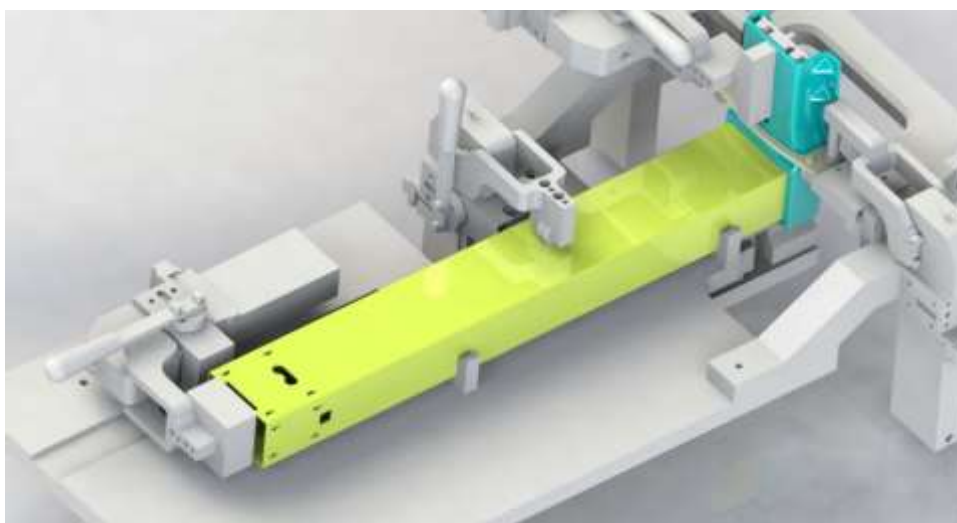
Stranka je na konceptni skici opozorila na potek zvarov in tako nakazala možno vpetje kosa.



Slika 22: Smernice vpetja kosa 780-9387-1  
(Lastni vir)

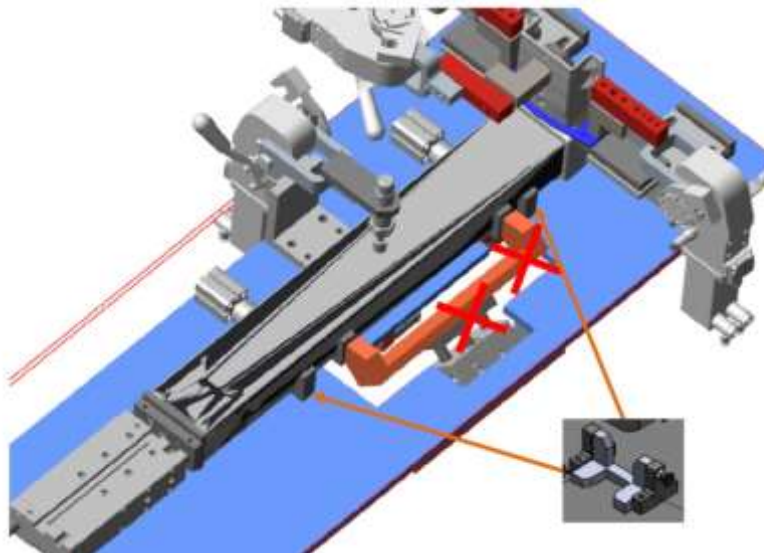
#### 4.3.4 Četrty kos

Zadnji kos v napravi je kvadratna pločevina z oznako 1207087001-1 ali 1207089001-1. Kosa se med sabo razlikujeta po dolžini in širina profila. Ležišče je treba konstruirati tako, da je brez orodja mogoče nastaviti tip profila, ki je v izdelavi. S senzorjema prisotnosti je treba zaznati prisotnost in tip kvadratne pločevine.



Slika 23: Postavitev četrtega kosa v vpenjalni pripravi  
(Lastni vir)

Stranka je prikazala, kakšen koncept vpetja pričakuje. Gre za pregibni mehanizem z dvema ležiščema, ki ustrezata širini profila.



Slika 24: Smernice vpetja kosa 1207087001-1 ali 1207089001-1  
(Lastni vir)

#### 4.4 SNOVANJE NAPRAVE

V fazi snovanja naprave je treba določiti oblike, gibanje, standardne gradnike in materiale. Upoštevati je treba tudi navodila in zahteve stranke. Snovanje je najbolj zapleten korak v postopku konstruiranja naprave. Treba je izvesti postopke optimiranja v zvezi z obliko in velikostjo materiala ter upoštevati samo tehnologijo izdelave, s katero smo omejeni.

Pri snovanju je treba upoštevati osnovna načela snovanja, kot so enoličnost, preprostost in varnost:

- **Enoličnost** dosežemo takrat, ko izdelek pri enakih pogojih vedno zagotavlja želen delovni rezultat. Poleg delovnega rezultata je pomembna tudi kontrola izdelka. Izdelek je treba konstruirati tako, da je možno z merilnimi pripomočki izvajati kontrolo dolžinskih mer, toleranc in kakovosti obdelanih površin.
- **Preprostost** konstrukcije dosežemo z manj sestavnih delov, ki so preprostih oblik, a še vedno zagotavljajo funkcionalnost in enoličnost. S tem zmanjšamo stroške proizvodnje, poenostavimo montažo in zagotovimo preprostejše vzdrževanje.
- **Varnost** konstrukcije dosežemo, ko je ta pri zagotavljanju funkcionalnosti varna in zanesljiva ter ne ogroža uporabnika in delovnega okolja, v katerem obratuje. Konstruktor mora v fazi snovanja oceniti nevarna območja in situacije, ki se bodo pojavile pri obratovanju izdelka.



Področje nevarnosti	Vzroki za nevarnost
Trdnost konstrukcijskih komponent	Premajhna trdnost kot posledica previsoke obremenitve, korozije, staranja materiala, napak v materialu, napak pri obdelavi itd.
Kemične in fizikalne lastnosti materialov	Nevarne kemične ali fizikalne reakcije, ki lahko povzročijo strupenost, požar, eksplozijo, radioaktivno sevanje itd.
Gibljivi deli	Rotirajoče gredi, odprta gonila, žage vseh vrst, delovna sredstva z gibljivimi deli itd.
Oblike predmetov	Rezila, ostri robovi, izstopajoče konice, možnost prevrnitve zaradi nepravilne oblike itd.
Ergonomske zahteve	Napačno upoštevanje telesnih mer (npr. pri vzdrževalnih delih), slaba ocena telesne moči delavca, prisiljena drža delavca itd.
Obratovanje strojev	Ostružki, odkruški orodij ali obdelovanca, padec orodij pri delu na višini, hrup in vibracije, delovno okolje (vročina, mraz, prah) itd.
Vzdrževalna dela	Slaba dostopnost, potrebno vzdrževanje med obratovanjem, vzdrževanje v onesnaženem okolju itd.
Zagon in zaustavljanje stroja ali naprave	Nepričakovani zagon gibljivih delov, oblok električnega toka pri stikalih jakega toka, porast tlaka pri hidravličnih priključkih itd.
Krmilni sistem	Nepričakovana smer gibanja posamezne komponente zaradi napačnega krmiljenja, napačne lege gibljivih delov itd.
Električni tok in napetost	Slaba izolacija, segrevanje vodnikov jakega toka, preskok iskre v eksplozijsko nevarni atmosferi itd.

Tabela 3: Pregled nevarnosti pri obratovanju strojev in naprav  
(Vir: Pehan, Kramberger in Glodež, 2021)

Poleg osnovnih načel snovanja poznamo tudi nekaj pravil za oblikovanje elementov konstrukcij. S pomočjo teh pravil določamo oblike in mere elementov konstrukcije, imenujemo pa jih konstrukcijski principi snovanja. Pri snovanju varilne priprave SBG Ology Upper smo upoštevali tri principe snovanja:

- *Princip vodenja sile.* Za elemente, ki so obremenjeni statično, bomo zasnovali togo konstrukcijo, ki dopušča majhne deformacije. Elementi, ki so obremenjeni dinamično, pa so konstruirani elastično in lahko prenašajo večje deformacije.
- *Princip prirejenih deformacij.* Oblike elementov konstruiramo tako, da koncentracije napetosti na posameznih spojnih elementih bistveno znižamo.
- *Princip delitve celotne naloge na delne funkcije.* V fazi snovanja je funkcijo izdelka smiselno razdeliti na posamezne delne funkcije. Običajno na tak način izdelek konstrukcijsko naredimo boljši (Pehan, Kramberger in Glodež 2021).

Z dobro koncipiranim izdelkom in z mislijo na osnovna načela snovanja ter konstrukcijske principe smo napravo razdelil na posamezne funkcionalne sklope:

- osnovno ogrodje naprave,
- snovna plošča naprave,
- sistem vpenjanja kosa 1141728001-1,
- sistem vpenjanja kosa 1141533001-1,

- sistem vpenjanja kosa 780-9387-1,
- sistem vpenjanja kosa 1207087001-1 ali 1207089001-1.

Po tej fazi snovanja smo lahko začeli računalniško modeliranje v programskem paketu SolidWorks.

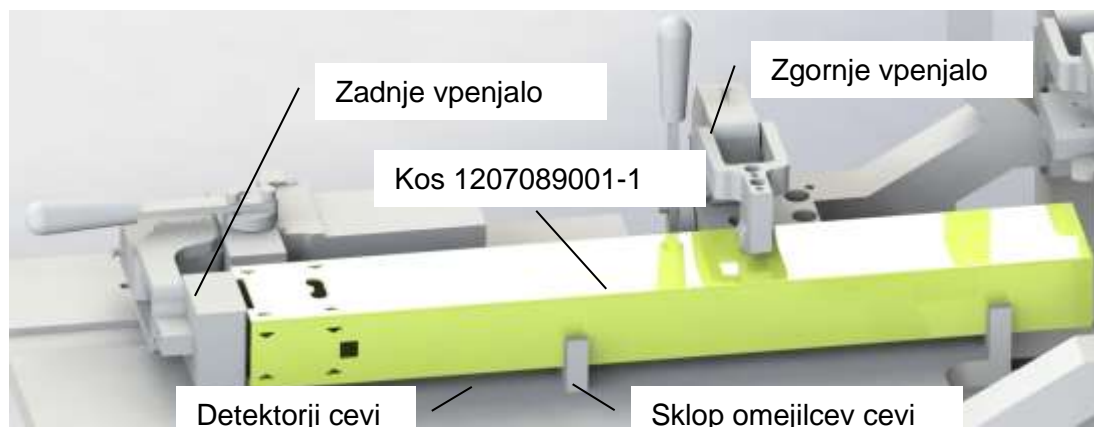
#### 4.4.1 Sistem vpenjanja kosa 1207087001-1 ali 1207089001-1

Dimenzijsko osnovno ploščo naprave določa dolžina kvadratnih cevi z oznako 1207087001-1 (cev 1) ali 1207089001-1 (cev 2), zato smo začeli modeliranje sistema vpenjanja te pločevine in hkrati osnovne plošče.

Izhodišče modeliranja je:

- Cev 1 ima dolžino 597 mm in širino 84,7 mm.
- Cev 2 ima dolžino 494 mm in širino 79,7 mm.
- Začetek cevi mora biti vedno v isti točki, naslonjen na kos 1141533001-1.
- Vzдолžna ravnina cevi mora biti pozicionirana v sredini omejilca cevi.
- Cev je treba s spodnje strani pozicionirati, z vrha in z zadnje strani pa s prijemali vpeti.
- Potrebna je tudi detekcija kosa in detekcija pravilne postavitve kosa.

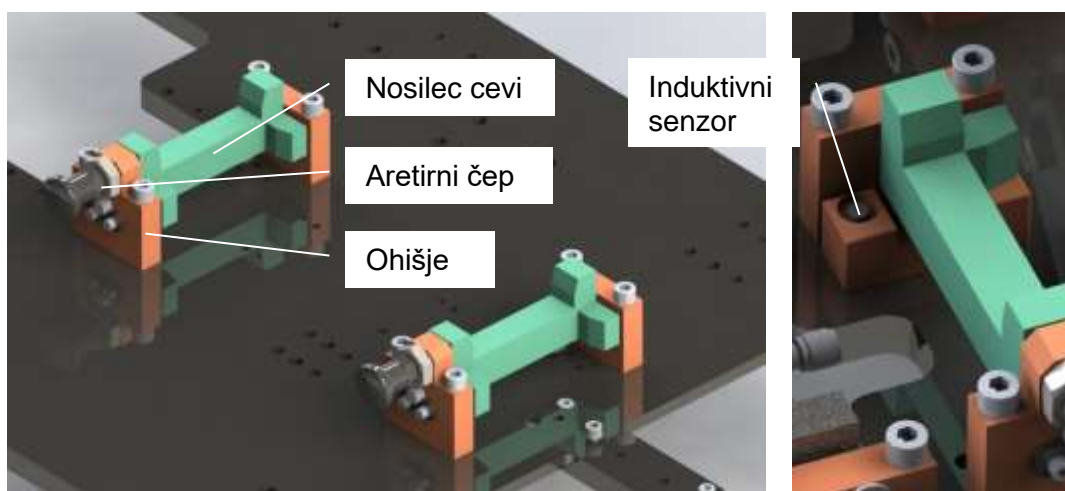
Sistem vpenjanja cevi 1 in 2 smo razdelili v štiri sklope:



Slika 25: Koncept vpenjanja cevi  
(Lastni vir)

#### 4.4.1.1 Sklop omejilcev cevi

Sklop omejilcev cevi smo konstruirali tako, da zagotavljajo vzdolžno centričnost cevi in togo konstrukcijo. Nosilec cevi je oblikovan tako, da v prvi poziciji nosi cev 1207087001-1, v drugi pa cev 1207089001-1. Nosilec je nihajno vpet v ohišje in nastavljen z aretirnim čepom z vzmetjo. Za vležajenje smo uporabili puše iz sintranega bronu. Sklop dveh omejilcev cevi zagotavlja vzdolžno centričnost. Delavec pred uporabo nastavi nosilec za en ali drug tip cevi brez uporabe orodja. Z induktivnim senzorjem se preverja pravilna nastavitve nosilca.



Slika 26: Sklop omejilcev cevi  
(Lastni vir)

Slika 27: Pozicija induktivnega senzorja  
(Lastni vir)

#### 4.4.1.2 Zgornje vpenjalo

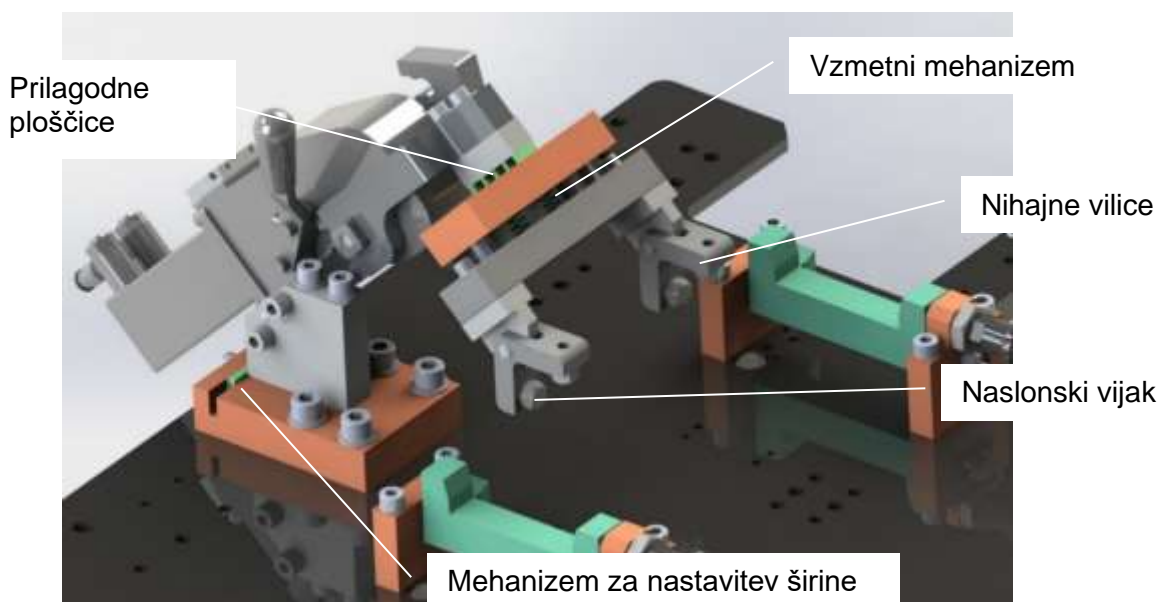
V tej fazi konstruiranja smo določili tip vpenjalnega cilindra. Izbral sem DESTACO model 82L4G-203B7H0, ki zagotavlja zadosten moment vpetja (380 Nm) in primeren kot odprtja naslona (105°). Omogoča tudi ročno vpenjanje in avtomatsko izpenjanje kosov. Ta tip cilindra smo potem uporabili tudi na vseh ostalih vpenjalih.



Slika 28: Vpenjalni cilindar DESTACO 82L4G-203B7H0  
(Vir: Destaco, 2022)



Zgornje vpenjalo mora cev prijeti na zgornji površini in jo pridržati na sklop omejilcev cevi. Izziv je bil konstruirati prijemalo, ki omogoča vpetje obeh širin cevi, hkrati pa je dovolj toga, da zagotavlja ponovljivost. Po principu delitve celotne naloge na delne funkcije smo za zagotovitev oprijema cevi stik prijemala s cevjo izvedli s pomočjo naslonskih vijakov podjetja NORELEM, ki zagotavljajo dober stik s površino, so kaljeni in na črno oksidirani, kar zagotavlja izjemno odpornost proti obrabi in koroziji. Te vijake smo pritrdili na sistem nihajnih vilic, ki omogočajo prilagajanje cevi. Vse skupaj smo preko vzmetnega mehanizma in prilagodnih ploščic, s katerimi lahko nastavimo višino, vpeli na cilinder. Celotno prijemalo je nastavljivo še v širino. Te nastavitve se izvajajo s podpornimi ploščami v skupni debelini 5 mm in mehanizmom, ki je izdelan iz dveh, med sabo z vijaki spojenih in moznikom vodenih plošč. Sklop zgornjega vpenjala je vpet na osnovno ploščo.



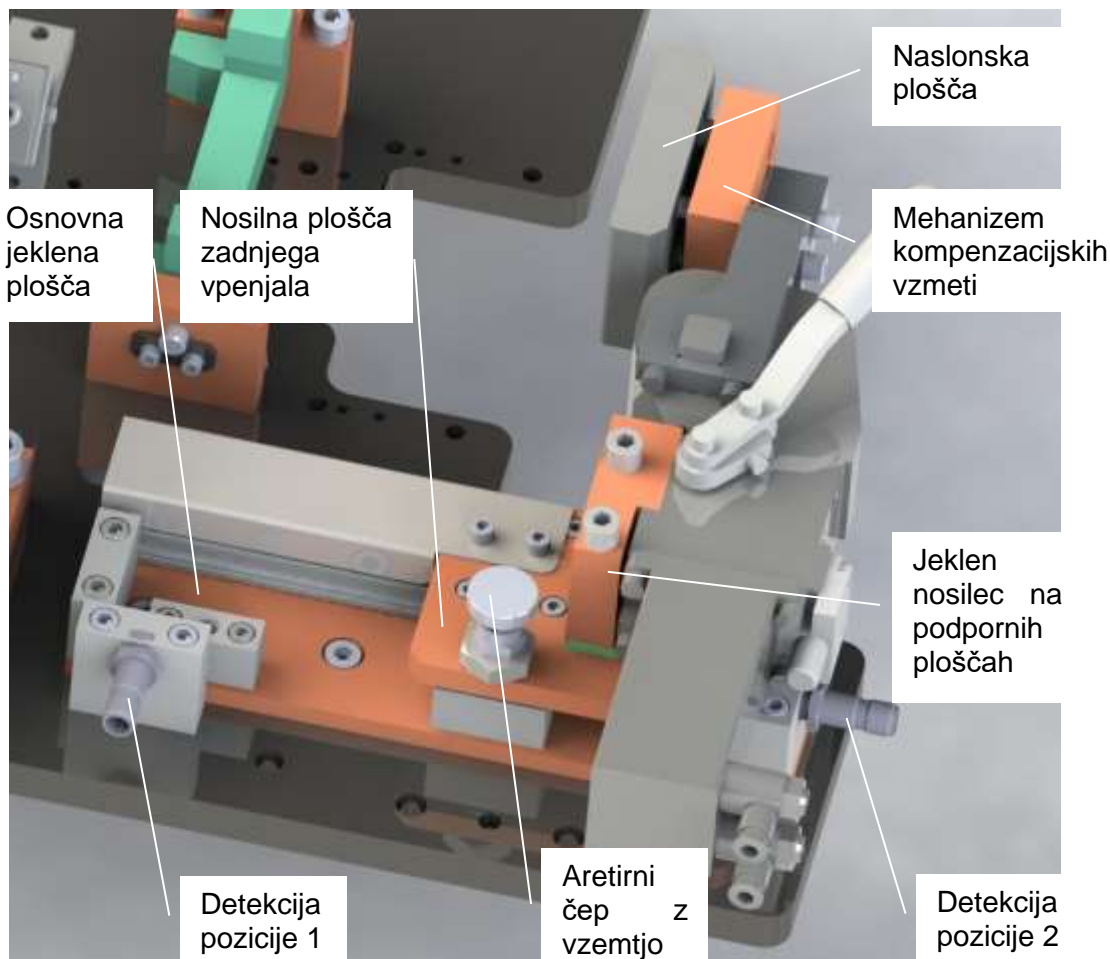
Slika 29: Zgornje vpenjalo  
(Lastni vir)

#### 4.4.1.3 Zadnje vpenjalo

Zadnje vpenjalo mora cev pozicionirati v vzdolžni smeri na kos 1141533001-1. Ker sta cevi različnih dolžin, je bilo treba za zadnje vpenjalo razviti tog sistem prilagajanja vpenjalnega cilindra. Razlika med dolžinama cevi je 104 mm.

Za namen prilagajanja vpenjalnega cilindra smo uporabili sistem linearnih tirnih vodil. Tirnica je postavljena na osnovno jekleno ploščo, vozička pa sta pritrjena na nosilno ploščo zadnjega vpenjala, ki je vzdolžno pomična za 104 mm. V končnih pozicijah se nosilna plošča vpne z aretirnim čepom z vzmetjo. Obe poziciji, za cev 1 in cev 2, se detektira z induktivnim senzorjem. Vpenjalni cilinder je pritrjen na jeklen nosilec, ki je

s podpornimi ploščami v višini 5 mm nastavljiv po višini. Stik vpenjalca s cevjo je naslonska plošča iz poboljšane materiala. Plošča na cev deluje preko mehanizma kompenzacijskih vzmeti in prilagodnih vijakov, ki omogočajo fleksibilen stik s cevjo. Celoten sklop zadnjega vpenjala je vpet na osnovno ploščo vpenjalne priprave. Delavec lahko menjavo pozicije opravi brez uporabe orodja.

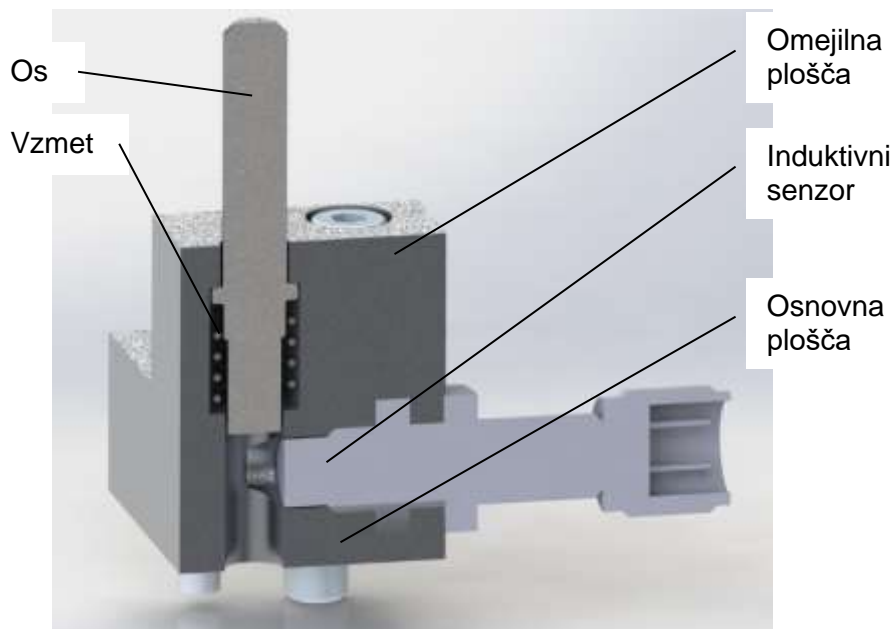


Slika 30: Zadnje vpenjalo  
(Lastni vir)

#### 4.4.1.4 Detektorji cevi

Cevi 1207087001-1 in 1207089001-1 sta izdelani z luknjami, ki omogočajo, da ne pride do zamenjave ali napačnega obračanja cevi. V ta namen smo razvili sistem treh detektorjev na osnovi induktivnih senzorjev, ki mehansko tipajo prisotnost in pravilno pozicijo cevi.

Detektor je sestavljen iz osnovne plošče, omejlne plošče, vzmetene osi in induktivnega stikala. Stikalo se vklopi, ko se os pod vplivom sile teže cevi premakne v spodnji položaj.

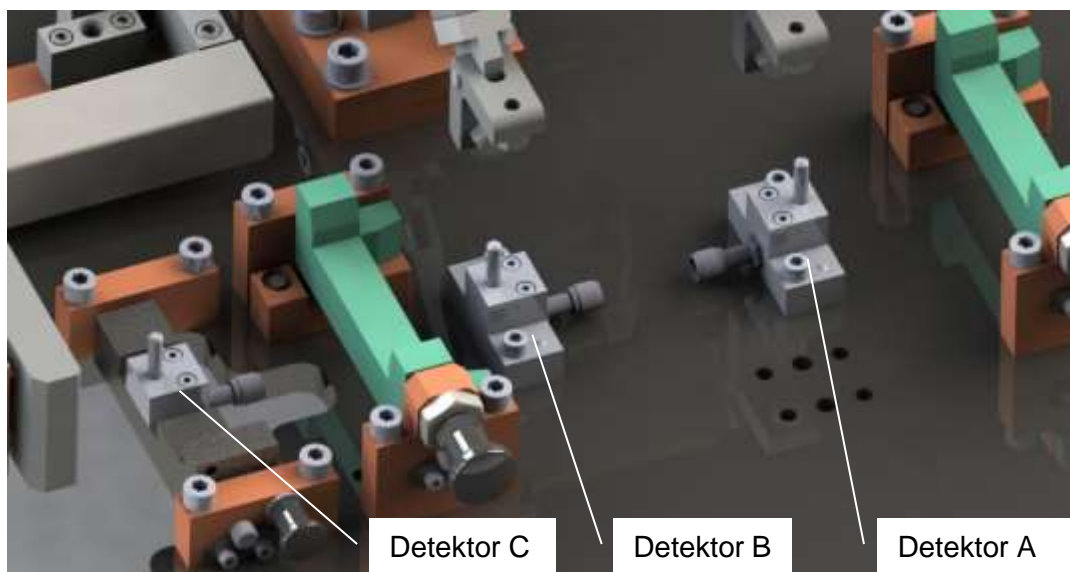


Slika 31: Prerez detektorja cevi  
(Lastni vir)

Detektorja z oznakama A in B smo razvrstili na osnovni plošči vpenjalne priprave, na mestih, kjer so v ceveh izrezane luknje. Detektor C je v funkciji samo pri cevi 1207089001-1 (daljša cev) in ga je treba pri izdelavi krajše cevi umakniti. Tako je za razliko od detektorjev A in B detektor C vpet na nihajni mehanizem z aretirnim čepom, podobno kot sklop omejlca cevi. Dodatni induktivni senzor preverja prisotnost detektorja C pri izdelavi sklopa z daljšo cevjo.

Cev 1 je prisotna in pravilno obrnjena. Detektor A je aktiviran. Detektor B ni aktiviran. Detektor C ni v funkciji.	Cev 1 je prisotna in nepravilno obrnjena. Detektor A je aktiviran. Detektor B je aktiviran. Detektor C ni v funkciji.
Cev 2 je prisotna in pravilno obrnjena. Detektor A je aktiviran. Detektor B je aktiviran. Detektor C ni aktiviran.	Cev 2 je prisotna in nepravilno obrnjena. Detektor A je aktiviran. Detektor B je aktiviran. Detektor C je aktiviran.

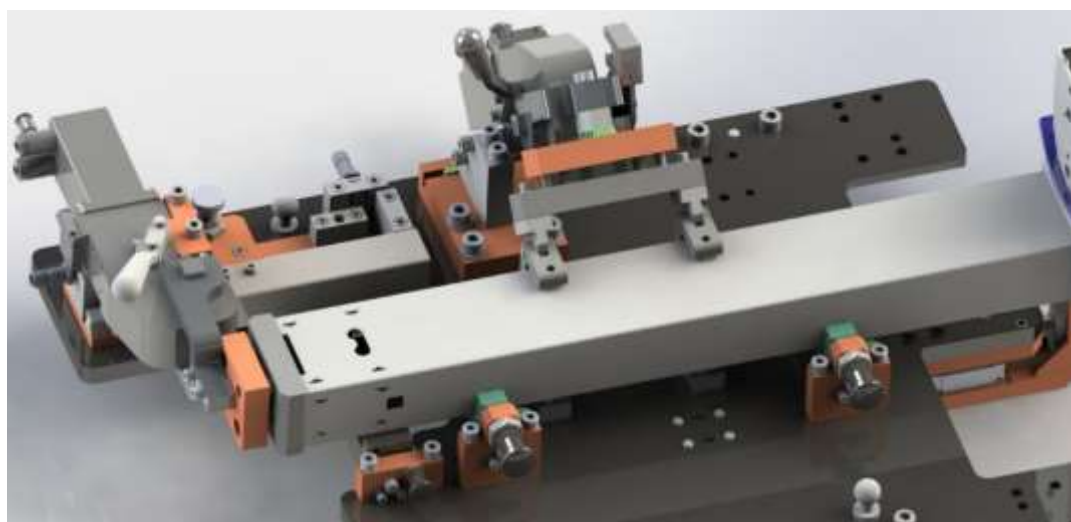
Tabela 4: Princip delovanja detektorjev cevi  
(Lastni vir)



Slika 32: Detektorji prisotnosti cevi na pripravi  
(Lastni vir)

#### 4.4.1.5 Vpetje cevi

Vpetje cevi po končanem snovanju sistema vpenjanja kosa 1207087001-1 in 1207089001-1 je prikazano na sliki 36. Cev je trdno in pravilno vpeta. Vse komponente vpenjanja so odmaknjene od mesta varjenja in ne potrebujejo dodatnih mehanskih zaščit pred brizganjem taline pri postopku varjenja.



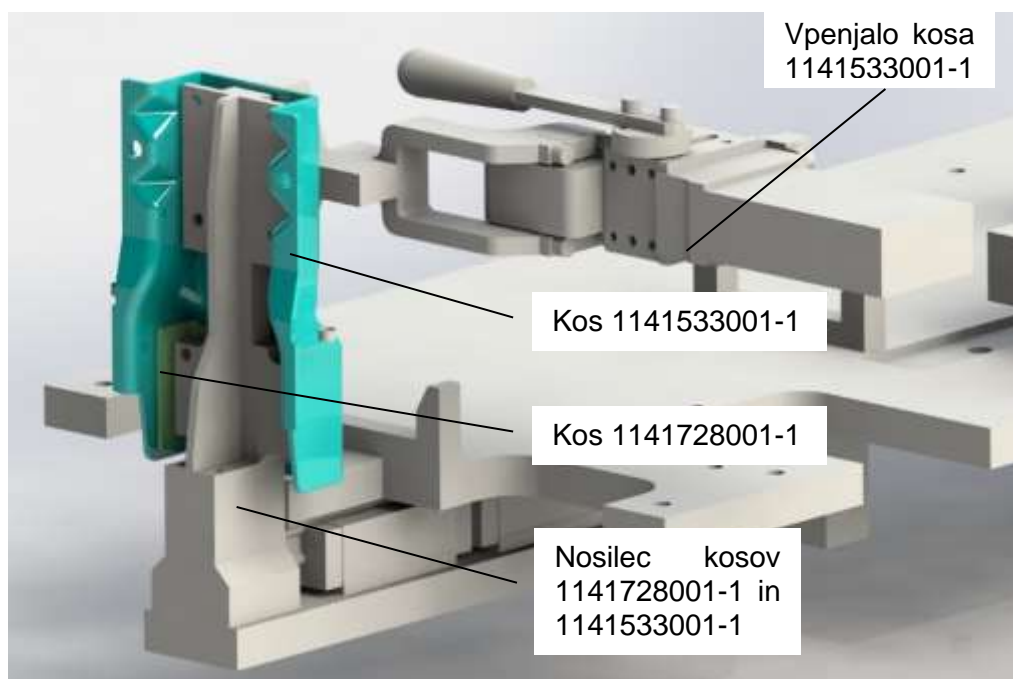
Slika 33: Vpetje cevi po končanem snovanju  
(Lastni vir)

#### 4.4.2 Sistem vpenjanja kosa 1141728001-1 in 1141533001-1

Vzporedno s konstruiranjem vpenjanja cevi smo določali tudi mere osnovne plošče in pa sistem vpenjanja kosa 1141728001-1 ter kosa 1141533001-1, ki sta vpeta na skupnem nosilnem sistemu.

Izhodišče modeliranja:

- Spodnji vpenjalni cilindar delavec ročno pomakne v začetni položaj, ki mora biti preko podložnih ploščic nastavljen.
- Kos 1141728001-1 delavec natakne v pripravo. Ta priprava mora omogočati pozicijo in stabilno vpetje kosa.
- Tudi za kos 1141533001-1 mora priprava omogočati pravilno pozicijo in priporočene naslonske površine.
- Kos 1141533001-1 se s prednje strani z vpenjalom čvrsto pozicionira.
- Treba je upoštevati dostopnost gorilnika, s katerim bodo kosi varjeni.



Slika 34: Koncept vpenjanja kosa 1141728001-1 in kosa 1141533001-1  
(Lastni vir)

Sistem vpenjanja kosa 1141728001-1 in kosa 1141533001-1 sem razdelil v dva sklopa:

- nosilec kosov 1141728001-1 in 1141533001-1,
- vpenjalo kosa 1141533001-1.



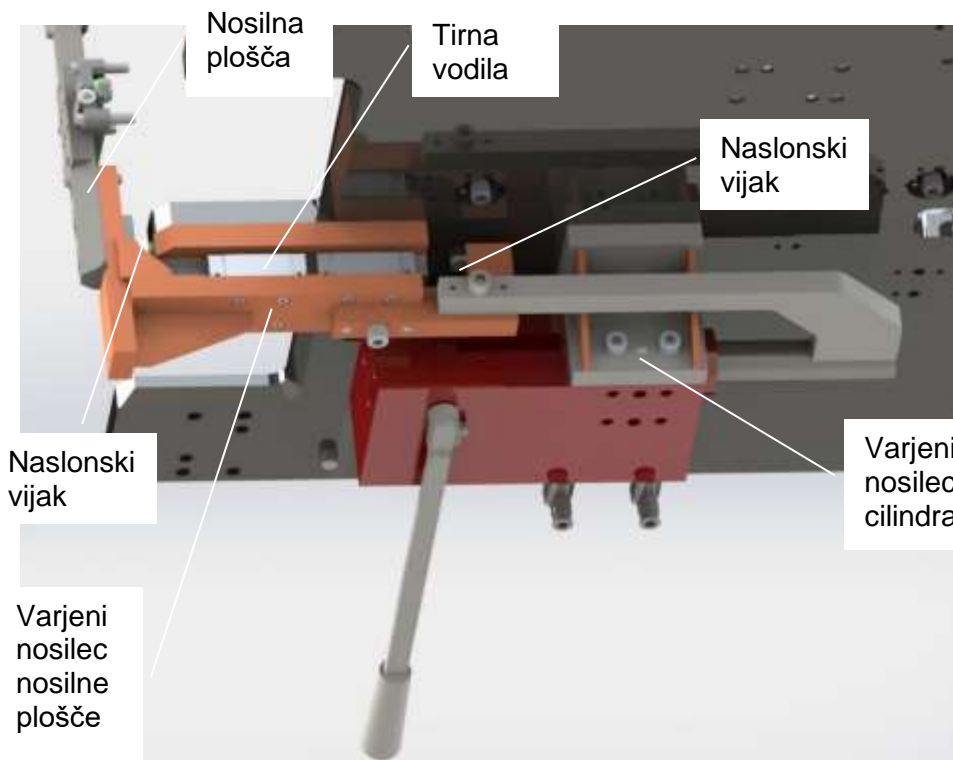
#### 4.4.2.1 Nosilec kosov 1141728001-1 in 1141533001-1

Konstrukcija nosilca kosov mora omogočati enostavno vlaganje kosov in zagotavljati pravilno pozicijo. Upoštevati je treba tudi izpenjanje po koncu varjenja. V ta namen smo za izhodišče izbrali vpenjalni cilindar podjetja DESTACO z oznako 85P5-104B800H0. Ta omogoča ročno vpetje in avtomatsko izpetje. Deluje v linearni smeri.



Slika 35: Vpenjalni cilindar 85P5-104B800H0  
(Vir: Destaco, 2022)

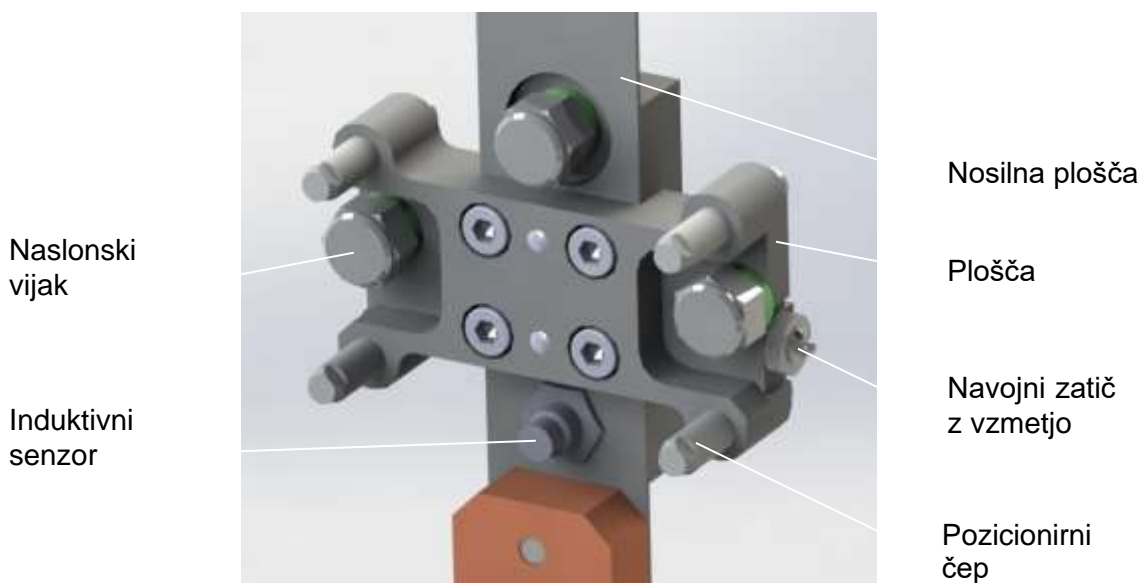
Cilinder 85P5-104B800H0 smo preko varjenega nosilca vpeli na osnovno ploščo. Batnico cilindra smo vpeli na sistem linearnih tirnih vodil, ki zagotavljajo zanesljivo delovanje. Tirna vodila so vpeta na osnovno ploščo, medtem ko so vozički pritrjeni na zvarjencu, ki omogoča pritrditev nosilne plošče. Hod cilindra je znašal 20 mm, vendar smo sistem konstruiral tako, da je možno v obeh končnih položajih pozicijo nastavljati z naslonskimi vijaki.



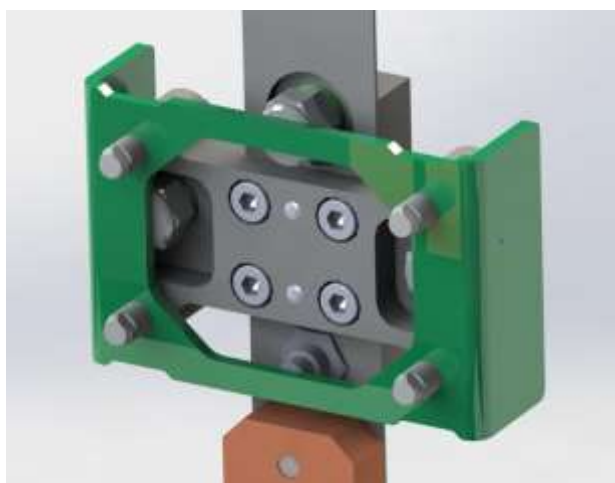
Slika 36: Konstrukcija vpetja kosov 1141728001-1 in 1141533001-1  
(Lastni vir)

Nosilna plošča je osnova za vpetje kosov 1141728001-1 in 1141533001-1.

Kos 1141728001-1 se pritrdi na sklop plošče, naslonskih vijakov, pozicionirnih čepov in navojnih zatičev z vzmetjo. Po principu delitve celotne naloge na delne funkcije naslonski vijak določa globino naslona, pozicionirni čepi določajo pozicijo kosa, navojna zatiča z vzmetjo pa imata funkcijo pridrzanja kosa na mestu. Navojna zatiča z vzmetjo bočno pritiskata na varjeni kos in na tak način s trenjem zagotavljata stabilno pozicijo kosa 1141728001-1, dokler ne dodamo kosa z oznako 1141533001-1. Induktivni senzor, vgrajen na nosilno ploščo, preverja prisotnost kosa.



Slika 37: Pritrdilni sklop kosa 1141728001-1  
(Lastni vir)



Slika 38: Kos 1141728001-1 v pravilni poziciji  
(Lastni vir)

Kos 1141533001-1 se pritrdi na sklop nosilne plošče, naslonskih vijakov, pozicionirnega čepa in stranskega vzmetnega čepa. Za pozicioniranje kosa se uporabijo tudi pozicionirni čepi, ki smo jih uporabljali za kos 1141728001-1. Naslonski vijaki in kos 1141728001-1 določajo globino naslona, pozicionirni čepi določajo pozicijo kosa in stranski vzmetni čep ima funkcijo pridrzanja kosa na mestu, dokler ga ne zapnemo z vpenjalnim cilindrom.



*Slika 39: Naslonski del pritrditve kosa 1141533001-1  
(Lastni vir)*

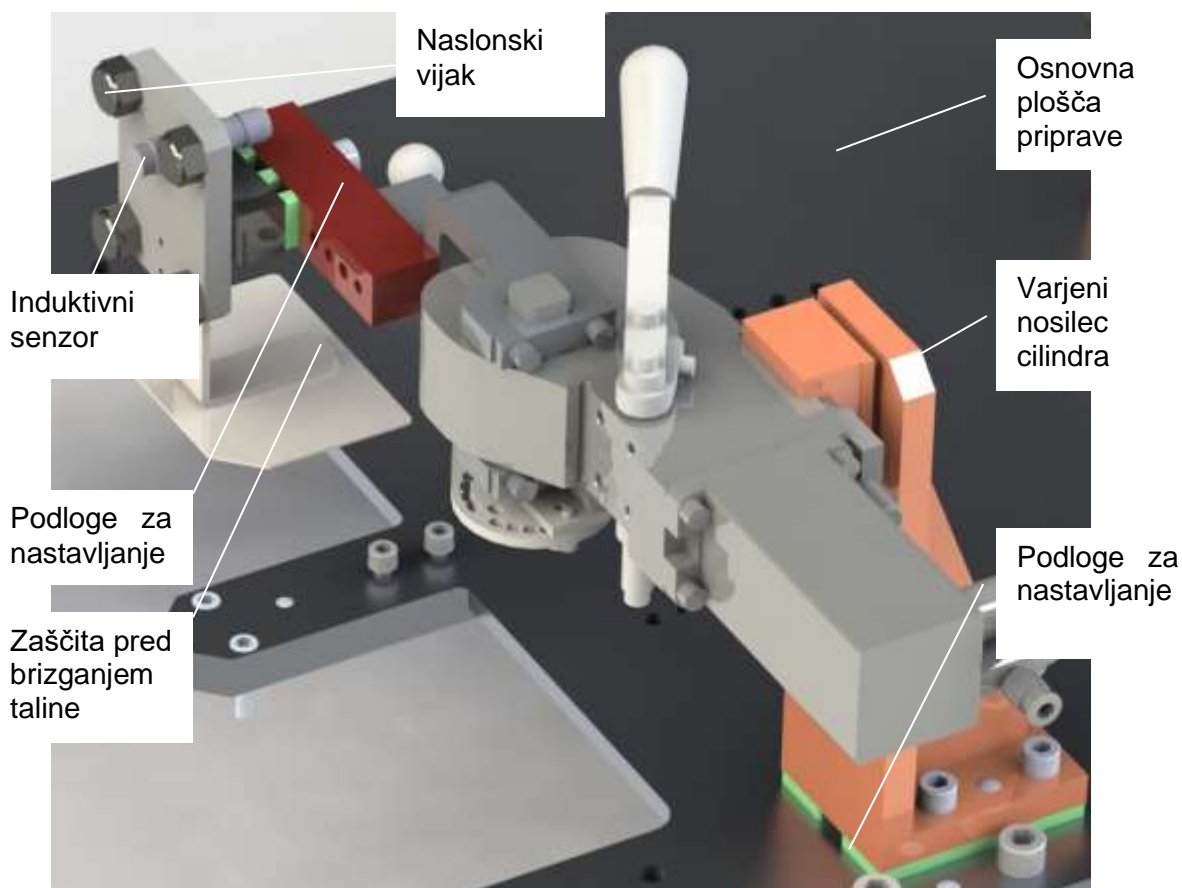


*Slika 40: Kos 1141533001-1 v pravilni poziciji  
(Lastni vir)*



#### 4.4.2.2 Vpenjalo kosa 1141533001-1

Za dokončno vpetje kosa 1141533001-1 smo uporabili že prej izbrani vpenjalni cilindar DESTACO 82L4G-203B7H0. Cilinder je preko nosilnega zvarjenca vpet na osnovno ploščo in preko podlog nastavljen po višini ter vzdolžni smeri. Samo vpenjanje pločevine se izvede preko naslonskih vijakov. Za detekcijo kosa je uporabljen induktivni senzor.



Slika 41: Vpenjalo kosa 1141533001-1  
(Lastni vir)

Ves čas modeliranja vpenjanja kosov 1141728001-1 in 1141533001-1 smo prilagajali tudi osnovno ploščo. Vpetje kosov je prikazano na sliki 42.



Slika 42: Pritrditev kosa 1141533001-1  
(Lastni vir)

#### 4.4.3 Sistem vpenjanja kosa 780-9387-1

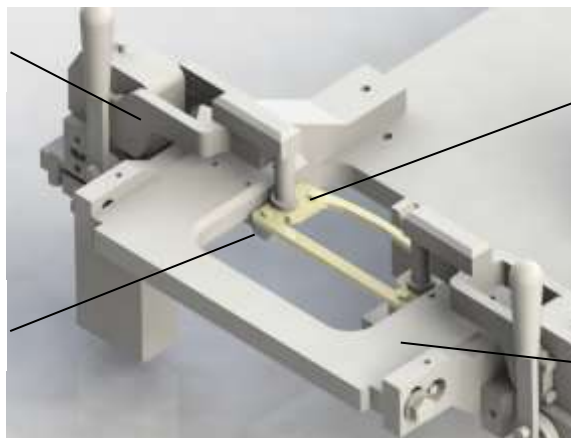
Velik izziv je predstavljalo modeliranje nosilnega sistema za kos 780-9387-1.

Izhodišče modeliranja:

- Nosilni sistem kosa mora biti nastavljen po višini, širini in dolžini.
- Hkrati mora biti nastavljen tudi naklon plošče, ki podpira kos 780-9387-1.
- Za kos 780-9387-1 mora priprava zagotoviti pravilno pozicijo po sistemu *poka-yoke*.
- Upoštevati je treba pozicije naslonskih površin.
- Kos 780-9387-1 se s strani z vpenjalnima cilindroma čvrsto pozicionira.
- Treba je upoštevati dostopnost gorilnika, s katerim bodo kosi varjeni.

Vpenjalo kosa  
780-9387-1

Naslon kosa  
780-9387-1



Kos 780-9387-1

Nosilec kosa  
780-9387-1

Slika 43: Koncept vpenjanja kosa 780-9387-1  
(Lastni vir)

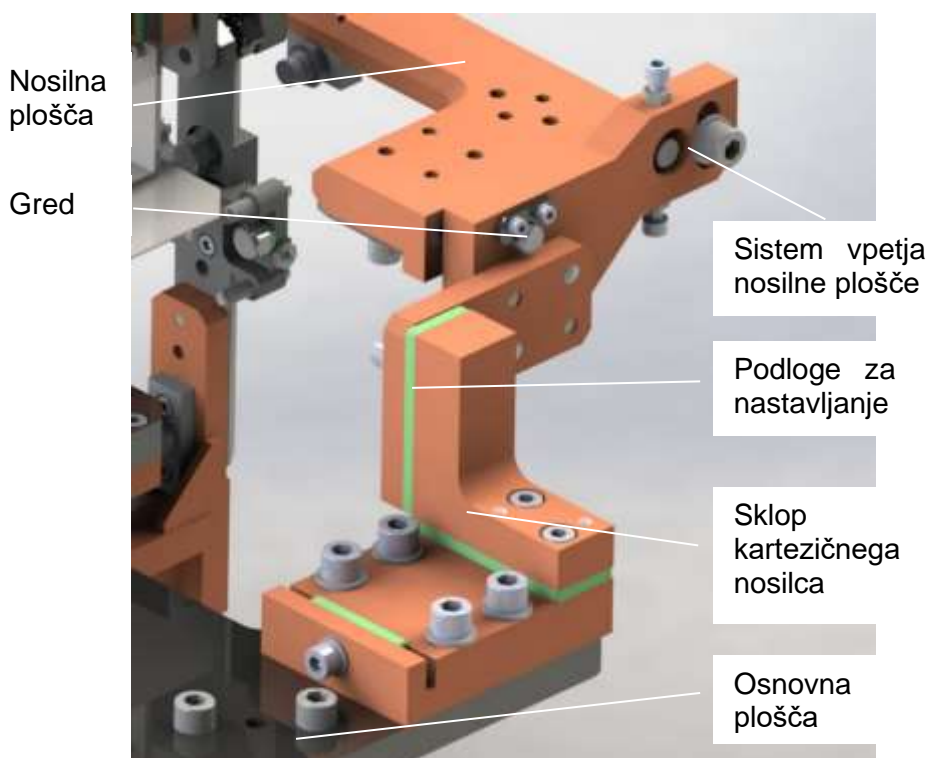
Sistem vpenjanja kosa 780-9387-1 smo razdelil v dva sklopa:

- nosilec kosa 780-9387-1,
- vpenjalo kosa 780-9387-1,
- vpenjalo kosa 780-9387-1 zrcalno.

#### 4.4.3.1 Nosilec kosa 780-9387-1

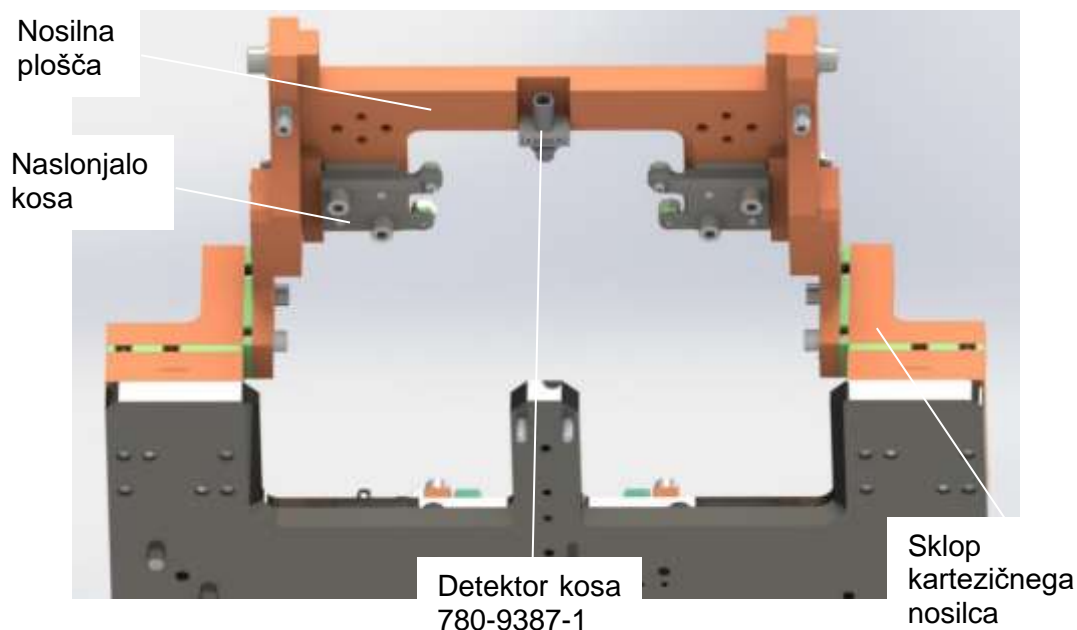
Dobro izhodišče za konstruiranje vpenjala kosa je bil koncept, ki ga je predlagala stranka. Predlog je bil, da se nosilna plošča, na katero sta pritrjena kosa za pozicioniranje 780-9387-1, na vsaki strani vpne v os, ki je pritrjena na kartezični nosilec, nastavljiv v vse smeri.

Konstrukcijo smo začeli pri kartezičnem nosilcu. Kartezična nosilca sta enakih dimenzij in oblike, zrcalno pritrjena na osnovno ploščo naprave. Preko podlog sta nastavljiva v dolžino, širino in višino. Na ta kartezična nosilca sta pritrjeni plošči, ki nosita gredi in sistem vpetja nosilne plošče sklopa, ki omogoča nastavitve poljubnih kotov  $\pm 10^\circ$ . Vse plošče so med sabo centrirane z zatiči in vijačene z vijaki DIN 912. Podloge so sestavljene iz ploščic debeline 2x 1 mm, 4x 0,5 mm in 5x 0,2 mm, kar je skupaj 5 mm.



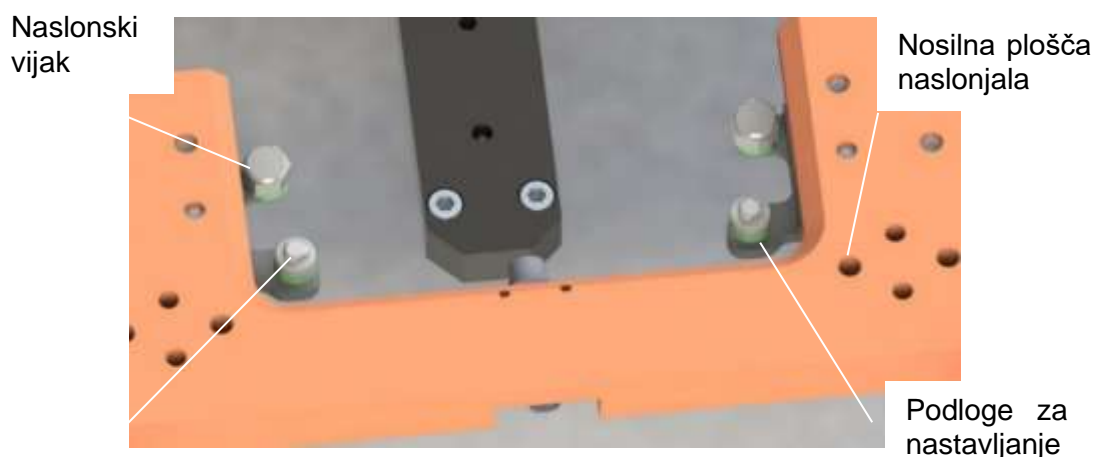
Slika 44: Kartezični nosilec  
(Lastni vir)

Nosilna plošča sklopa je konstruirana v obliki črke U in povezuje oba kartezična nosilca. Na to ploščo sta vpeti dve naslonjali kosa in detektor pozicije za pločevino 780-9387-1. Vsi trije kosi so načrtovani tako, da omogočajo gorilniku varjenje na predvidenih točkah.



Slika 45: Konstrukcija sistema naslona kosa 780-9387-1  
(Lastni vir)

Naslonjalo kosa je izdelano iz nosilnih plošč, pozicionirnih čepov in naslonskih vijakov. Pozicionirna čepa in naslonska vijaka so po višini nastavljivi s podlogami. Podloge so sestavljene iz ploščic debeline 2x 1 mm, 4x 0,5 mm in 5x 0,2 mm. Pozicionirna čepa sta izdelana iz materiala za poboljšanje, kaljena na 56 HRC in na koncu brunirana. Oblika čepa je prilagojena centriranju in izpenjanju kosa.

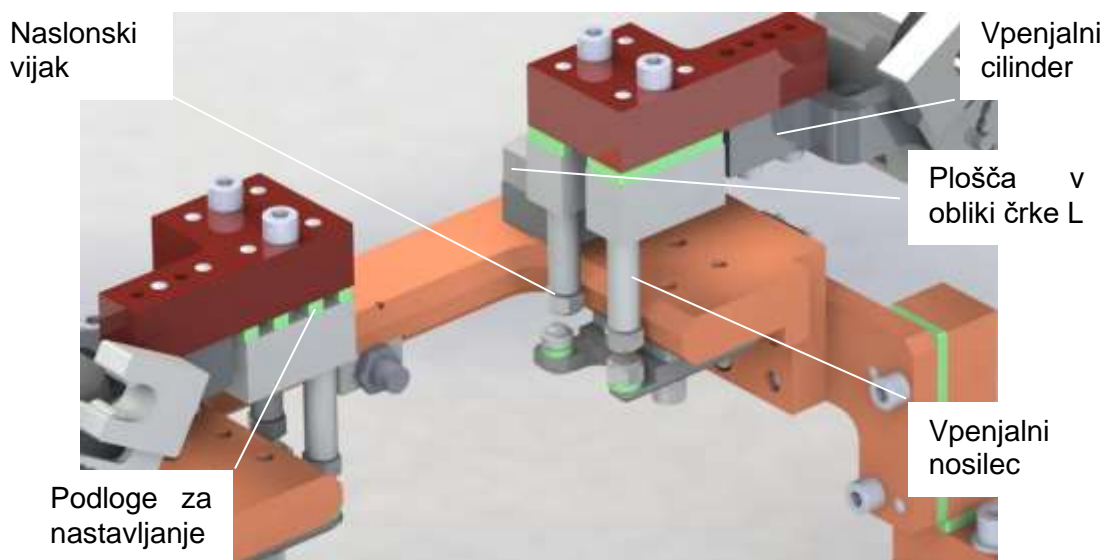


Pozicionirni  
čep

Slika 46: Naslonske površine kosa 780-9387-1  
(Lastni vir)

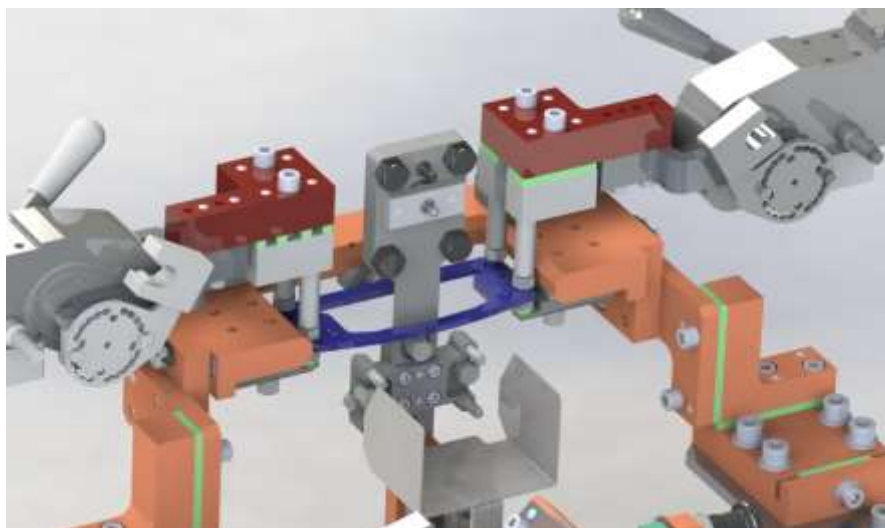
#### 4.4.3.2 Vpenjalo kosa 780-9387-1

Vpenjalo kosa je sestavljeno iz dveh zrcalno postavljenih pnevmatskih vpenjalnih cilindrov 82L4G-203B7H0. Cilindra sta preko plošč v obliki črke L vpeta na nosilno ploščo kosa 780-9387-1. Pridržanje pločevine je izvedeno z naslonskimi vijaki, ki so vpeti na vpenjalni nosilec.



Slika 47: Vpenjalo kosa 780-9387-1  
(Lastni vir)

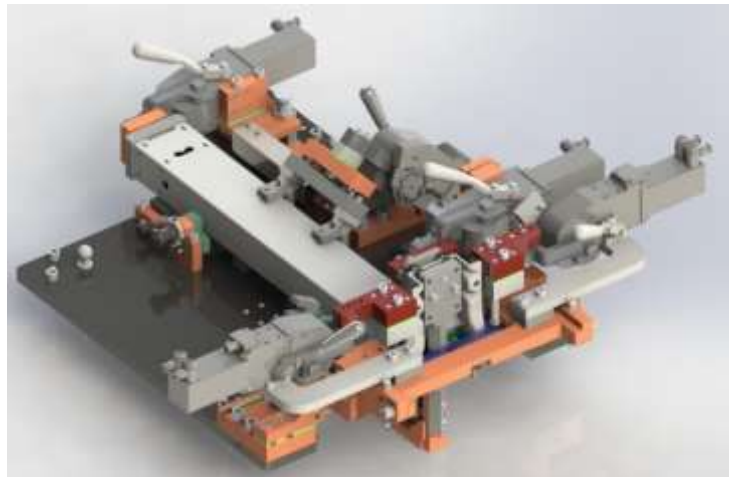
Po končanem snovanju je vpetje kosa 780-9387-1 prikazano na sliki 48.



Slika 48: Vpetje kosa 780-9387-1  
(Lastni vir)

#### 4.4.4 Vpenjalna priprava

Vpenjalna priprava je pripravljena za vgradnjo na osnovno ogrodje priprave.



*Slika 49: Vpenjalna priprava  
(Lastni vir)*

#### 4.4.5 Osnovno ogrodje priprave

Vzporedno s konstruiranjem vpenjalne priprave smo določali tudi mere osnovnega ogrodja in možnosti pritrditve vpenjalne priprave na ogrodje.

Izhodišče modeliranja:

- Na ogrodju morata biti nameščeni dve vpenjalni pripravi.
- Na ogrodju mora biti prostor za ventilski otok in električno omaro, ki mora biti zaščiten pred brizganjem taline med varjenjem.
- Širina 2500 mm, največji premer vrtenja 1000 mm.
- Osnovno ogrodje se v varilno mizo vpne s pomočjo dvigala.



*Slika 50: Koncept osnovnega ogrodja priprave  
(Lastni vir)*



Za izhodišče smo vzeli predlog stranke. To je lahek jeklen okvir, zvarjen iz jeklenih cevi 60 x 60 x 4 mm in 40 x 40 x 3 mm. Mersko smo podstavek prilagodili na vpenjalno pripravo in dodali plošče, na katere se pritrdi vpenjalna priprava. Na sredini okvirja smo predvideli prostor za pnevmatski otok in električno omaro. V kotih okvirja pa smo dodali plošče za obročne vijake. Vpenjalne plošče za varilno mizo smo po pogovoru s stranko modelirali tako, da so prilagojene mizi v varilni celici.



*Slika 51: Osnovno ogrodje priprave*  
(Lastni vir)

Med snovanjem naprave je bil 3D model celotnega sklopa večkrat poslan stranki na pregled funkcionalnosti modela in virtualno preverjanje dostopnosti gorilnika ter robota.

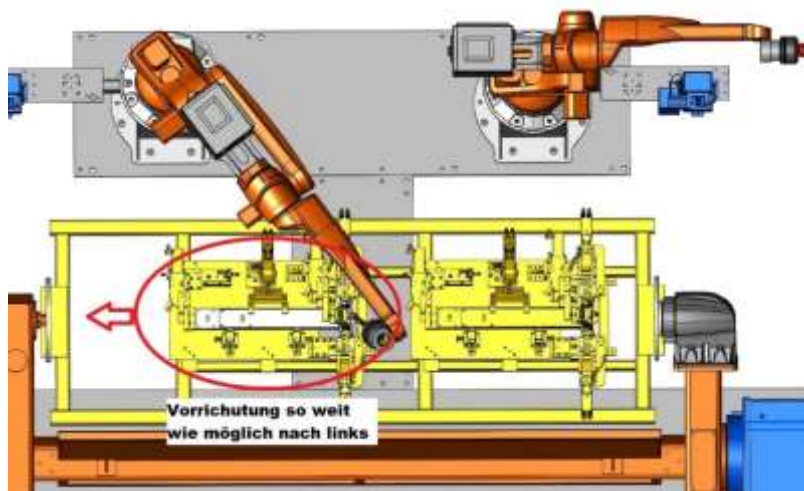
## **4.5 PREVERJANJE NAPRAVE**

Preverjanje dostopnosti gorilnika je v fazi snovanja zelo dobrodošlo, saj lahko na tak način odpravimo pomanjkljivosti, ki se pojavijo v fazi snovanja. Tudi v primeru varilne priprave SBG Ology Upper je pri preverjanju dostopnosti gorilnika in robotske roke sledilo spreminjanje modela naprave.

### **4.5.1 Prvo preverjanje dostopnosti**

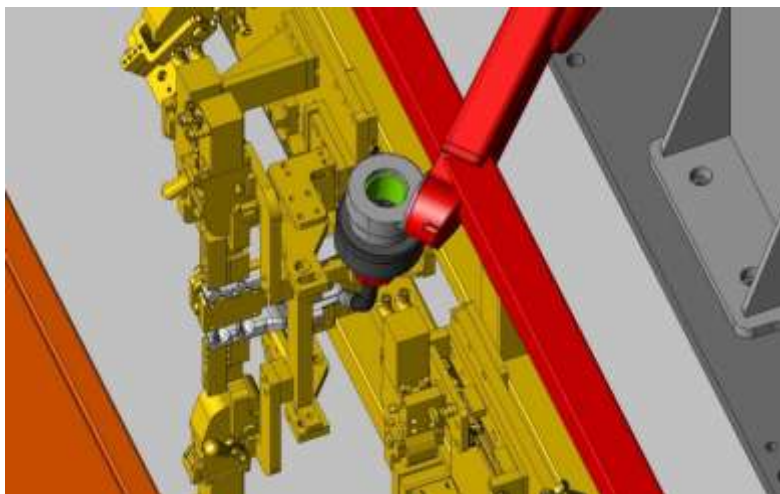
V fazi snovanja podstavka naprave in pozicioniranja vpenjalnih priprav ter ventilskega otoka je preverjanje dostopnosti odločilno vplivalo na končno določitev pozicij vpenjalnih priprav.

Zaradi možnosti kolizije robotov v varilni celici med varjenjem je bilo treba vpenjalni pripravi pritrditi zaporedno in ne zrcalno. Pripravi smo morali razmakniti, tako pa smo pridobili prostor za ventilski otok na sredini podstavka.



Slika 52: Predlog razmika vpenjalnih priprav  
(Lastni vir)

Pojavilo se je tudi nekaj napak pri sami dostopnosti v vpenjalni pripravi. To smo odpravili s spreminjanjem višin podstavka.

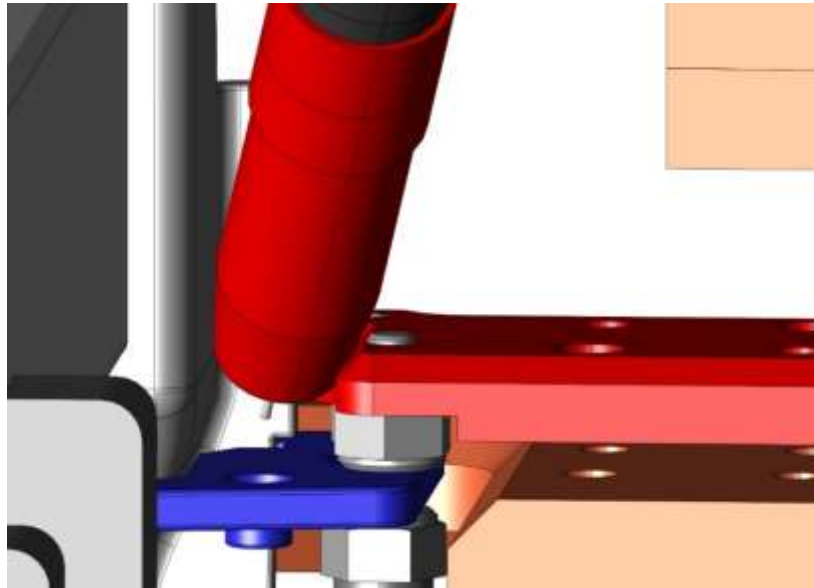


Slika 53: Kolizija z osnovnim ogrodjem  
(Lastni vir)

#### 4.5.2 Drugo preverjanje dostopnosti

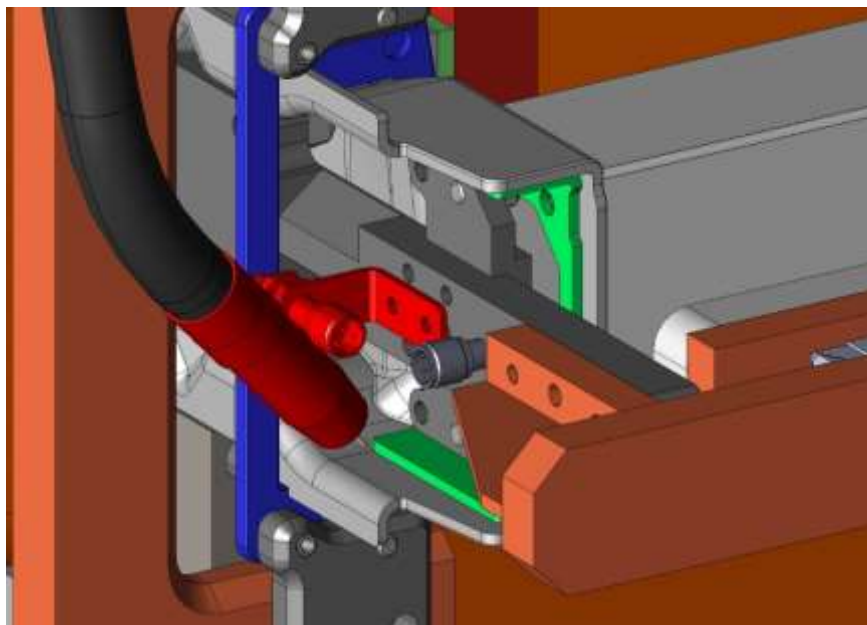
Po korekciji vpenjalne priprave in okvirja ter potrjeni poziciji vpenjalnih priprav in ventilskega otoka na podstavku naprave se je izvedla druga simulacija varjenja. Tudi tu je prišlo do situacij, ko dostopnost gorilnika ni bila dobra in je bilo treba snovanje vpenjalne priprave prilagoditi gorilniku. V večini primerov je bilo treba prilagoditi obliko vpenjalnih plošč, izdelati izogibe in povečati posnetja robov.





*Slika 54: Kolizija z nosilno ploščo naslonjala kosa 780-9387-1  
(Lastni vir)*

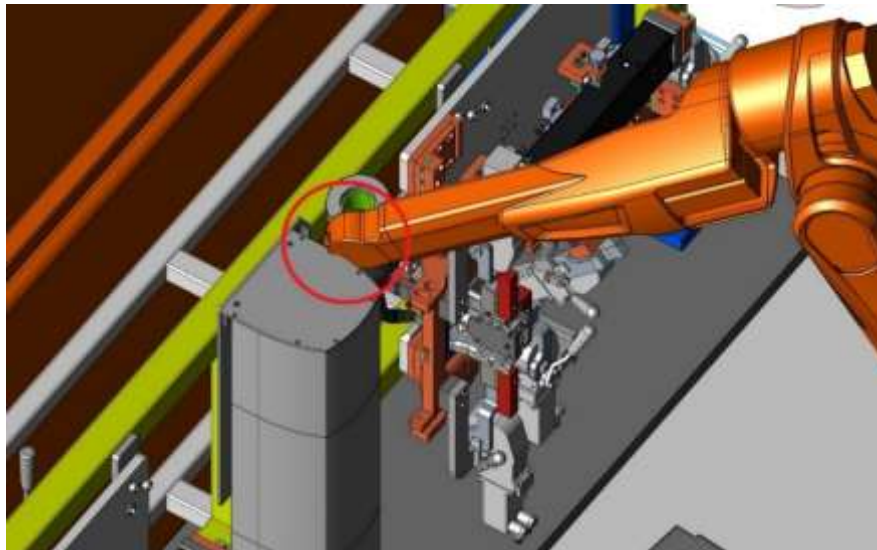
V tej fazi smo ugotovili tudi kolizijo gorilnika z induktivnim stikalom, ki je preverjalo prisotnost kosa 780-9387-1. Stikalo je bilo treba prestaviti.



*Slika 55: Kolizija s stikalom prisotnosti kosa 780-9387-1  
(Lastni vir)*

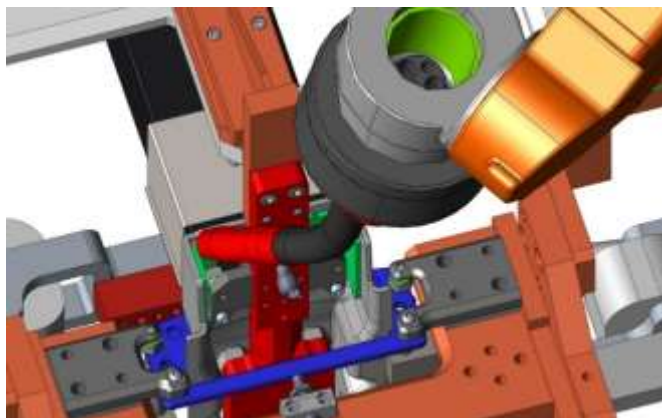
### 4.5.3 Tretje preverjanje dostopnosti

Po tretjem preverjanju je sledila še korekcija škatle za zaščito ventilskega otoka.



*Slika 56: Kolizija s škatlo ventilskega otoka  
(Lastni vir)*

Nekaj dodatnih prilagoditev je bila deležna tudi nosilna plošča za vpetje kosov 1141728001-1 in 1141533001-1.

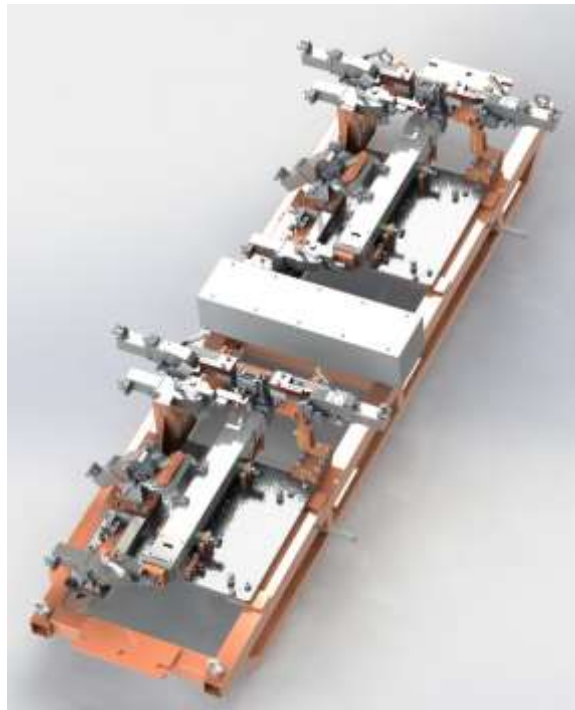


*Slika 57: Kolizija z nosilno ploščo za vpetje kosov 1141728001-1 in 1141533001-1  
(Lastni vir)*

Na pripravo smo dodali še bakrene zaščite pred brizganjem taline med varjenjem. Na ta način smo zaščitili cevna profila zvarjenca pred talino.

#### 4.5.4 Četrto preverjanje dostopnosti

Po četrtem preverjanju varilne priprave SBG Ology Upper je bila ta odobrena za razdelavo.



Slika 58: 3D model končane varilne priprave SBG Ology Upper  
(Lastni vir)

## 4.6 RAZDELAVA VARILNE PRIPRAVE SBG OLOGY UPPER

V tej fazi je treba zasnovani pripravi dodati informacije, da bi lahko naredili tehnično dokumentacijo, po kateri bo mogoče to pripravo izdelati.

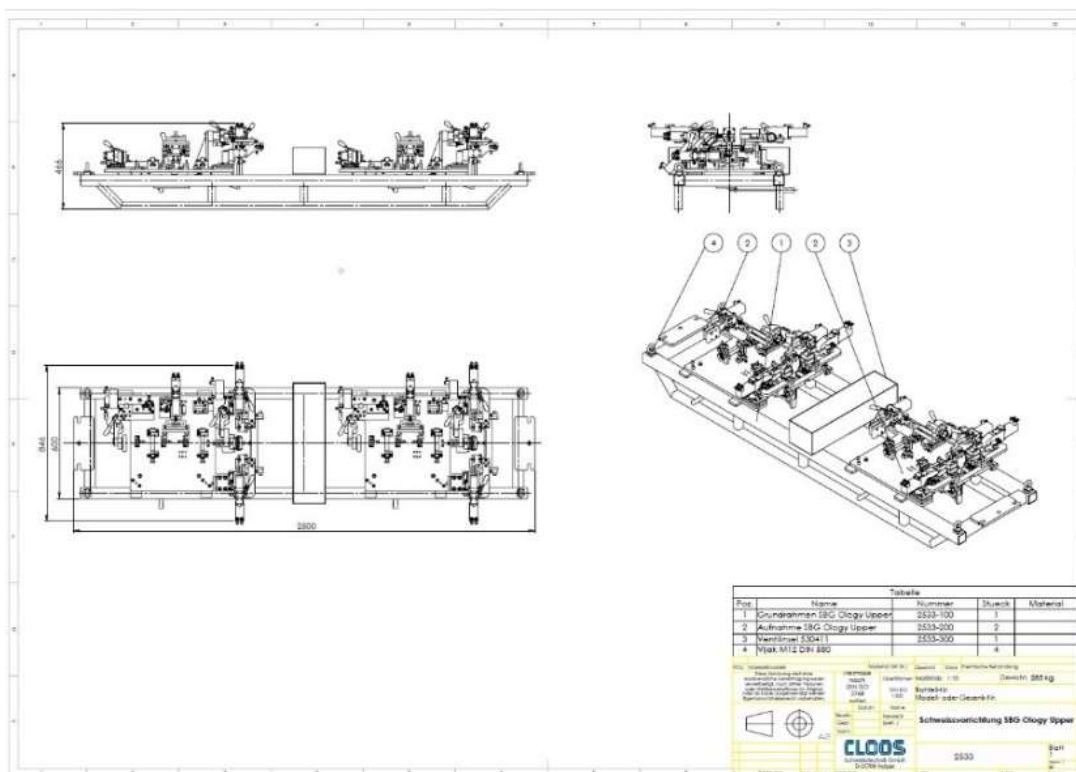
Tehnična dokumentacija je sestavljena iz tehničnih risb, ki predstavljajo geometrijske oblike in osnovne informacije za izdelavo ter vzdrževanje izdelka. Tehnična risba mora biti izdelana popolno in razumljivo za vsakega tehnično izobraženega strokovnjaka. Izdelava tehnične dokumentacije temelji na pravilih risanja, ki so določena s standardi SIST, ISO in DIN. (Prebil 1995)

Pripravo je treba razdelati v posamezne logične sklope, iz katerih bodo nastale sestavne risbe. Na sestavnih risbah bodo označeni mere, prerezi in detajli – vse, kar bo delavcu v proizvodnji omogočilo, da bo dobil čim jasnejšo sliko o sklopu, ki ga bo treba sestaviti. Temu bodo sledile delavniške risbe, na katerih bodo podatki o vrsti materiala, mehanske in toplotne obdelave, površinske zaščite, podane bodo tolerance mer in kakovost obdelave. (Pehan, Kramberger in Glodež 2021)

Pri izdelavi delavniške dokumentacije je treba upoštevati način izdelave in pa stroje, s katerimi bo posamezni izdelek izdelan.

#### 4.6.1 Glavna sestavna risba

Glavna sestavna risba predstavlja celoten sklop varilne priprave SBG Ology Upper. Stranka je zahtevala dokumentacijo v nemškem jeziku. Prav tako je bilo treba risbo opremiti z glavo naročnika.

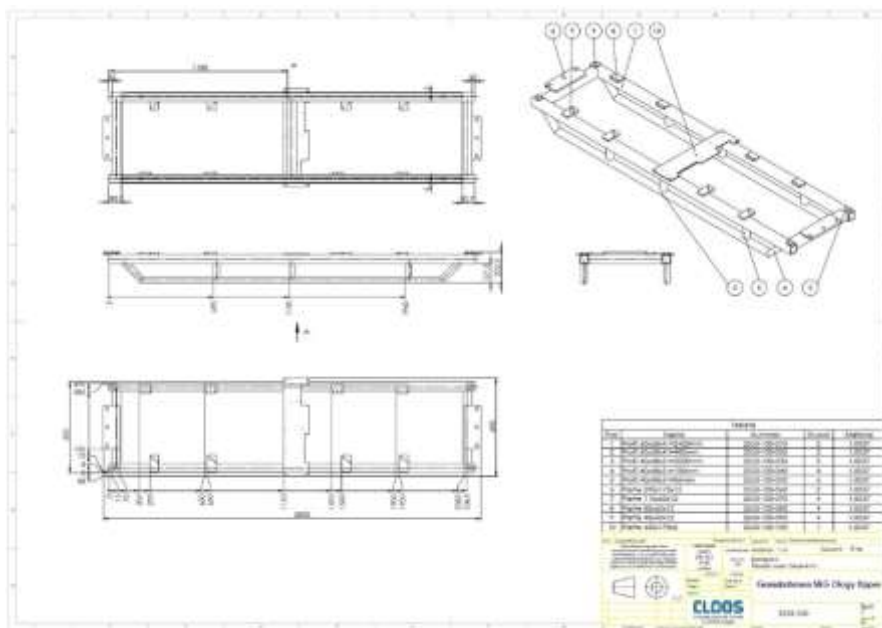


Slika 59: Glavna sestavna risba varilne priprave SBG Ology Upper  
(Lastni vir)

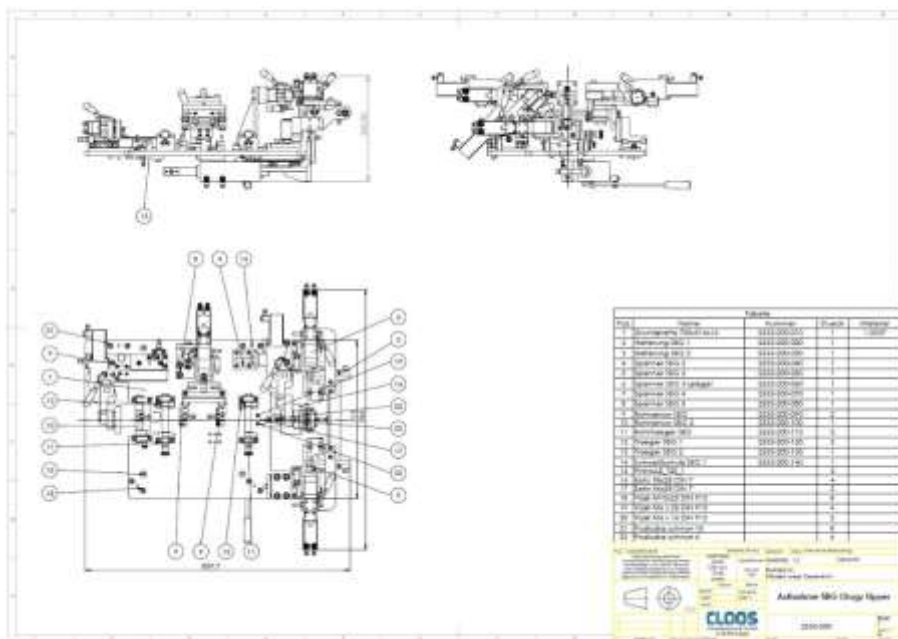
#### 4.6.2 Prvi nivo sestavnih risb

Razdelavo varilne priprave SBG Ology Upper smo na začetku logično razdelili na tri glavne podsklope:

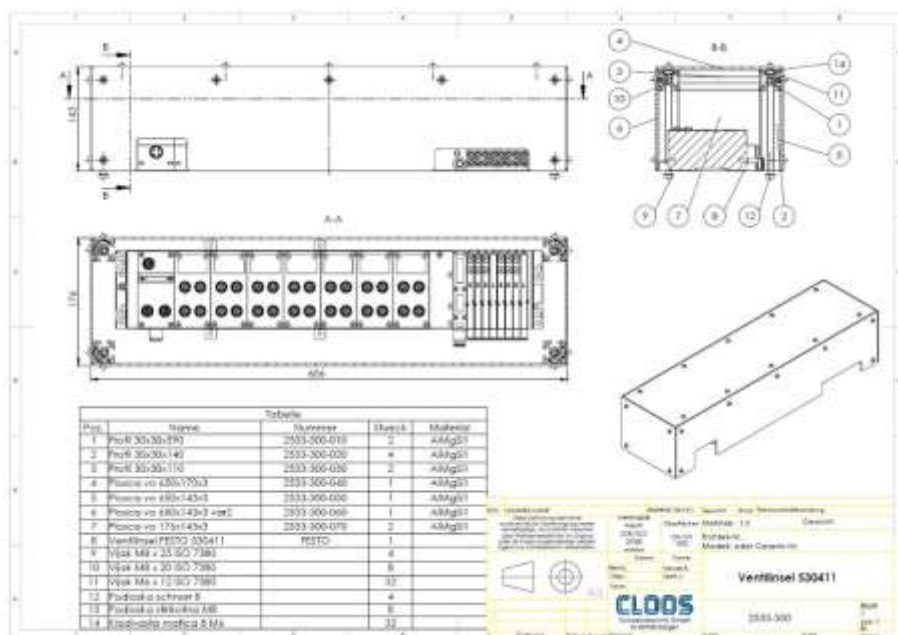
1. Osnovno ogrodje SBG Ology Upper
2. Vpenjalna priprava SBG Ology Upper
3. Ventilski otok



Slika 60: Sestavna risba osnovnega ogrodja SBG Ology Upper (Lastni vir)



Slika 61: Sestavna risba vpenjalne priprave SBG Ology Upper (Lastni vir)



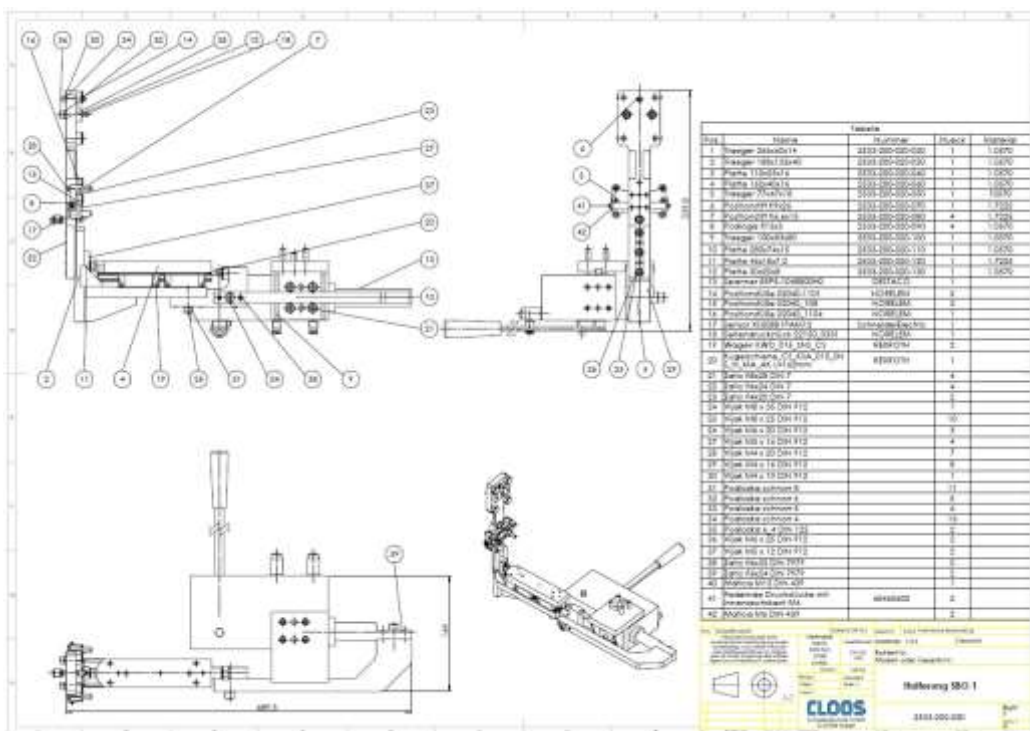
Slika 62: Sestavna risba ventilnega otoka  
(Lastni vir)

#### 4.6.3 Drugi nivo sestavnih risb

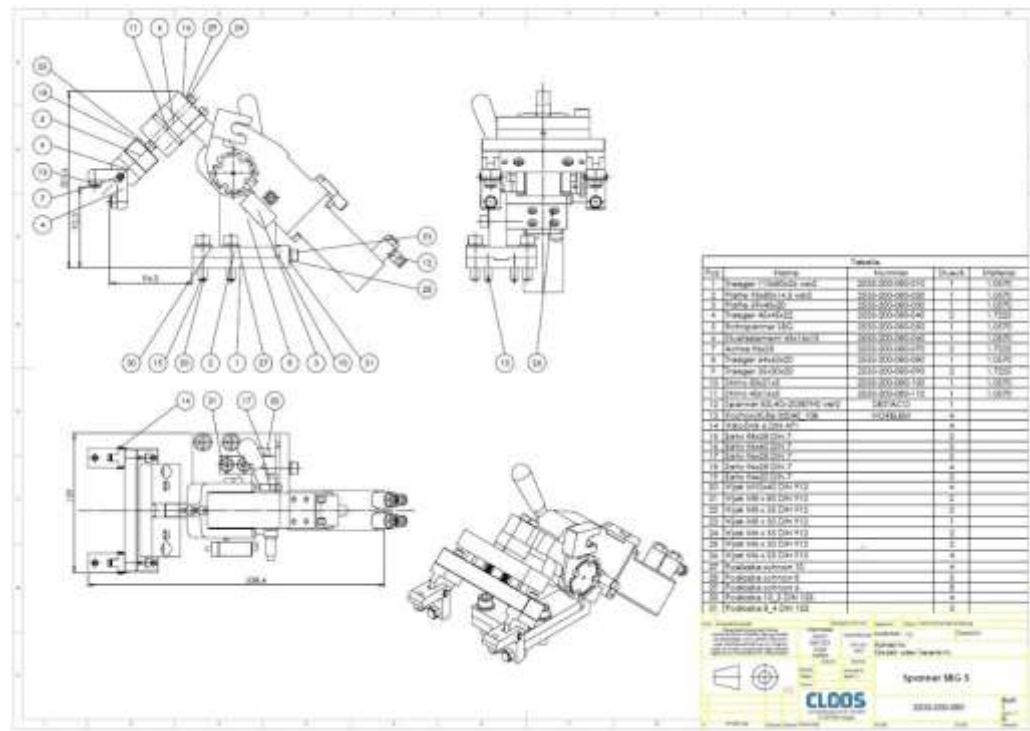
Sestavnima risbama osnovnega ogrodja in ventilnega otoka so sledile še delavniške risbe. Vpenjalno pripravo pa je bilo treba razdeliti na dodatne podskepe:

1. Osnovna plošča 700 x 514 x 16
2. Nosilec SBG 1
3. Nosilec SBG 2
4. Vpenjalo SBG 2
5. Vpenjalo SBG 3
6. Vpenjalo SBG 3 zrcalno
7. Vpenjalo SBG 4
8. Vpenjalo SBG 5
9. Detektor cevi SBG
10. Detektor cevi SBG 2
11. Nosilec cevi SBG
12. Držalo cevi SBG 1
13. Držalo cevi SBG 2
14. Varilna zaščita





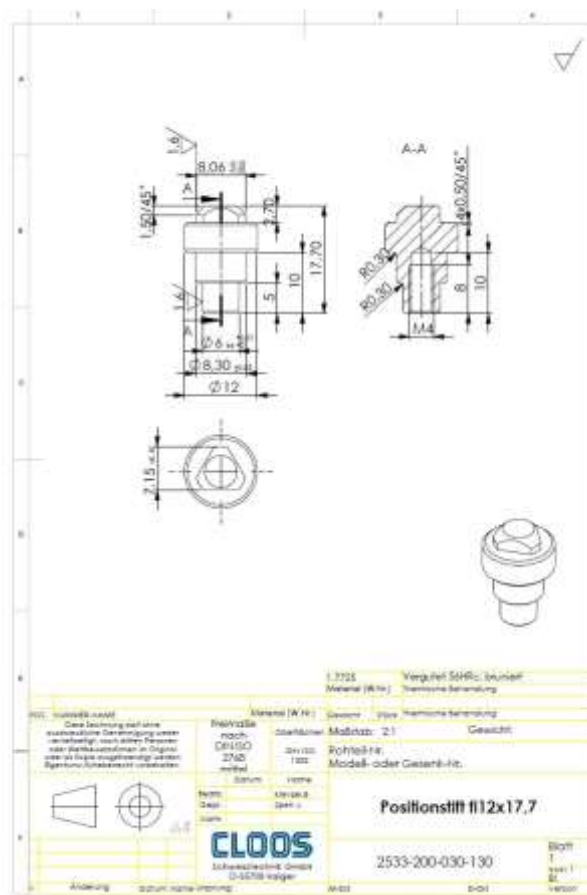
Slika 63: Sestavna risba podsklopa Nosilec SBG 1 (Lastni vir)



Slika 64: Sestavna risba podsklopa Vpenjalo SBG 5 (Lastni vir)







Slika 67: Delavniška risba Pozicionirni čep  $\varnothing 12 \times 17,7$   
(Lastni vir)

## 5 ZAKLJUČEK

V diplomskem delu sem predstavil razvoj varilne priprave, ki je del robotske varilne celice in je namenjena varjenju dveh točno določenih izdelkov.

Zasnoval sem napravo, ki omogoča enostavno, uporabniku enoznačno in nezahtevno vpetje osnovnih kosov ter izpenjanje zvarjenega kosa brez zatikanja ali kakršnihkoli drugih mehanskih ovir. Upošteval sem vse tehnične zahteve kupca, predstavljene v zahtevniku.

Rezultat razvoja varilne priprave SBG Ology Upper je tehnična dokumentacija, ki obsega 131 sestavnih in delavniških risb. Poleg teh risb je bilo treba izdelati še seznam rezervnih delov, določiti in označiti mazalna mesta za vzdrževanje naprave, izdelati dodatne sestavne risbe samo za podloge in pa izdelati pnevmatsko shemo. Celoten razvoj varilne priprave je trajal poldrugi mesec.

Diplomsko delo je bil praktičen inženirski izziv, s katerim se inženirji pogosto ukvarjajo. Sama narava izziva, vpetja in izpenjanja zvarjencev v varilno pripravo ni zahtevala poglobljenega teoretičnega znanja, ampak je bilo treba razmisliti, kako najbolj praktično in finančno primerno rešiti problem. Rezultat je uspešno izdelana in uporabniku predana varilna priprava, zato lahko sklenem, da je bil projekt uspešno zaključen.



*Slika 68: Varilna priprava SBG Ology Upper v proizvodnji med izdelavo  
(Lastni vir)*

## 6 LITERATURA IN VIRI

Bajd, T. (2011). *Osnove robotike*. Ljubljana: Založba FE in FRI.

DESTACO. *Pneumatic power clamps*. (2016). Pridobljeno 12. 1. 2023 z naslova <https://www.destaco.com/clamping/Pneumatic/pneumatic-power-clamps/pneumatic-power-clamps-82l-3e.html>.

IB-Caddy. *Solidworks-3d-cad*. (2020). Pridobljeno 5. 1. 2023 z naslova <https://solidworks.ib-caddy.com/solidworks-3d-cad>.

Oanes, S. (24.9.2021). *History of Solidworks*. Pridobljeno 15. 1.2 023 z naslova <https://www.goengineer.com/blog/history-of-solidworks>.

Kraut, B. (2001). *Krautov strojniški priročnik*. Ljubljana: Litera picta.

KUKA Robotics. *KUKA ready2\_arc*. (2022). Pridobljeno 14. 1. 2023 z naslova [https://www.kuka.com/en-de/products/robot-systems/ready2\\_use/kuka-ready2\\_arc](https://www.kuka.com/en-de/products/robot-systems/ready2_use/kuka-ready2_arc)

Pehan, S., Kramberger, J.in Glode, S. (2021). *Osnove konstruiranja*. Maribor: Univerzitetna založba.

Prebil, I. (1995). *Tehnična dokumentacija*. Ljubljana: Tehniška založba, 1995.

Scarab. *Grabcad*. (18.5.2020). Pridobljeno 14. 1. 2023 z naslova <https://grabcad.com/library/robot-spot-weld-1>

Šolski center Novo mesto. *MAG varjenje*. (2007). Pridobljeno 22. 12. 2022 z naslova [http://egradivo.ecnm.si/SIV/mag\\_varjenje.html](http://egradivo.ecnm.si/SIV/mag_varjenje.html)