

# AUTOMATIZACIJA PROCESA PROIZVODNJE AKRILNIH KADA

---

**Malatestinić, Noel**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:926927>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-23**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
STROJARSKI ODJEL  
STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ MEHATRONIKA

NOEL MALATESTINIĆ

AUTOMATIZACIJA PROCESA  
PROIZVODNJE AKRILNIH KADA

ZAVRŠNI RAD

Mentor: dr. sc. Vladimir Tudić, prof. struč. stud.

KARLOVAC, 2024.



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
Karlovac University of Applied Sciences

Klasa:  
602-11/\_\_\_-01/\_\_\_

Ur.broj:  
2133-61-04-\_\_\_-01

Datum:

## ZADATAK ZAVRŠNOG / DIPLOMSKOG RADA

Ime i prezime	NOEL MALATESTINIĆ		
OIB / JMBG	NE ispunjavati		
Adresa	NE ispunjavati		
Tel. / Mob./e-mail	NE ispunjavati		
Matični broj studenta	0248080382		
JMBAG	0112621005		
Studij (staviti znak X ispred odgovarajućeg studija)	<input checked="" type="checkbox"/> preddiplomski	<input type="checkbox"/> specijalistički diplomski	
Naziv studija	STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ MEHATRONIKA		
Godina upisa	2021./2022.		
Datum podnošenja molbe	13.9.2024.		
Vlastoručni potpis studenta/studentice	<i>Malatestinić</i>		

Naslov teme na hrvatskom:

AUTOMATIZACIJA PROCESA PROIZVODNJE AKRILNIH KADA

Naslov teme na engleskom:

AUTOMATIZATION OF THE ACRYLIC BATHUB PRODUCTION PROCESS

Opis zadatka:

ISTRAŽITI, UNAPRIJEDITI I AUTOMATIZIRATI PROCES PROIZVODNJE AKRILNIH KADA. OPISATI AUTOMATIZIRANI PROCES I USPOREDITI GA S DOSADAŠNJIM NAČINOM PROIZVODNJE.

Mentor:

dr. sc. Vladimir Tudić, prof. struč. stud.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

## SAŽETAK

U ovom završnom radu biti će istražen i unaprijeđen proces proizvodnje akrilnih kada. Biti će opisan dosadašnji način proizvodnje, uočena mjesta gdje je moguće izvesti ubrzanje proizvodnog procesa i njegovu automatizaciju. Razmotriti će se način na koji bi se proces mogao ubrzati i automatizirati, označiti na nacrtu sve strojeve i uređaje koji se koriste tijekom procesa. Dio završnog rada biti i izrada program u simulatoru za PLC koji bi služio kao glavni upravljački i nadzorni program procesa. Na kraju će se izvesti zaključak o usporedbi ručne i automatizirane proizvodnje i iznesti svoje osobno mišljenje.

## SUMMARY

In this final paper, the process of acrylic bathtub production will be researched and improved. The current production method will be described, identifying areas where the production process can be accelerated and automated. The ways in which the process could be sped up and automated will be considered, and all machines and devices used during the process will be marked on the diagram. Part of the final paper will also include the development of a program in a PLC simulator that would serve as the main control and monitoring program for the process. Finally, a conclusion will be provided, comparing manual and automated production, along with presenting personal opinions.

## KLJUČNE RIJEČI

Proces, automatizacija, robot, program

## KEYWORDS

Process, automatization, robot, program

## SADRŽAJ:

<b>1. Uvod</b> .....	<b>4</b>
<b>2. Teoretski dio</b> .....	<b>5</b>
2.1. Ulazni materijal .....	5
2.2. Zagrijavanje u peći .....	6
2.3. Formiranje prema kalupu.....	7
2.4. Ojačavanje ljuske.....	8
2.5. Skrućivanje .....	9
2.6. Obrezivanje i završna obrada .....	10
2.7. Kontrola i pakiranje .....	11
2.8. Automatizacija .....	12
2.9. Senzor blizine (Proximity sensor).....	13
2.10. Uzimanje materijala sa palete .....	14
2.11. Senzori temperature .....	17
2.12. Transport zagrijane akrilne ploče .....	18
2.13. Automatsko termoformiranje .....	20
2.14. Automatizacija procesa ojačavanja .....	22
2.15. Tunel za sušenje i obrezivanje kade .....	24
2.16. Automatsko bušenje provrta i kontrola kvalitete .....	25
2.17. Pakiranje proizvoda .....	26
<b>3. Praktični dio</b> .....	<b>27</b>
3.1. Opis opreme i uređaja korištenih za automatizaciju procesa .....	27
3.2. Popis uređaja i alata u proizvodnom procesu .....	29
3.3. Izrada programa u LOGO Soft Comfort .....	30
3.4. Opis programa .....	32
<b>4. Zaključak</b> .....	<b>34</b>
<b>5. Literatura</b> .....	<b>35</b>

## 1. Uvod

Skoro svaka osoba u svijetu danas posjeduje akrilnu kadu u svome domu, ali vjerojatno se nitko nije zapitao kako ta kada nastane. Ovaj završni rad govorit će upravo o tome, biti će opisan proces proizvodnje akrilnih kada, pobliže opisani svi potrebni procesi za dobivanje gotovog proizvoda i osmišljen model za unaprjeđenje jednog već postojećeg pogona za proizvodnju akrilnih kada, te usporedba novog automatiziranog proizvodnog procesa s postojećim.

Proces započinje s odabirom ulaznog materijala, navesti će se njegove karakteristike i dimenzije. Zatim će biti opisane sve faze proizvodnje, grijanje akrilne ploče u peći, ručno prenošenje ploče do kalupa, proces termoformiranja, ponovni ručni transport do mjesta gdje se kade ojačavaju. Nakon ojačavanja kade se transportnim valjcima odmiču prema tunelu za sušenje, ručno se ubacuju u tunel u kojem odstoje 2 sata kako bi se dovoljno stvrdnulo ojačanje na kadi i omogućilo završnu obradu kade. Nakon završne obrade potrebno je provesti detaljnu kontrolu proizvoda i uvjeriti se da kada odgovara najvišim standardima kvalitete. Kade se na kraju proizvodnog procesa zaštićuju, pakiraju i slažu na paletu radi jednostavnosti daljnjeg transporta.

Proizvodni proces u sebi ima nekoliko faza u kojima se koristi čovjekov fizički rad, kao na primjer nošenje polu rastaljene akrilne ploče od peći do kalupa za termoformiranje. Ideja je zamijeniti čovjekov rad u tim proizvodnim fazama, čime bi se poboljšala kvaliteta konačnog proizvoda, povećala efikasnost proizvodnje i smanjio ljudski fizički napor u procesu proizvodnje. Također biti će sastavljen i program za PLC pomoću kojeg će se odvijati i nadzirati kompletan proizvodni proces.

## 2. Teoretski dio

### Opis proizvodnog procesa i automatizacija procesa

#### 2.1. Ulazni materijal

Kade čiji proizvodni proces pratimo kroz ovaj završni rad proizvode se od 100% lijevanog sanitarnog akrila, drugog naziva polimetilmetakrilat. Zbog termofleksibilnosti sanitarnog akrila moguće ga je oblikovati u različite oblike bilo da je njihova namjena ergonomska ili estetska. Proizvodi se miješanjem akrilnih granula s granulama ABS-a (Akrilonitril butadien stiren), a akrilne ploče mogu biti dvoslojne ili troslojne. Kao materijal ima solidnu otpornost na oštećenja, a na dodir je gladak. Ima gustoću oko  $1,1 \text{ g/cm}^3$ , talište mu je na  $460 \text{ }^\circ\text{C}$ , a već na temperaturama iznad  $120 \text{ }^\circ\text{C}$  postaje mekan i savitljiv.

PMMA je poznat i pod nazivom pleksiglas, ali je razlika što sanitarni akril nije proziran poput pleksiglasa koji je nama poznat nego je bijele boje. Ulazni materijal je ploča sanitarnog akrila, u ovom slučaju dimenzija  $950 \times 950 \text{ mm}$  debljine  $3,2 \text{ mm}$ . Materijal dolazi na paletama, na svakoj paleti upakirana je 171 ploča. Nakon procesa termoformiranja, ojačavanja i odreza viška materijala dobiva se gotovi proizvod, kvadratna tuš kada dimenzija  $900 \times 900 \text{ mm}$  visine  $30 \text{ mm}$ .



*Slika 1. Ploča sanitarnog akrila. Izvor: Aquaestil.hr*

## 2.2. Zagrijavanje u peći

Proizvodni proces kade započinje kada radnik rukama uzme sa palete akrilnu ploču i prinese ju u peć, udaljenost između palete i peći je 8 metara. Akrilna ploča se postavlja u peć i radnik vrata peći zatvara ručno. Temperatura peći podešena je na 180 °C a ploča se u peći zadržava 4 minute i 30 sekundi kako bi se postigla temperatura ploče viša od 120 °C. Akrilna ploča nakon zagrijavanja postaje mekana i savitljiva, ali još uvijek kompaktna i dovoljno žilava za transport do kalupa.

Radnik koji vrši transport ugrijane akrilne ploče mora nositi zaštitne vatrootporne rukavice jer je njegov zadatak da ručno izvadi ugrijanu ploču iz peći, te ju prinese na kalup. Prilikom nošenja ploče radnik mora biti izuzetno oprezan da ne prisloni ploču na okolinu ili na komad svoje odjeće. Svako prisanjanje ugrijane ploče na okolinu rezultiralo bi vidljivim otiskom na površini ploče, te bi ona postala otpad. Zato je prilikom transporta iznimno važno da radnik prilikom primanja ploče prstima to izvrši na površini ploče koja će se kasnije odstraniti, odnosno na mjestima koja su maksimalno udaljena 25 mm od ruba ploče.



Slika 2. Vatrootporne rukavice. Izvor: Vatro promet.hr



Slika 3. Prikaz peći. Izvorno autor



### 2.3. Formiranje prema kalupu

Prethodno zagrijana akrilna ploča se pažljivo postavlja u kalup i pozicionira tako da cijela površina kalupa bude pokrivena. Na kalup se spušta okvir izrađen od čeličnih kvadratnih cijevi, a unutarnje mjere su mu 900 x 900 mm. Okvir osigurava točnost konačne korisne dimenzije kade i služi kao uteg koji pritišće akrilnu ploču na rub kalupa jer spoj mora biti pravilno zabrtvljen kako bismo mogli oblikovati kadu vakumiranjem.

Proces oblikovanja započinje upuhivanjem zraka kroz male, ne zamjetne provrte u kalupu. Akrilna ploča se napuhuje i lagano izdiže od ruba okvira. Proces upuhivanja traje 10 sekundi, a zatim počinje proces vakumiranja, gdje se kroz već spomenute provrte u kalupu zrak izvlači iz prostora između kalupa i akrilne ploče. Akrilna ploča se lagano počinje spuštati u kalup, te nalijeganjem na njegovu površinu poprima njegov oblik. Najniža točka kalupa je polusfera namijenjena za ugradnju sifona, ona je zadnji oblik na kalupu koji akrilna ploča mora poprimiti i u njezinu središtu nalazi se najveći provrt za upuhivanje i izvlačenje zraka. Obrisi tog provrta nakon vakuumiranja ostaje lagano vidljivi te se prema njemu kasnije izrađuje provrt za ugradnju odvodnog sifona.

Nakon procesa vakuumiranja okvir se podiže i akrilna ploča se može rukama izvaditi iz kalupa i transportirati na daljnju obradu. Proizvod koji smo izvadili iz kalupa sada se naziva ljuska.



*Slika 4. Prikaz kalupa. Izvorno autor*



*Slika 5. Prikaz ljuske. Izvorno autor*

## 2.4. Ojačavanje ljuske

S obzirom da sanitarni akril kao samostalan materijal nema dovoljnu čvrstoću da bi izdržao prosječnu čovjekovu težinu na sredini kade gdje se pojavljuje najveće opterećenje, potrebno je ojačati ljusku. Ljuska se ojačava s donje strane dodavanjem poliesterske smole i ploča načinjenih od iverice. Pri procesu ojačavanja ljuska se postavlja na valjkaste transportere. Na prvoj postavi ljuska se okreće naopako i između ljuske i valjaka ulaže se negativ. Negativ je kalup suprotnog oblika od kalupa kojeg smo koristili pri vakuumiranju kade, a njegova zadaća je da održi postojanost oblika ljuske s obzirom da se pri procesu ojačavanja nanošenjem poliesterske smole i ugradnjom iverice znatno podiže opterećenje na površinu ljuske.

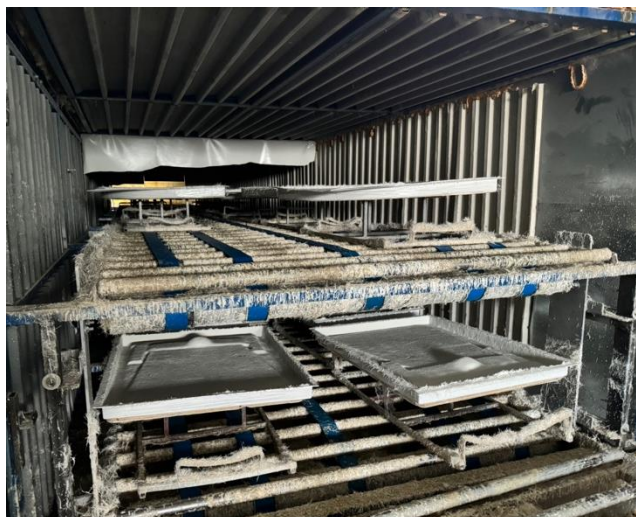
Proces ojačavanja počinje špricanjem poliesterske smole i punila (kalcijev karbonat) na površinu ljuske. Uz poliestersku smolu i punilo dodaje se katalizator i staklena vlakna s malo alkalija. Doziranje svih elemenata za ojačanje vrši se s jednim ručnim pištoljem koji na sebi ima 3 regulacijska ventila za doziranje određenog elementa i podešavanje željene smjese za ojačanje.

Nakon prvog špricanja ojačanja, na ljusku se stavlja ojačanje od iverice, dimenzija prilagođenih obliku ljuske, a zatim se ponovno šprica poliesterska smola i punilo s dodavanjem katalizatora i staklene vune kako bi se iverica fiksirala za ljusku i postala jedna homogena cjelina.

Prilikom nanošenja ojačavajuće smjese dolazi do laganih nepravilnosti, u smislu različite količine ojačanja na jedinici površine ljuske. Zato je nakon špricanja ojačanja potrebno cjelokupnu ojačanu površinu ljuske proći valjkom kako bi se višak ojačanja prenio s mjesta gdje je njegova količina prevelika na mjesta gdje ojačanja fali. Najjednostavnije raspoznavanje neravnomjerno nanesenog ojačanja je po brjegovima i dolovima koji su vidljivi na površini kade. Nakon što je cjelokupna ojačana površina pravilno poravnata ljuska može biti transportirana u tunel za skrućivanje ojačanja.

## 2.5. Skrućivanje

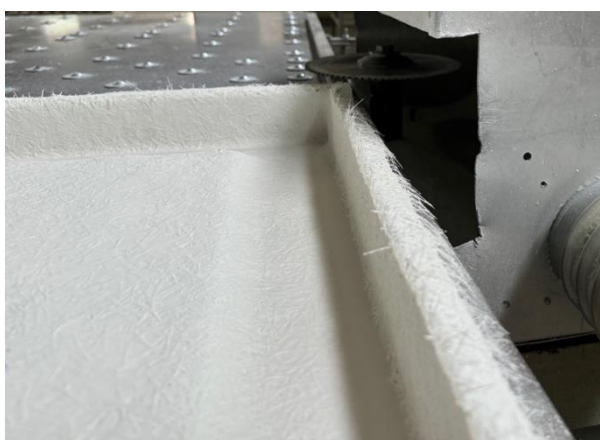
Nakon što je ručnom kontrolom kvalitete nanošenja ojačanja utvrđeno da nema nepravilnosti u debljini nanesenog sloja, kada se šalje u tunel za skrućivanje. Transport od transportnih valjaka na kojima se odvijao proces do tunela za skrućivanje odvija se na način da radnik rukama prenosi kadu i otvara vrata tunela direktno upravljanim pneumatskim razvodnikom. Kada se odlaže u tunel koji je osmišljen kao zatvorena komora duljine 10 metara s vratima na ulazu i zavjesom na izlazu kako bi se omogućilo nesmetano izlaženje skrućenih kada. U tunelu se nalaze dvije trake od transportnih valjaka pozicionirane jedna iznad druge, tako da je kapacitet tunela dvostruko veći. U našem slučaju radi se o kadama dimenzija 900 x 900 mm pa tako u tunel istovremeno može stati 20 kada odnosno 10 po jednoj transportnoj traci. S obzirom na malu težinu kadi njihov put kroz tunela odvija se na način da ubacivanjem nove kade na ulazu guramo kadu ispred nje i tako nastavljamo lanac sve do one kade koja je na izlazu. Temperatura u tunelu mora biti između 35 i 39 °C a kada se unutra mora zadržati minimalno 2 sata.



*Slike 6. i 7. Prikaz tunela za skrućivanje. Izvorno autor*

## 2.6. Obrezivanje i završna obrada

Nakon što je kada izašla iz tunela za skrućivanje radnik ju prenosi na radni stol gdje se nalazi stolna kružna pila postavljena horizontalno. List pile ima mogućnost podešavanja visine u odnosu na radni stol, a u našem slučaju je postavljen 25 mm iznad radnog stola jer nam je tolika željena visina kade. Kada se ručno gura kroz list pile na način da se prvo odreže jedna strana kade pa se kada rotira za 90 stupnjeva i proces se ponavlja još 3 puta kako bi se obrezala sa svih strana jednako.



*Slika 8. Prikaz kružne pile. Izvorno autor*



*Slika 9. Prikaz otpada nakon obrezivanja. Izvorno autor*

Zadnji dio u proizvodnom procesu je bušenje provrta za sifon. Provrta se buše ručno pomoću akumulatorske bušilice s krunskom pilom potrebnog promjera. Pozicioniranje provrta za sifon olakšano je s obzirom da je kod postupka vakumiranja ostao vidljiv obris provrta za protok zraka koji je ujedno i središte sifona. Radnik pri bušenju mora voditi računa da je krunska pila okomita u odnosu na površinu kade. Nakon što je provrt izbušen njegovi rubovi se također obrađuju brusnim papirom kako bi dobili glatku podlogu za nalijeganje sifonske garniture i postigli brtvljenje između sifona i akrilne kade.

## 2.7. Kontrola i pakiranje

Nakon što je cijeli proizvodni proces odrađen slijedi kontrola kvalitete proizvoda. Pregledavaju se svi rubovi koji su rezani ili bušeni, detaljno se pregledava kompletna površina akrila kako bi se uočile moguće ogrebotine ili anomalije u materijalu. Ako su na kadi uočeni nedostatci ona se izdvaja iz linije i šalje na doradu ili na otpad, ovisno o veličini i dubini nedostatka u materijalu. Ako se radi o površinskoj ogrebotini ili anomaliji površina se brusi vodobrusnim papirom sve dok se ne poravna s ostatkom površine te se na kraju polira finom polir pastom kako se ne bi vidjeli risevi brušenja.

Nakon što kada prođe završnu kontrolu slijedi pakiranje i skladištenje na paletu. Najbitnija stvar prilikom pakiranja je zaštititi gornju stranu akrilne kade, pa se tako kada obrnuto okrenuta kada spušta na pripremljeni kartonski predložak čije dimenzije točno prekrivaju gornju stranu kade i dopuštaju presavijanje rubova kako bi se i bočnice kade zaštitile. Radnik ručno presavija kartonski predložak po obliku kade te na svaki kut kade stavlja dodatne kartonske zaštite, jer je akrilna kada veoma elastična ali slabo otporna na udarce. Nakon toga radnik ručno odnosi tako upakiranu kadu i stavlja ju na paletu, na koju stane 20 upakiranih akrilnih kada.



*Slika 10. Prikaz upakiranih proizvoda. Izvorno autor*

## 2.8. Automatizacija

Automatizacija u industriji podrazumijeva primjenu tehnologije za upravljanje industrijskim procesima i mašinama kako bi se postigla veća efikasnost, preciznost i sigurnost. Nakon što sam opisao dosadašnji proces proizvodnje akrilnih kada, jasno je kako je i u tom području industrije potrebna automatizacija.

Automatizacijom bi se povećala produktivnost iz razloga jer nema prekida u radu, čovjek se ne umara a iz prethodnog opisa jasno je vidljivo kako je to fizički naporan posao za čovjeka. Poboľjšala bi se kvaliteta i smanjio udio otpada jer strojnim transportom materijala izbacuje se mogućnost prislanjanja zagrijane akrilne ploče na predmete iz okoline. Iako bi početna ulaganja bila velika, dugoročno gledano smanjili bi se troškovi proizvodnje jer bi se veći dio ljudstva izbacio iz proizvodnog procesa, ali ne kompletan ljudski faktor radi mogućnosti nadziranja proizvodnje i kontrole kvalitete.

Također uz automatizaciju se veže i postavljanje raznih osjetnika pomoću kojih bismo regulirali i vodili proces, pa bi tako imali mogućnost točnijeg poznavanja temperature u peći i temperature same akrilne ploče i omogućili njezino pravilno oblikovanje.

U automatizaciju ovog proizvodnog procesa nužno je uvesti i nekoliko robota, ali zbog cijene odlučeno je koristiti robote druge generacije. Njihovi zadaci bili bi uvijek isti, njihov krug djelovanja bio bi van dometa stvari iz okoline i jedine informacije koje bi senzori morali slati robotu su postojanost materijala koji prenosi, odnosno signal kojim robot dobiva znak da izvrši svoju zadaću.

## 2.9. Senzor blizine (Proximity sensor)

Na početku automatiziranog procesa potreban je ulazni materijal iz kojeg nastaje gotovi proizvod. Ulazni materijal dolazi u obliku ploča složenih na paleti, te je prije početka procesa potrebna informacija nalazi li se paleta s ulaznim materijalom na zadanoj lokaciji. Tu informaciju sustavu može poslati senzor blizine ili proximity senzor, koji detektira prisutnost ili kretanje objekata u njegovoj blizini, bez potrebe za fizičkim kontaktom.

Senzori blizine rade tako što emitiraju neki oblik energije, bilo da je to elektromagnetsko polje, svjetlost, zvuk ili magnetsko polje i mjere promjene u povratnom signalu kada se objekt nađe u blizini. Ove promjene interpretiraju se kao prisutnost ili odsutnost objekta. Postoji više vrsta senzora blizine kao što su induktivni koji se najčešće koriste za detekciju metalnih predmeta, kapacitivni koji detektiraju metale, plastiku, staklo ili tekućine i optički senzori koji koriste zvučne valove visokih frekvencija i detektiraju metale i nemetale. Također postoje ultrazvučni i magnetni senzor blizine koji se koriste u specifične svrhe kao što su detekcija magneta i detekcija predmeta na velikoj udaljenosti.

U ovom automatiziranom procesu senzor blizine očitavao bi prisutnost akrilne ploče na paleti što znači kako bi korišteni senzor bio kapacitivni, a s obzirom da su akrilne ploče na paleti složene jedne na drugu senzor blizine bio bi pozicioniran tako da očitava prisutnost najniže ploče na paleti. Odsutnost najniže ploče značilo bi da na označenom mjestu više nema ulaznog materijala i potrebno je transportirati novu paletu materijala na označenu poziciju, a daljni nastavak procesa bio bi onemogućen.

## 2.10. Uzimanje materijala sa palete

Već na samom početku proizvodnog procesa dolazi do potrebe za automatizacijom i zamjenom ljudske snage, a to je pri uzimanju materijala s palete. Ubrzanje tog proizvodnog dijela izvelo bi se na način da se formira točno određeno mjesto na kojem bi stajala paleta s materijalom, u neposrednoj blizini peći, ali opet pozicionirana tako da je moguće obavljanje svih ostalih potrebnih radnji. Na podu bi žutim linijama bila označena točna pozicija palete jer bi sa tog mjesta automatski vakumski podizač samostalno uzimao akrilne ploče i prinosiso ih do peći.



*Slika 11. Cobot Lift -stacionarna verzija. Izvor: CobotLift.com*

Na slici 11. je prikazana jedna verzija robota marke Cobot Lift – stacionarna verzija. Takav robot idealan je za lako kolaborativno paletiziranje ili podizanje i postavljanje, jednostavan je za uporabu i dolazi u paketu sa svim potrebnim alatom poput URCap softwera, čelične dizalice, vakuumske cijevi i pumpe. Ovaj robot ima više mogućih radni alata kao što su vakumski, mehanički, električni i magnetski aktuatori. U ovom slučaju koristiti ćemo vakuumsku dizalicu jer je površina akrilne ploče ravna i glatka te tako savršeno odgovara uvjetima za stvaranje vakuuma između ploče i radnog alata.



Karakteristike robota:

Nosivost: do 45 kg

Domet: do 1400 mm od sredšta ruke

Napajanje: 400V/16 Ampera

Visina slaganja: do 1600 mm + moguća ugradnja dodatnog modula dizalice 0,5m

Dimenzije robota: 40 x 40 cm I visna 3,5 m

Radni alat: Rotirajuća glava sa vakuumskom hvataljkom

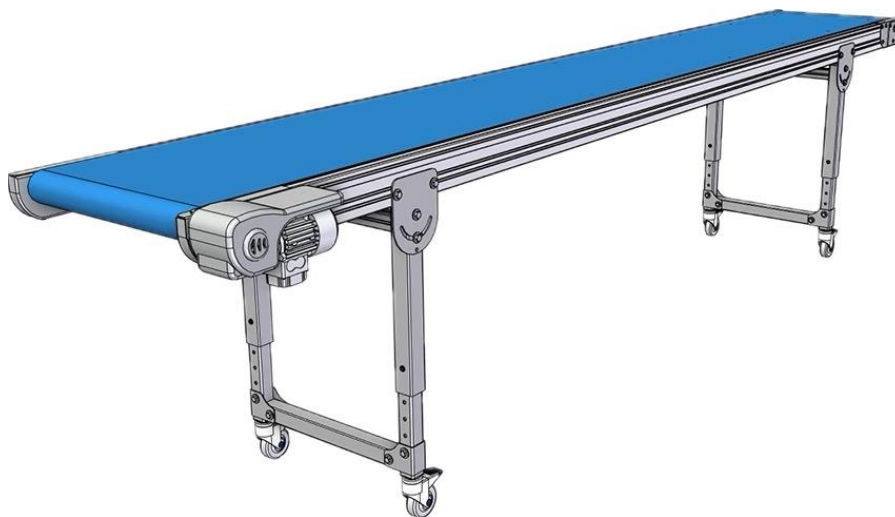
Zadatak ovog robota bio bi opisan u njegovom programu, a on kreće sa izvršavanjem zadatka iz svog stacionarnog područja nakon što je dobio znak od kapacitivnog senzora blizine da je paleta s materijalom na označenom mjestu. Robot kreće prema pločama na paleti, pozicionira središte rotirajuće glave na sredinu akrilne ploče i spušta se prema njoj. Robot na glavi ima kapacitivni senzor blizine te na taj način zna kada je alat došao do tijela koje mora prenesti i aktivira se vakuumska pumpa, ploča se priljubljuje uz vakuumske hvataljke, robot izdiže ploču s palete i prenosi ju prema peći.

S obzirom da već postojeća peć nema mogućnost okomitog ulaska materijala, već je ulazak materijala u peć isključivo horizontalni, ispred peći dodaje se stol s elektro upravljanom i pogonjenom transportnom trakom kako bi robot mogao uvijek pozicionirati akrilnu ploču na traku, a ona ploču transportirati u peć i izvaditi ju nakon zagrijavanja. Transportna traka je dimenzija 2000 x 850 mm, a razlog širine manje od širine ploče je taj da nakon zagrijavanja ploče u peći idući robot može primiti ugrijanu ploču za vanjske rubove koji će se kasnije odstranjivati. Polovica transportne trake nalazi se u peći pa je traka izrađena isključivo od metalnih dijelova i otvorene mrežaste transportne trake od PTFE staklo plastike. PTFE mreža od stakloplastike može izdržati temperature do 250 °C.

Kako bi se povećala energetska učinkovitost peći potrebno je ugraditi zavjese na ulazu u peć koje bi sprečavala nepotrebno širenje topline prema okolini. Ugrađene zavjese bile bi duljine dovoljne da prekriju 50 % otvora peći, dok bi drugi dio morao ostati

otvoren kako bi kroz njega stala transportna traka i akrilna ploča na njoj bi imala mogućnost nesmetanog prolaska

Na transportnoj traci nalazio bi se kapacitivni senzor blizine koji bi 3 sekunde nakon što je očitao postojanost ploče na transportnoj traci uključio elektromotor koji pokreće traku koja pomiče akrilnu ploču linearno u peć. Traka vrši linearne pomake u oba smjera za  $l = 1000$  mm. Nakon što je ploča ušla u peć sustav provjerava temperaturu u peći pomoću osjetnika temperature. Kada temperatura dosegne  $180$  °C aktivira se brojač koji odbrojava 270 sekundi (4.5 minuta), kada brojač dođe do kraja aktivira se elektromotor koji pokreće traku u suprotnom smjeru i izvlači ploču iz peći van. Sada je ploča u omekšanom stanju izvan peći na transportnoj traci i sa svake strane 25mm van trake što omogućava prihvat ploče za te rubne dijelove direktnim hvatom.



*Slika 12. Transportna traka. Izvor : Nomis.hr*



*Slika 13. Transportna mreža od PTFE stakloplastike. Izvor: Dastafon.si*

## 2.11. Senzori temperature

Prije ulaska ploče u peć sustav mora znati informaciju o temperaturi peći, koja mora iznositi barem 180 °C kako bi se akrilna ploča u zadanom vremenu rastalila do željene mjere. Tu informaciju šalje senzor temperature koji je postavljen u peći i očitava trenutnu temperaturu u peći, a s obzirom da raspon temperature varira od 20 °C do 200 °C najpogodniji uređaj za tu funkciju bila bi sonda TR 090.

Sonda za temperaturu TR 090 je industrijski temperaturni senzor koji se koristi za mjerenje temperature u različitim prijenama, kao što su grijanje, ventilacija, klimatizacija, kao i u industrijskim procesima. Ova sonda obično koristi Pt100 ili Pt1000 otpornik kao element za mjerenje temperature, što znači da pripada kategoriji RTD senzora. TR 090 sonda može imati širok raspon mjerenja temperature, često od -50°C do +400°C i obično dolazi s navojem ili prirubnicom za jednostavnu montažu u cjevovode, spremnike ili druge industrijske komponente.

Pored RTD senzora koji spadaju u kontaktnu skupinu postoje i IR odnosno infra crveni senzori temperature koji mjere temperaturu bez fizičkog kontakta, detektirajući infracrveno zračenje koje emitira objekt. Takva vrsta senzora koristila bi se pri mjerenju temperature ugrijane ploče koja je izašla iz peći koja mora iznositi najmanje 115 °C kako bi ploča mogla pristupiti procesu termoformiranja.



*Slika 13. Sonda TR 090*

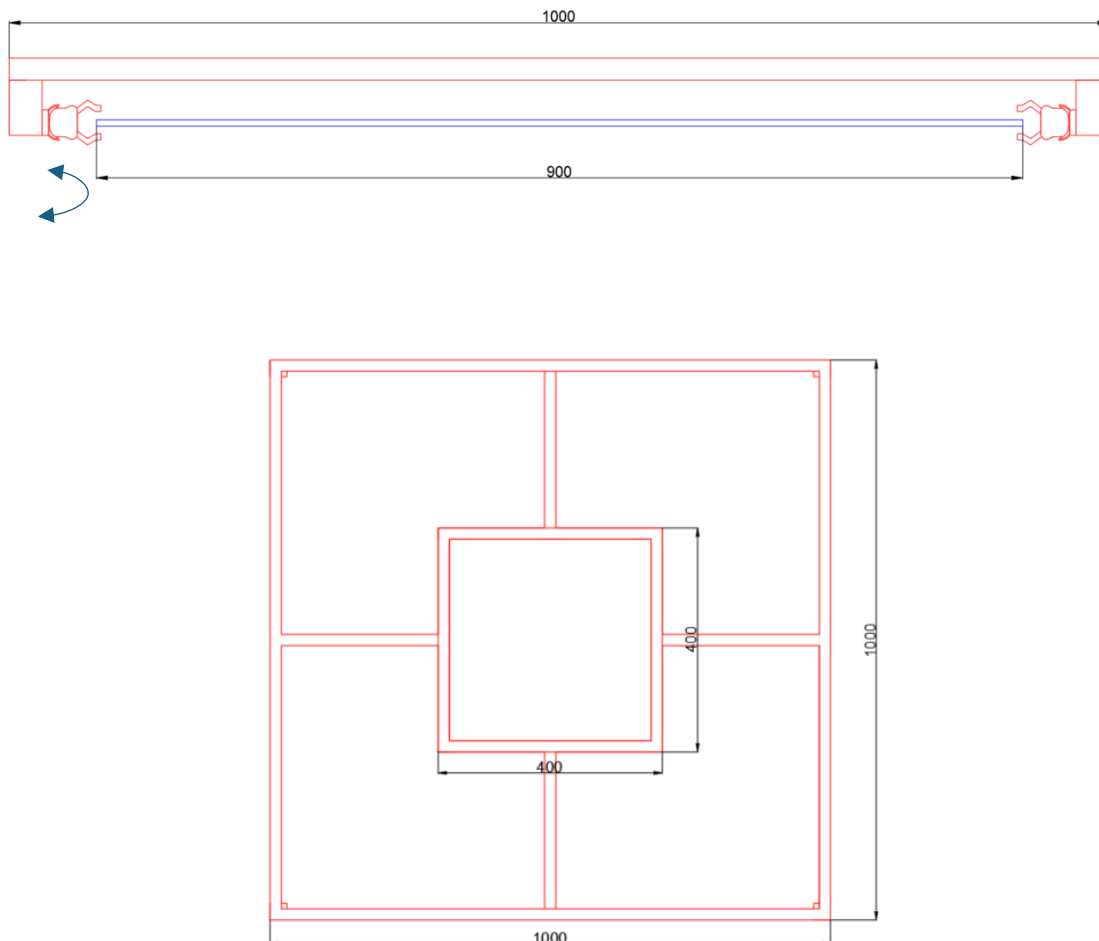
## 2.12. Transport zagrijane akrilne ploče

Nakon što transportna traka izvadi akrilnu ploču iz peći, ona je mekana i savitljiva, najslabija velikoj krpi, te ju dalje nije moguće transportirati procesom vakuuma nego moramo uvesti alat koji direktnim hvatom za rubove zagrijane akrilne ploče osigurava mogućnost njezinog podizanja od površine. Ponovno se koristi robot marke Cobot Lift stacionarna verzija ali s drugačijim radnim alatom. Radni alat je osmišljen kao kvadratni profil dimenzija 1000 x 1000 milimetara s 4 pneumatski pogonjena *gripera* pozicionirana na kutovima kvadrata koji rotiraju po jednoj osi radi lakšeg hvata akrilne ploče, pomoću kojih bi se omogućilo podizanje polu rastaljene akrilne ploče i njezin transport do kalupa.

Kada ugrijana ploča izađe iz peći i IR senzor temperature očita da je površinska temperature ugrijane ploče veća od 115°C, drugi robot kreće iz svog stacionarnog položaja. Robot ima zadatak sličan kao i prethodni, iz stacionarnog položaja kreće prema akrilnoj ploči i poravnava orijentaciju kvadratnog profila alata sa orijentacijom akrilne ploče i poravnava središta profila i ploče. Nakon poravnanja alat se spušta prema ugrijanoj ploči i pomoću senzora blizine staje na udaljenosti 20 cm od ploče. Na toj udaljenosti moguće je rotirati sva 4 gripera prema unutra i omogućiti da griper zatvaranjem svog hvata uhvati akrilnu ploču na sva 4 kuta.



Slika 14. Robot griper. Izvor: OnRobot.com



*Slika 15. Nacrt i tlocrt alata. Izvorno autor*

Iz slike je vidljivo kako je konstruiran alat za hvat ugrijane akrilne ploče, te kako je zahvat gripera za ploču minimalan kako bi otisci hvata ostali uz vanjski rub ploče koji će se kasnije odstraniti. Svaki griper je okretan za  $90^\circ$  u lijevu i u desnu stranu u odnosu na položaj prikazan na slici. Radni alat izrađen je od kvadratnih cijevi 20 x 20 mm, sastoji se od dva kvadratna profila dimenzija 1000 x 1000 i 400 x 400 čija se središta podudaraju i međusobno su povezani cijevima. Na unutarnji kvadratni profil potrebno je zavariti ploču lima dimenzija 400 x 400 jer proizvođač robota navodi kako je to površina koja je potrebna za fiksirati alat na ruku robota.

Nakon hvata akrilne ploče robot podiže ploču sa transportne trake i prenosi je prema kalupu za termoformiranje. U program robota su unesene koordinate prema kojima robot točno pozicionira akrilnu ploču prema kalupu i spušta je u njega. Robot spušta zagrijanu akrilnu ploču prema kalupu i na udaljenosti 3 cm od kalupa robot staje i otvara sva 4 gripera. Ploča silom težom klizne niz otvorenu hvataljku gripera i spusti se u kalup, te je na taj način postignut transport ugrijane akrilne ploče u kalup bez oštećenja korisne površine akrilne ploče jer griperi dodiruju samo površinu ploče koja će se kasnije odstraniti. Robot se 3 sekunde nakon otvaranja gripera vraća u svoj početni položaj i čeka signal od senzora temperature instaliranog na pokretnoj traci.

### **2.13. Automatsko termoformiranje**

Nakon što je ploča ispuštena na kalup za vakuumiranje senzor blizine nakon 3 sekunde aktivira razvodnik koji direktno upravlja hidrauličnim dvoradnim cilindrom koji podiže i spušta okvir kalupa. Nakon što je okvir spušten, kapacitivni senzor blizine šalje signal i pokreće se pumpa zraka koja upuhuje zrak kroz već spomenute provrte u trajanju od 10 sekundi. Istekom vremena pokreće se vakuumska pumpa koja proces vakuumiranja izvlači zrak i spušta zagrijanu akrilnu ploču prema obliku kalupa. Proces vakuumiranja traje 30 sekundi, nakon tog perioda vakuumska pumpa se gasi i elektro upravljani razvodnik izvlači hidraulični cilindar i podiže okvir kalupa.

Proizvod u kalupu nakon ovog procesa naziva se ljuska i u krutom je stanju što nam omogućava ponovni transport vakuumski alatom. Vakuumski transport ljuske od kalupa do transportnih valjaka praktički je identičan transportu materijala sa palete do peći, robot nakon što se podigne okvir kalupa kreće iz svog početnog položaja, pozicionira se pomoću koordinata u programu na sredinu ljuske, spušta se i vakumski je prenosi do transportnih valjaka. Nakon termoformiranja slijedi proces ojačavanja, gdje se ojačanja postavljaju i špricaju na donju stranu ljuske, što znači da u ovom procesu prijenosa ljuske od kalupa do transportnih valjaka mora biti uključena i rotacija ljuske za 180°. Iz tog razloga prije početka linije transportnih valjaka za ojačavanje ljuske potrebno je ugraditi poseban linijski transporter koji rotira proizvod na traci.

Rješenje za problem rotacije proizvoda može ponuditi tvrtka FlexMove sa svojim modelom Twist Conveyor koji rotira proizvode koji prolaze na liniji. Transportnu traku je moguće naručiti prema željenim dimenzijama ovisno o gabaritima proizvoda, a maksimalna širina proizvoda za koji se transporter može proizvesti iznosi 3 m. Nakon rotirajuće transportne trake, transport kroz pogon ostvaren je standardnim valjkastim transporterima pogonjenim elektromotorom.



*Slika 16. Flexmove Twist Conveyor. Izvor: Flexmove.com*



*Slika 17. Transportni valjci. Izvor: Kaiserkraft.hr*

## 2.14. Automatizacija procesa ojačavanja

Ljuska transportnom trakom dolazi do prvog stajališta u procesu ojačavanja, gdje se pod suprotno rotiranu ljusku ulaže negativ, odnosno kalup suprotan onome kod termoformiranja kako bi održao postojanost oblika kade. Pri ovom procesu važno je točno definirati dvije pozicije u prostoru, a to su pozicija na kojoj se nalazi negativ i pozicija na kojoj je paleta sa ojačanjima od iverice. Ideja je da se prvo pozicioniraju valjkasti transporteri na sredinu raspoloživog prostora za ovaj dio proizvodnje. Gledano u smjeru kretanja ljuske po transporterima, robotska šprica za automatsko nanošenje ojačanja bila bi pozicionirana iznad transportera, a s lijeve strane bio bi još jedan robot Cobot Lift – stacionarna verzija s vakuumskim podizačem koji bi pod ljusku postavljao negativ i na ljusku postavljao ojačanje od iverice. Lijevo od robota na paleti bi se nalazila ojačanja od iverice, a desno mjesto za odlaganje negativa.

Nakon što je ljuska transportirana na 1 metar udaljenosti od pozicije na kojoj se vrši ojačanje, transporter se zaustavlja i šalje se informacija robotu da prema već upisanim koordinatama pozicionira svoj alat na sredinu negativa, vakuumskim alatom prenese negativ na zadanu poziciju. Alat ispušta negativ i pomoću koordinata zadanih u programu pozicionira se iznad središta ljuske, podiže ju i transportira iznad negativa. Prema istim koordinatama na kojima je ispustio negativ, vakuumski podizač sada ispušta i ljusku. Kada su ljuska i negativ pravilno pozicionirani na mjestu na kojem se odvija ojačavanje započinje proces špricanja smole za ojačavanje na ljusku. Nakon nanošenja prvog sloja ojačanja, robot pomoću vakuuma prenosi ojačanje od iverice na ljusku i odlazi u svoj početni položaj.

Nakon toga započinje druga faza ojačavanja, a to je špricanje poliesterske smole i punila (kalcijev karbonat) na površinu ljuske. Uz poliestersku smolu i punilo dodaje se katalizator i staklena vlakna s malo alkalija. Nanošenje poliesterske smole i ostalih komponenata ojačanja već je uspješno automatizirano u mnogim pogonima pomoću jedne robotske ruke koja automatski dozira elemente i prelazi preko svake površine kade.





*Slika 18. Robot za automatsko nanošenje ojačanja. Izvor: Aquaestil.hr*



*Slika 19. Nanošenje sloja ojačanja. Izvor: Aquaestil.hr*

Nakon nanošenja ojačanja potrebno je cjelokupnu ojačanu površinu proći valjkom kako bi na svakom mjestu bila jednaka debljina nanesenog ojačanja. Kao i kod nanošenja smole, već postoji robotsko postrojenje koje samostalno valjkom prolazi sve površine kade i poravnava sve slojeva ojačanja.

## 2.15. Tunel za sušenje i obrezivanje kade

Nakon prolaska cijelom transportnom linijom za ojačavanje, kada se još jednim robotom Cobot Lift pomoću vakuuma prenosi na transportne valjke kadu koji vode u tunel za sušenje. Ti valjci rotiraju konstantnom brzinom tako da je kadi potrebno točno 2 sata da prođe kroz tunel i očvrsne. Dolaskom kade pred vrata tunela, kapacitivni senzor blizine očitava kadu i šalje signal na razvodnik koji aktivira pneumatski cilindar pomoću kojega se podižu vrata tunela. Prva 2 metra transportne linije valjci rotiraju većom brzinom kako bi kada čim prije ušla u tunel i gubitci topline bili čim manji. Nakon toga valjci rotiraju konstantno brzinom od 4 m/h kako bi kada prošla kroz preostalih 8 metara tunela u razdoblju od 2 sata. Nakon što su se vrata podignula, u tom položaju ostaju 10 sekundi i nakon toga brojač šalje signal na razvodnik za uvlačenje pneumatskog cilindra. Na vratima je potrebno ugraditi još jedno kapacitivno osjetilo blizine koje bi očitalo ako kada nije prošla kroz otvor tunela i spriječilo nagnječenje kade. Na izlazu iz tunela nalaze se zavjese koje prekrivaju otvor tunela i sprečavaju širenje topline iz tunela u okolinu, ali isto tako omogućuju nesmetan izlazak kade iz tunela.

Nakon tunela transportna traka se nastavlja i vodi do mjesta gdje se obrezuje kada na željenu visinu. Obrezivanje se vrši na način da se između transportnih valjaka postavlja vakuumski hvatač koji kada nije aktivan se nalazi ispod ravnine valjaka. Dolaskom sredine kade na mjesto vakumskog hvatača, transporter se zaustavlja, vakuumski hvatač se podiže, aktivira vakuum, prima kadu i izdiže ju na željenu visinu. Rotacijska kružna pila ima mogućnost horizontalnog pomaka pomoću pneumatskog cilindra i na taj način dolazi do ruba kade kojeg reže. Nakon što se kada dignula na potrebnu visinu rezanja kružna pila se počela rotirati i pomaknula se do ruba kade. Kompletan vakuumski hvatač i cilindar za izdizanje u njemu se rotira, te tako rotira i kadu i na taj način osigurava obrezivanje sva 4 ruba kade. Nakon obrezivanja pila se uvlači a kada spušta nazad na transportne valjke i odlazi do sljedeće postaje gdje se odvija bušenje provrta za sifon.

## **2.16. Automatsko bušenje provrta i kontrola kvalitete**

Dolaskom kade na poziciju namijenjenu za bušenje provrta transporteri se zaustavljaju kada se os svrdla u kruni za bušenje i središte udubljena nastalog pri vakuumiranju poravnaju. Uz transportnu traku nalazi se stupna bušilica pozicionirana tako da transportna traka mijenja njezin radni stol i ima mogućnost bušenja provrta na nama potrebnoj poziciji. Kruna za bušenje počinje s rotacijom i pomoću pneumatskog cilindra glava bušilice jednoliko se spušta prema kadi, Kruna buši provrt i dolaskom do postavljenog graničnog prekidača cilindar počinje sa uvlačenjem i glava bušilice se podiže.

Kada transporterima odlazi dalje kroz proizvodni pogon i dolazi do mjesta gdje se vrši kontrola kvalitete. S obzirom da se u kontroli kvalitete pregledava kvaliteta rezanih rubova, ogrebotine i anomalije na površini akrila, neisplativo je mijenjati čovjeka koji pregledava kvalitetu proizvoda s robotom za kontrolu kvalitete proizvoda zbog njegove visoke cijene. Pregled kvalitete puno je efektivniji ljudskim okom jer pojavom neke neispravnosti na kadi radnik može ručno izbaciti kadu iz transportne linije i postaviti ju na radni stol za brušenje i poliranje. Usmenim putem može radniku koji polira i brusiti kade skrenuti pozornost na određeni nedostatak na kadi, a nakon dorade radnik ju može vratiti nazad na transportnu liniju i poslati ju na pakiranje.

U cijelom automatiziranom procesu zamišljeno je da kontrola kvalitete i dorada kadi ostanu u domeni ljudskog rada, jedan radnik čiji je primarni opis posla kontrola kvalitete i radnik koji vrši eventualne dorade na kadama. Njihovi zadaci su također i odstranjivanje kada iz proizvodne linije čija oštećenja nije moguće popraviti, konstantan nadzor nad cjelokupnim procesom proizvodnje, ručno otklanjanje mogućih poteškoća i ponovno pokretanje automatske proizvodnje. Također potrebno je pratiti količinu ulaznog materijala na paleti i količinu iverice za ojačavanje na paleti te prilikom nestanka tih dvaju materijala imati spremnu novu paletu punu materijala i zamijeniti ju sa praznom u najkraćem mogućem vremenu. Količina smole, katalizatora i staklenih vlakana također je zadatak koji radnici moraju pratiti, kao i konstantan nadzor ispravnosti svih proizvodnih procesa u proizvodnji.

## 2.17. Pakiranje proizvoda

Zadnji dio proizvodnog procesa akrilne kade je pakiranje, nakon što je kontrolom utvrđeno da kada zadovoljava sve kriterije za isporuku kupcu radnik može kadu poslati na pakiranje. S obzirom da su u cijelom proizvodnom procesu predviđena 2 radnika, koji nemaju konstantan posao, već prema potrebi, otvara se mogućnost popunjavanja praznog hoda radnika na način da ručno pakira gotove kade. Način pakiranja je veoma specifičan, postavljanje kartona ispod kade, zavijanje rubova prema gore i dodavanje 4 kartonska ojačanja na svaki kut kade kako bismo fiksirali kadu s pakiranjem.

Izvedba automatskog postrojenja za takav način pakiranja bila bi veoma skupa i nepotrebna jer su radnici koji kontroliraju kvalitetu i dorađuju kadu u neposrednoj blizini stola za pakiranje. Na taj način iskoristili smo sav kapacitet dva radnika u postrojenju koji su nužni za pravilno i uspješno poslovanje proizvodnog procesa. Zamijenili smo ljudski rad tamo gdje se rade fizički teški i opasni poslovi, automatizirali 95% proizvodnog procesa i ostavili minimalan broj ljudskih resursa na poslovima koji nisu fizički teški ili opasni.

### **3. Praktični dio**

#### **3.1. Opis opreme i uređaja korištenih za automatizaciju procesa**

Prilikom automatizacije ovog procesa navedeno je više uređaja i alata koji zapravo čine ovu automatizaciju izvedivom i mogu zamijeniti čovjekov rad. Većina radnji unutar cjelokupnog procesa odnosi se na transport proizvoda kroz proizvodni pogon i do svake pojedine lokacije na kojoj se odvija neka obrada, pa su tako najvažniji uređaji u automatiziranom procesu roboti za prijenos proizvoda.

Roboti su automatizirani strojevi koji su vođeni programom koji je zapisan u njihovoj memoriji ili sami uče iz okoline pomoću različitih senzora. Roboti koji su korišteni u automatizaciji ovog procesa su specijalizirani za podizanje i prenošenje paketa i sličnih proizvoda s velikom točnošću pozicioniranja. Robot je osmišljen kako bi mogao raditi uz ljude bez potrebe za sigurnosnim barijerama. Njegova fleksibilnost omogućuje lakšu integraciju u različite proizvodne procese i omogućava operaterima da izbjegnu fizičke napore i potencijalne ozljede povezane s podizanjem tereta, poboljšavajući radne uvjete i produktivnost. Roboti su tvornički opremljeni optičkim sensorima koji prepoznaju promjene okoline i sprečavaju koliziju robota s okolinom, dok on izvršava program koji mu je zapisan u memoriji. Robot pomoću vlastitog koordinatnog sustava u svakom trenutku zna gdje se nalazi i koju radnju izvršava.

Kao što je već ranije spomenuto najvažniji dio automatizacije procesa je transport proizvoda kroz proizvodni pogon a uređaji koji to omogućavaju su transportne linije. Roboti služe za prijenos proizvoda na kraće udaljenosti kao što je prijenos s transportne linije do pozicije za obradu proizvoda i njegov povratak na transportnu liniju, a transportne linije omogućavaju prijenos na velike udaljenosti kroz proizvodni pogon. Transportne linije u većini ovog automatiziranog pogona izvedene su kao valjkasti transporteri, što znači da koriste cilindrične rotirajuće valjke postavljene na okvir kako bi omogućili kretanje predmeta duž staze. Rotacija valjaka postiže se pomoću elektromotora koji pomoću prijenosnika prenosi rotacijsko gibanje na valjke.

Osim standardnih valjkastih transportnih linija s valjcima koristiti će se i drugačije izvedbe transportne linije kao što je to situacija kod transporta akrilne ploče u zagrijanu peć. Takva transportna linija zahtijeva da se standardna traka zamijeni s trakom izrađenom od PTFE stakloplastike koje je otporna na temperature do 200 °C . U jednom dijelu proizvodnog procesa potrebna je rotacija proizvoda za 180 ° koja se izvodi pomoću posebne transportne linije dizajnirane i proizvedene baš za takve zadatke. S obzirom da je masa proizvoda koji se transportira kroz proizvodni pogon mala, sve transportne linije su pogonjene elektromotorima jer nije potrebna velika snaga i najlakše je upravljati takvim linijama.

Na svakoj transportnoj traci nalaze se kapacitivni senzori blizine koji očitavaju položaje proizvoda na traci, šalju signale o postojanosti ili odsutnosti proizvoda na određenoj poziciji. Pomoću tih signala pokreću se sljedeći procesi i aktuatori u proizvodnji te se dobiva informacija o trenutnom položaju proizvoda. Iz tog razloga nužno je ugraditi čim veći broj senzora blizine, kao i senzora za druge primjene, u svaki proces koji teži ka automatizaciji i ubrzanju proizvodnje.

U nekoliko proizvodnih dijelova gibanja alata i strojeva postignuta su pomoću pneumatskih cilindara. Pneumatski cilindri su mehanički uređaji koji energiju komprimiranog zraka pretvaraju rotacijska ili linearna gibanja. Linearnim gibanjem klipa iz cilindra postizemo podizanje odnosno spuštanje vrata peći i tunela za sušenje. Zrak kao medij je čist i bezopasan i kao takav idealan je za korištenje u ovakve svrhe. Cilindri mogu biti izvedeni kao jednoradni i kao dvoradni, odnosno može se upravljati samo pomakom klipa iz cilindra u jednom smjeru ili kod dvoradnog upravljati s oba smjera gibanja. Upravljanje cilindrima vrši se pomoću razvodnika koji kontroliraju protok komprimiranog zraka u pneumatskim sustavima i omogućavaju upravljanje pneumatskim cilindrima i drugim komponentama. Kako bi se jednostavno moglo upravljati voditi ovaj proces pomoću PLC-a, koristiti će se razvodnici s elektro upravljanjem.

### **3.2. Popis uređaja i alata u proizvodnom procesu**

1. Ulazni materijal, paleta s akrilnim pločama dimenzije 950 x 950 mm
- 2.1. Cobot Lift – vakuumski alat
- 3.1. Peć
- 3.2. Transportna traka ispred peći
- 2.2. Cobot Lift – alat s 4 gripera
4. Kalup za termoformiranje
- 2.3. Cobot Lift – vakuumski alat
5. FlexMove Twist Conveyor
6. Valjkasti transporteri
- 2.4. Cobot Lift – vakuumski alat
7. Robot za špricanje ojačanja
8. Robot za automatsko valjanje
- 2.5. Cobot Lift – vakuumski alat
9. Kružna pila za obrezivanje
10. Stupna bušilica s pneumatskim cilindrom

### 3.3. Izrada programa u LOGO Soft Comfort

#### Ulazi i izlazi u programu:

I1 – Start, pokreće proizvodni proces

AI1 – Kapacitivni senzor blizine, očitava prisutnost materijala i omogućava početak procesa

Q1 – Program robota 2.1. , program koji je upisan u robotovu memoriju s uvijek istim koordinatama

AI2 – Kapacitivni senzor blizine– senzor blizine koji provjerava postojanost akrilne ploče na transportnoj traci ispred peći

AI3 – TR 090 s osjetnikom PT100, omogućava ulazak materijala u peć ako je temperatura ispravna

Q2 – Pomak transportne trake unutra, transportna traka pomiče ploču u peć

Q3 – Pomak transportne trake unatrag, transportna traka pomiče ploču van iz peći

AI4 – Kapacitivni senzor krajnjeg položaja ploče, zaustavlja radnju Q3 i šalje signal za izvođenje programa robota 2.2.

Q4 – Program robota 2.2. , program koji je upisan u robotovu memoriju s uvijek istim koordinatama

AI5 – IR senzor temperature ploče, provjerava ima li ugrijana ploča dovoljnu temperaturu za proces termoformiranja

AI6 – Kapacitivni senzor blizine na kalupu, provjerava postojanost ploče na kalupu

Q5 – Uvlačenje cilindra, hidraulički cilindar spušta okvir kalupa

AI7 – Kapacitivni senzor blizine koji šalje informaciju o položaju okvira

Q6 – Upuhivanje zraka, aktivira motor za upuhivanje zraka pod ploču

Q7 – Izvlačenje zraka, aktivira motor koji izvlači zrak između kalupa i ploče

Q8 – Izvlačenje cilindra, hidraulički cilindar koji podiže okvir kalupa

Q9 – Program robota 2.3.

AI8 – Kapacitivni senzor blizine na FlexMove, provjerava postojanost ljeske na traci

Q10 – FlexMove, program trake za okretanje proizvoda

- Demo verzija LOGO Soft Comfort programa ne dopušta više od 8 analognih ulaza, pa će dalje kroz program biti korišteni digitalni ulazi koji simuliraju senzor blizine u smislu 0 – predmet nije na zadanoj poziciji i 1 – predmet je na zadanoj poziciji



I2 – Kapacitivni senzor blizine na transporterima, očitava postojanost ljuske na početku transportne linije

Q11 – Transporteri, elektromotor koji rotira transportne valjke

I3 – Kapacitivni senzor blizine prve pozicije, očitava položaj ljuske na transportnoj liniji gdje se odvija ulaganje negativa

Q12 – 1. dio programa robota 2.4. , ulaganje negativa

I4 – Kapacitivni senzor blizine koji očitava kada je negativ uložen pod ljusku

Q13 – 1. dio ojačavanja, program robota za automatsko ojačavanje

Q14 – 2. dio programa robota 2.4., postavljanje ojačanja od iverice

I5 – Kapacitivni senzor blizine očitava kada je ojačanje od iverice postavljeno na ljusku

Q16 – 2. dio ojačavanja, program robota za automatsko ojačavanje

I6 – Kapacitivni senzor blizine na drugoj poziciji, ljuska je transporterima došla do pozicije gdje se odvija automatsko valjanje

Q16 – Valjanje, program robota za automatsko valjanje ojačanja na ljusci

I7 – Kapacitivni senzor blizine krajnje pozicije, očitava kada je ljuska došla do kraja transportne linije

Q17 – Program robota 2.5.

I8 – Kapacitivni senzor blizine ispred tunela, očitava kadu koju je robot 2.5. prenio na transportnu liniju ispred tunela i otvara vrata tunela

I9 – Kapacitivni senzor blizine za sprečavanje nagnječenja, pozicioniran na vratima i u slučaju očitavanja predmeta ispred vrata, automatski se otvaraju

Q18 – Otvaranje vrata, pneumatski cilindar koji otvara vrata tunela

Q19 – Transporteri u tunelu, elektromotor koji rotira transportne valjke u tunelu i ispred njega

I10 – STOP gljiva, isklop u slučaju nužde

- Demo verzija LOGO Soft Comforta ne dozvoljava više od 20 izlaza, pa će se dio automatiziranog programa nakon tunela za sušenje odvijati pomoću drugog programa

I10 – Kapacitivni senzor blizine na izlazu iz tunela, očitava kadu koja je izašla iz tunela za sušenje

Q20 – Transporteri 2, elektromotor koji rotira transportne valjke na liniji obrezivanja i bušenja

I11 – Kapacitivni senzor blizine, očitava kadu koja je došla do pozicije gdje se odvija obrezivanje kade

Q1 – Cilindar izdizanje + pila + rotacija, proces kompletnog obrezivanja kade

I1 – Kapacitivni senzor blizine, očitava kadu koja je došla do pozicije gdje se odvija bušenje provrta

Q2 – Svrđlo + cilindar, proces kompletnog bušenja provrta za sifon

I2 – Kapacitivni senzor blizine, zaustavlja rotaciju valjaka ako se kada nalazi na kraju transportne linije

### **3.4. Opis programa**

Proces proizvodnje koji se opisuje u ovom završnom radu moguće je povezati s programom koji je sastavljen u programu LOGO Soft Comfort (*Privitak 2 i Privitak 3*) i prikazuje simulaciju cjelokupnog automatiziranog procesa od početka, kroz sve procesne etape pa do samoga kraja gdje se proizvod pakira za isporuku. Uvođenjem alata i opreme potrebne za automatizaciju ovog procesa i povezivanjem s PLC-om postigla bi se znatno brža, jednostavnija i dugoročno gledano jeftinija proizvodna linija za proizvode široke potražnje. Automatizacijom ovog proizvodnog procesa povećala bi se efektivnost i točnost proizvodnje, te bi postojala mogućnost nadgledanja i upravljanja procesom. Također ovakva proizvodna linija otvorena je za proširenje proizvodnog asortimana, ili povećanje radnog opsega proizvodnje.

Proizvodni proces započinje pritiskom na gumb START, senzor AI1 provjerava nalazi li se paleta s ulaznim materijalom na zadanoj poziciji, ako da robot 2.1. će ploču prenesti na transportnu liniju ispred peći. Senzor AI2 očitava da je ploča na transportnoj traci i ako senzor AI3 očita temperaturu veću od 180 °C ploča ulazi u peć na 270 sekundi odnosno 4.5 minute. Ugrijana ploča izlazi iz peći i aktivira senzor blizine AI4 koji zaustavlja elektromotor koji pokreće transportnu traku i šalje signal robotu 2.2. koji prenosi ugrijanu ploču od peći do kalupa ako je senzor AI5 izmjerio temperaturu ploče veću od 115 °C. Senzor AI6 očitava da je ugrijana ploča postavljena na kalup i šalje signal da se okvir može spustiti. Okvir se spušta i diže pomoću dvoradnog hidrauličnog cilindra, a senzor AI7 očitava položaj okvira i kada je spušten pokreće se motor koji 10 sekundi upuhuje zrak, a zatim se u trajanju od 30 sekundi odvija izvlačenje zraka između kalupa i ugrijane ploče. Kada završi proces izvlačenja zraka, hidraulički cilindar podiže okvir i robot 2.3. prenosi ljusku od iz kalupa na FlexMove transportnu traku.

Senzor blizine AI8 na transportnoj liniji FlexMove šalje signal da traka za rotaciju proizvoda može izvršiti svoj program i ljusku poslati prema standardnim transporterima koji se aktiviraju kada ljuska prođe kroz senzor I2 na početku transportne linije. Transporteri rotiraju i pomiču ljusku sve do prve pozicije, transporteri se zaustavljaju i robot 2.4. postavlja negativ na zadanu poziciju i podiže ljusku i postavljaju na negativ. Senzor I4 očitava da se ljuska i negativ pravilno pozicionirani i šalje signal prema robotu za nanošenje 1. sloja ojačanja. Nakon nanošenja 1. sloja ojačanja robot 2.4. postavlja ojačanje od iverice na ljusku i senzor I5 šalje signal prema robotu za nanošenje 2. sloja ojačanja. Nakon što je nanesen drugi sloj ojačanja transportni valjci se počinju rotirati i pomiču ljusku do druge pozicije gdje senzor I6 zaustavlja transportne valjke i šalje signal robotu za automatsko valjanje. Nakon što je ojačanje zavaljano transporteri pomiču ljusku sve do kraja transportne linije gdje senzor I7 zaustavlja transportnu liniju i šalje signal robotu 2.5. koji prenosi ljusku sa transportne linije za ojačavanje na transportnu liniju tunela za sušenje. Senzor I8 očitava da je ljuska postavljena na transportnu liniju i pokreće valjkaste transportere u tunelu koji rotiraju konstantnom brzinom tako da se ljuska u tunelu zadrži 2 sata. Podižu se vrata tunela i ljuska ulazi u tunel i vrata se automatski zatvaraju nakon 10 sekundi, a u slučaju da ljuska nije uspjela ući u tunel u tih 10 sekundi senzor nagnječenja će spriječiti da vrata nagnječe ljusku.

Kada ljuska izađe iz tunela senzor I10 šalje signal za rotaciju transportnih valjaka dok ljuska ne stigne do pozicije gdje se odvija obrezivanje. Transportna traka staje, pneumatski cilindar s vakuumskim hvatačem podiže ljusku prema rotacijskoj pili, pila se počinje rotirati i rotira se ljuska i obrezuju se sve 4 strane kade. Nakon što se kada rotira za 360° pila se prestaje rotirati, cilindar se uvlači i kada kreće dalje transportnom linijom do mjesta za bušenje provrta. Transporteri se zaustavljaju kada se os provrta za sifon i os svrdla poravnaju, kruna za bušenje počinje sa rotacijom i pomoću pneumatskog cilindra se spušta prema kadi, buši provrt i podiže se u svoj neutralni položaj. Nakon što je provrt izbušen kada se dalje pomiče transportnom linijom do kraja gdje senzor I2 šalje signal za prestanak rotacije transportera. Nakon toga slijedi provjera kvalitete i eventualna dorada koju obavlja čovjek.

## 4. Zaključak

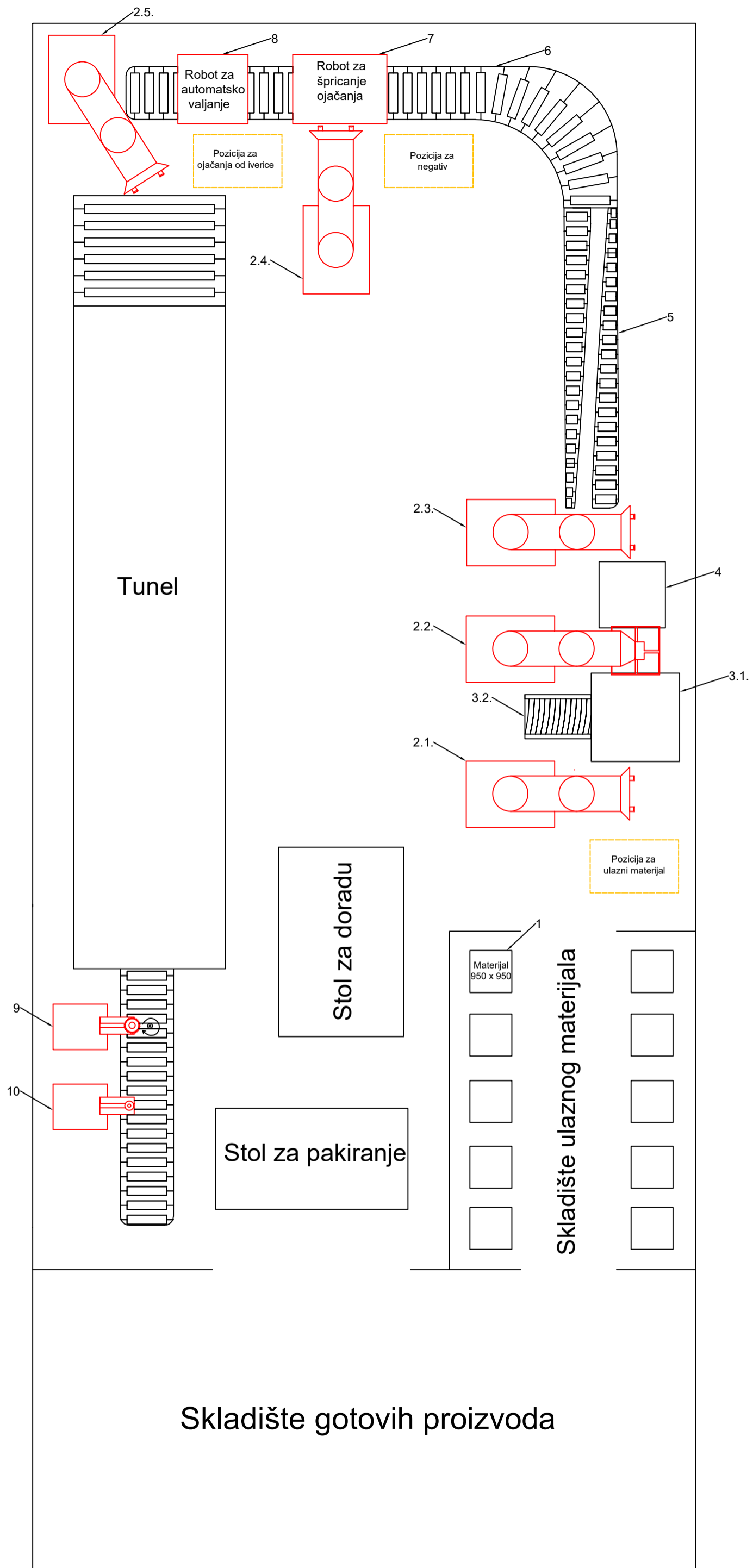
Ovaj završni rad je odabran, vođen i potvrđen od mentora. U njemu je prikazana jedna od mogućih varijanti ubrzanja i automatizacije proizvodnih procesa. Uz pomoć primjera s interneta i stručnog znanja usvojenog na stručnom studiju mehatronike osmišljen je idejni koncept automatizacije cjelokupnog proizvodnog procesa akrilnih kada u jednoj poznatoj tvrtki u RH. Idejni koncept predložen je izravno pomoću opisa svih dijelova sustava upravljanja, shematskog tlocrta postrojenja i programa upravljanja u simulatoru za PLC.

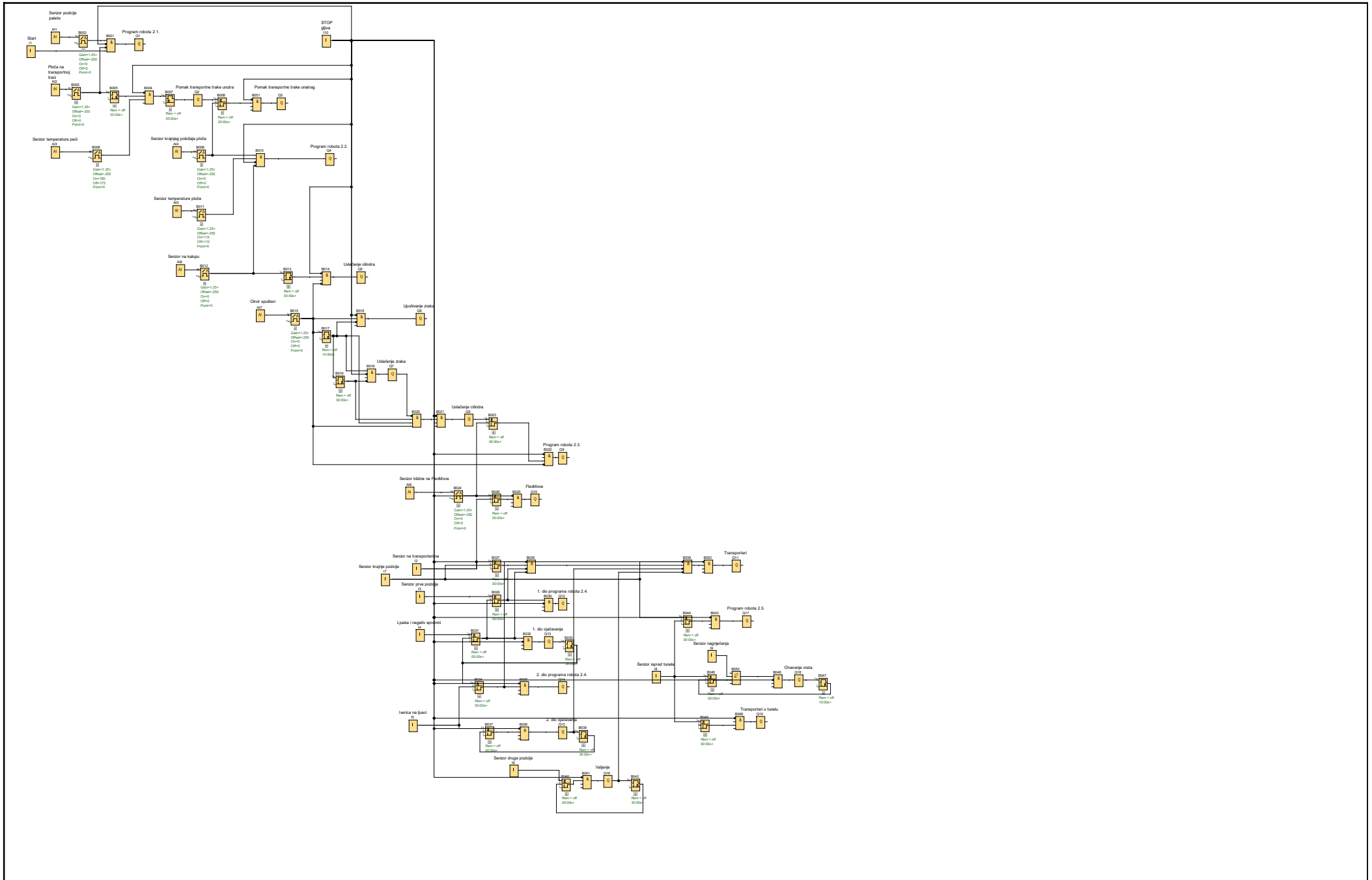
Automatizacijom ovakvog proizvodnog procesa postiže se puno viša učinkovitost, točnost u radu a povećava se i brzina proizvodnje. Ovakvo automatsko postrojenje zamijenilo bi 90% ljudskih resursa, ali naravno uz to dolazi i dosta visoka cijena početnih ulaganja za dobavu i ugradnju svih potrebnih strojeva i uređaja. S obzirom da bi se troškovi plaća smanjili za 90%, automatsko postrojenje bi se isplatilo u razdoblju od nekoliko godina, što u potpunosti opravdava takvu investiciju.

S obzirom da uz ovakav isplativi oblik automatizacije još uvijek postoji potreba za 2 radnika može se očekivati da još uvijek ne postoji mogućnost u potpunosti prelaska na autonomnu proizvodnju. Čovjekovo oko najbolje je osjetilo za prepoznavanje nedostataka na akrilnoj kadi, a i sustav za prepoznavanje takve vrste nedostataka bio bi suviše skup i rezultirao bi kompletnom neisplativosti prelaska na automatiziranu proizvodnju. Automatizacijom postrojenja povećala bi se produktivnost jer ne bi postojali prekidi u radu i ljudi koji bi ostali u proizvodnji ne bi se toliko umarali i znatno bi se povećala kvaliteta gotovih proizvoda.

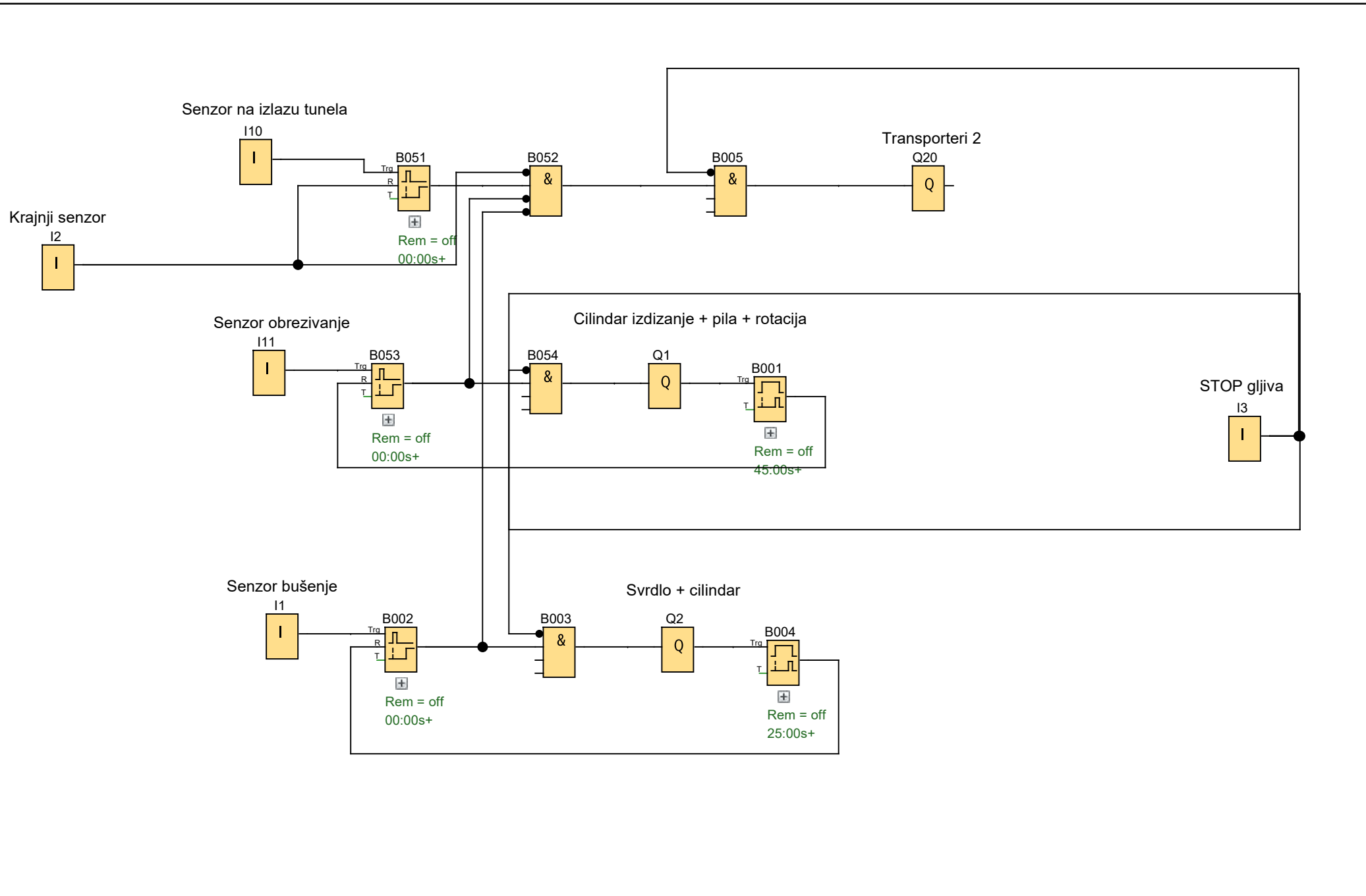
## 5. Literatura

1. Petrović, S. **"Suvremeni pristupi automatizaciji proizvodnje."** Journal of Manufacturing Systems
2. Kovačević, D. **"Primjena robotskih sustava u industriji plastike."** Polimeri i industrija
3. Hrvatski zavod za norme. **"Industrijski standardi za proizvodnju akrilnih proizvoda."** HRN EN 14516. Zagreb: HZN, 2021.
4. Horvat, A. **"Automatizacija procesa i kontrola kvalitete u proizvodnji akrilnih proizvoda."** Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, 2022.





Creator:	gusti	Project:		Customer:	
Checked:		Installation:		Diagram No.:	
Date:	8/14/24 11:25 AM/8/16/24 11:15 AM	File:	Program završni.lsc	Page:	1 / 6



Creator:	gusti	Project:		Customer:	
Checked:		Installation:		Diagram No.:	
Date:	8/16/24 10:48 AM/8/16/24 11:12 AM	File:	program završni 2.lsc	Page:	1 / 1