



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

TÖÖSTUSROBOTI LISAMOODUL: ERIPROJEKTI JÄRGI E HITATUD HAARATS JUHTIMISSÜSTEEMIGA

AUXILIARY MODULE FOR INDUSTRIAL ROBOT: CUSTOM- MADE GRIPPER WITH CONTROL SYSTEM

BAKALAUREUSETÖÖ

Üliõpilane: Julia Maksimova

Üliõpilaskood: 120813MAHB

Juhendaja: Leo Teder, lektor

Tallinn 2021

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"....." 20.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"....." 20.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....."20... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina, Julia Maksimova,

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Tööstusroboti lisamoodul: eriprojekti järgi ehitatud haarats juhtimissüsteemiga, mille juhendaja on Leo Teder,

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

_____ (kuupäev)

¹ Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingu tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.

TTÜ Inseneriteaduskond
LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Julia Maksimova 120813MAHB

Õppekava, peeriala: MAHB02/09, mehhatroonika

Juhendaja: lektor Leo Teder

Monik OÜ, +372 6165660, info@monik.ee

Lõputöö teema:

Tööstusroboti lisamoodul: eriprojekti järgi ehitatud haarats juhtimissüsteemiga.

Auxiliary module for industrial robot: custom-made gripper with control system.

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Abisüsteemi projekteerimine
2. Juhtimissüsteemi loomine
3. Kasu ülevaade

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Ülesande püstitus, nõuded ja kirjeldus	23.03.2021
2.	Lisamooduli projekteerimine	19.04.2021
3.	Komponentide valik	02.05.2021

Töö keel: Eesti keel

Lõputöö esitamise tähtaeg: "18" mai 2021a

Üliõpilane: ".....".....20.....a

/allkiri/

Juhendaja: ".....".....20.....a

/allkiri/

Programmijuht: ".....".....20.....a

/allkiri/

JOONISED

Joonis 1. 5 aasta jooksul teostatud tööde arv ja korrelatsioon	12
Joonis 2. M-projektide ümarate ja riskülikukujuliste profiilide ostmist tonnides viie aasta jooksul	13
Joonis 3. Profiilide ostmise suhe protsentides	13
Joonis 4. Profiilide suhe diameetrite järgi tükkides	14
Joonis 5. Ümarraud	14
Joonis 6. Poolautomaatne horisontaalne lintsaag Transverse 610.440 DGH	15
Joonis 7. Universaalne rullkonveier Handling System XP	15
Joonis 8. Tehnoloogiline kompleks. 1. vaade käitajalt; 2. vaade vasakult.....	16
Joonis 9 Induktiivandur paigaldatakse haaratsi peale	17
Joonis 10. Magnetandur andur paigaldatakse silindri peale.....	17
Joonis 11 Induktiivandur paigaldatakse rullkonveieri külgmisele pinnale	18
Joonis 12. Tööstusrobot ABB IRB 6700	19
Joonis 13. Haaratsi kinemaatiline skeem.....	21
Joonis 14. Haarats vertikaalasendis	21
Joonis 15 Detail hoitakse haaratsisõrmedega.	22
Joonis 16. Detaili kinnihoidmise skeem	23
Joonis 17. Kinnihoidmise skeemi järgi modelleeritud mõõtmed.	23
Joonis 18. Haarde parameetrid	25
Joonis 19. Hüdro skeem	26
Joonis 20. Hüdro silinder kahepoolse käiguga M250 seeria 50-30-150	27
Joonis 21. Tüüpilise hüdrojaami konstruktsioon	27
Joonis 22. Avatud olekus haarats.....	28
Joonis 23. Illustreerivad pildid hüdrojaama CO2 mudelist.	30
Joonis 24. Illustreeriv pilt hüdrojaama HPP-A380-1.5-4-10-H mudelist	31
Joonis 25. Suunaventiili tingmärg	31
Joonis 26. Suunaventiili läbilõike joonis	31
Joonis 27. DRV-06 vooluventiil	32
Joonis 28. Vooluventiili tingmärg	32
Joonis 29. Torustiku illustreeriv pilt.....	32
Joonis 30. Hüdro skeemi ja hüdraulika juhtimise skeem	33
Joonis 31. TRS1 tegevuste algoritmi skeem	34
Joonis 32. TRS2 tegevuste algoritmi skeem	35
Joonis 33. TRS3 tegevuste algoritmi skeem	36
Joonis 34. TRS4 tegevuste algoritmi skeem	37
Joonis 35. Vasakult paremale – NING element, VÕI element, EI element, RS triger ..	40

Joonis 36. RS trigeri seadistuse skeem	42
Joonis 37. Loogikaskeem	42
Joonis 38. Vasakult paremale – S1, S2, S3, S4 nupud.....	43
Joonis 39. Nupukarpi illustreeriv pilt.....	43
Joonis 40. PNP tüübi andur	44
Joonis 41. NPN tüübi andur	44
Joonis 42. Induktiivandur	44
Joonis 43. Magnetandur	44
Joonis 44. PLR EASY-E4-DC-12TCX1	44
Joonis 45. Diiodi paigaldamise skeem.....	45
Joonis 46. Toiteplokk PSL60E24RP	45

TABELID

Tabel 1. Poolautomaatne horisontaalne lintsa Transverse 610.440 DGH omadused	.15
Tabel 2. Universaalse rullkonveeri Handling System XP omadused	16
Tabel 3. Tööstusroboti ABB IRB 6700 omadused	19
Tabel 4. Hüdrosilindri omadused	27
Tabel 5. Y1 tõeväärtustabel	38
Tabel 6. Y2 tõeväärtustabel	38
Tabel 7. TRS3 RS trigeri tõeväärtustabel	41
Tabel 8. TRS4 RS trigeri tõeväärtustabel	41
Tabel 9. Komponentide hinnad	47

SISUKORD

Lühendite ja tähiste loetelu	10
Sissejuhatus	11
1. Ostetud materjalide statistika	12
1.1. Kompleksi kirjeldus	15
1.1.1. Olevate seadmete kirjeldamine	15
1.1.2. Uue kompleksi üldpõhimõte	16
1.1.3. Tööstusroboti valik	19
2. Abisüsteemi projekteerimine	20
2.1. Haarats	20
2.1.1. Haaratsi teoreetilise jõu arvutus	21
2.1.2. Hüdroajami ehitus	25
3. Juhtimissüsteemi loomine	33
3.1. Töörežiimid	34
3.1.1. TRS1 – haaratsi kokkusurutus	34
3.1.2. TRS2 – haaratsi avamine	34
3.1.3. TRS3 – detaili teisaldamine rullkonveierile	35
3.1.4. TRS4 – detaili teisaldamine hoiukohale	36
3.2. Kontrolleri juhtimisprogrammi loomine	37
3.2.1. Lahendus loogikaskeemi koostamiseks	38
3.2.2. Loogikaskeemi koostamine	40
3.2.3. Juhtimissüsteemi komponendid	43
4. Kasu ülevaade	46
4.1. Olemasoleva tööprotsessi ülevaade ja hinnang	46
4.2. Parandatud tööprotsessi ülevaade ja hinnang	46
4.3. Kasu ja tasuvus	47
Kokkuvõte	48
Summary	50
Kasutatud kirjanduse loetelu	52

Lisa 1	55
Graafiline osa 1	61
Graafiline osa 2	62

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

DC – alalisvool (ingl k Direct current)

FBD – loogikaskaemina programmeerimine (ingl k Function Block Diagram)

MDNK – minimaalne disjunktiivne normaalkuju

NO – tavaolekus normaalselt avatud kontakt (ingl k Normally open)

NPN – anduri tüüb negatiivse polaarsusega (ingl k Negative-Positive-Negative)

PLC – programmeeritav loogikakontroller (ingl k Programmable logic controller)

PLR – programmeeritav loogikarelee (ingl k Programmable logic relay)

PNP – anduri tüüb positiivse polaarsusega (ingl k Positive-Negative-Positive)

TDNK – täielik disjunktiivne normaalkuju

SISSEJUHATUS

Käsitledes Firma Monik OÜ projektide teostamise struktuuri, võib näha kolm peamist tööetappi. Esimene etapp on töö lehe- ja profiilimaterjalidega - toorikute valmistamine ja/või täiustamine ettevalmistuskohas. Teine on toorikute kokkupanemise ja keevitamise protsess konstruktsioonideks keevitustöökojas. Kolmas on värvitööde teostamine värvimisplatsil.

Praeguseks käsitletakse tööstusroboti hankimise võimalust keevitustsehhi spetsialiseeritud projektide jaoks. Võttes arvesse asjaolu, et sellised projektid moodustavad ainult 12% kogu tootmiskoormusest aastas ja lähevad läbi kolme kuu jooksul, majandusanalüüs näitas, et tootmisrobot maksab enda eest 1,2 aasta jooksul. Samas robot ei ole enamuses ajast kasutuses. Seetõttu kaalutakse antud uurimistöös võimalust kasutada robotit teises tootmisprotsessis.

Ettevalmistusala on konstruktsioonide valmistamise protsessi esimene etapp, projekti edu sõltub paljuski sellest esimesest etapist, ehk kui kiiresti ja kvaliteetselt tööd selles etapis teostatakse. Tänapäeval muutuvad tööstustootmine ja tehnoloogilised protsessid aina automatiseeritumateks, mis toob kaasa tehnoloogiliste toimingute suurema täpsuse, suure korratavuse, protsesside tootlikkuse suurenemise, praagi vähenemise - seega tootekulude vähenemise, pakkudes seeläbi ettevõttele suuremat konkurentsivõimet.

Autor eeldab, et tööstusroboti asetuse ettevalmistusosalal saab kiirendada toorikute teisaldamise protsessi, kui roboti peale paigaldatakse spetsiaalne lisamoodul – haarats, mis omal korral parandab tööefektiivsust.

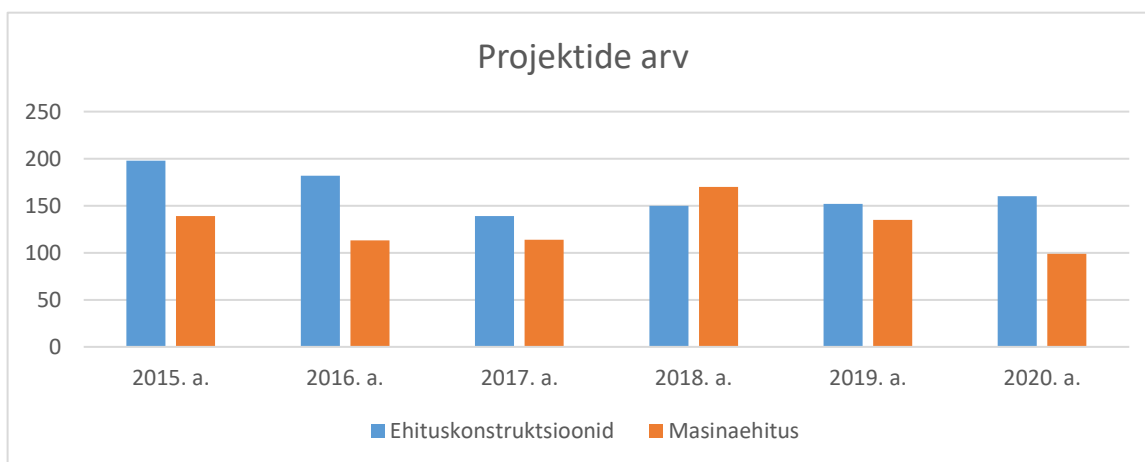
1. OSTETUD MATERJALIDE STATISTIKA

Kõige tavalisemad tehnoloogilised ettevalmistused on: toodete tükitoorikute lõikamine ruudukujulise, ümmarguse, ristkülikukujuliseks profiiliks. Aastatel 2015–2020 töö analüüsimisel selgub, et kõik projektid võib jagada kahte põhigruppi:

- ehituskonstruksioonid ehk E-projektid;
- masinaehitus ehk M-projektid.

E-projektid hõlmavad selliseid projekte nagu kaevandustööstuse konstruksioonid ja rajatiste metallkarkassid. Sellistel konstruksioonidel on suur mass ja väike arv osi. Selliste projektide ettevalmistamist on sageli lihtne teostada ja profiil tellitakse kolmandatelt ettevõtetelt, nii et ta tuleb juba tööks valmis olekus ning saadetakse kohe keevituse alale.

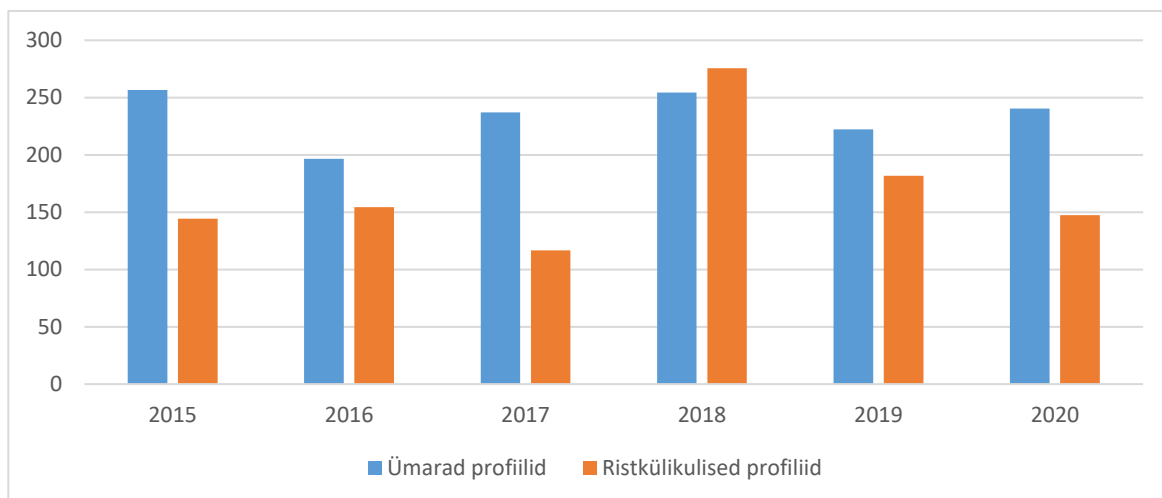
M-projektid on konstruksioonid, mida kasutatakse sellistes valdkondades nagu paberitööstus, energia- ja tösteseadmed Erinevalt ehituskonstruksioonidest on selliste projektide toorikuid alati raske täita, sest neil on suhteliselt väike mass ja neid on suur hulk (Joonis 1).



Joonis 1. 5 aasta jooksul teostatud tööde arv ja korrelatsioon

M-projektide käsitlemisel võib öelda, et tellijate kujundused on aeg-ajalt väga sarnased. Tavaliselt esineb erinevusi konstruksioonide mõõtmetes või nende muudatustes (parandustes) kuid üldpõhimõtte ja osade liik jäävad samaks.

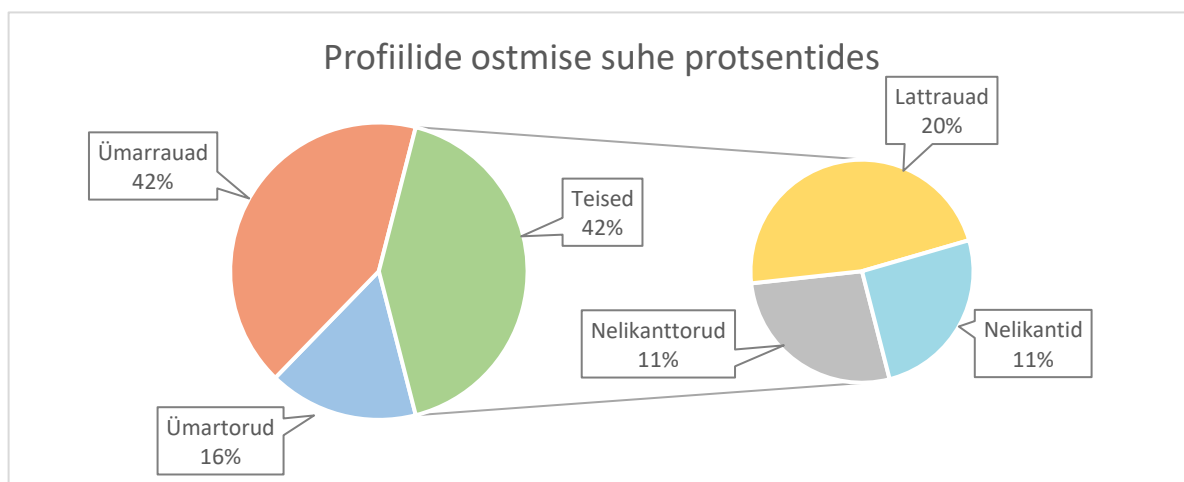
Allpool on toodud graafik (Joonis 2), mis näitab M-projektide ümarate ja riskülikukujuliste profiilide ostmist tonnides viie aasta jooksul.



Joonis 2. M-projektide ümarate ja riskülikukujuliste profiilide ostmist tonnides viie aasta jooksul

Nii ümara kui ka riskülikukujulise profiili saab omakorda jagada alarühmadeks. Ümar profiil jagatakse torudeks ja ümarraudadeks. Riskülikukujuline profiil jagatakse riskülikukujulisteks ja ruudukujulisteks sektsiooni torudeks, ruudukujulisteks nelikantideks ja lattraudadeks.

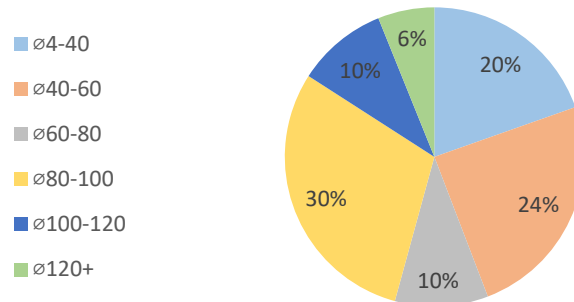
Graafikul (Joonis 3) on näidatud viie aasta jooksul M-projektide ostude protsentuaalne diagramm, mis kajastab ostetud profiilide kogust tükikides.



Joonis 3. Profiilide ostmise suhe protsentides

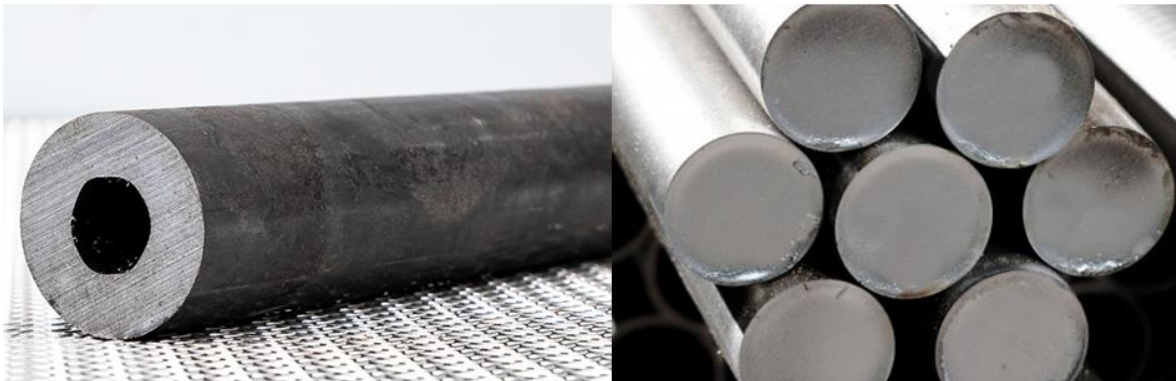
Graafiku andmetest on selgelt näha, et ümarraua ostmine on ülejäänud profiili suhtes valdav. Omal korral ümarraud ja ümartorud jagatakse diameetri järgi, mis on näidatud graafikus (Joonis 4).

Profiilide suhe diameetrite järgi tükkides



Joonis 4. Profiilide suhe diameetrite järgi tükkides

Reeglina ostetakse ümarraud läbimõõduga 80mm kuni 100mm ja pikkusega kuni ühe meetrini. See tähendab, et detaili mass ei ületa 65 kg. Selliste toodete näited on toodud järgmisel joonisel (Joonis 5).



Joonis 5. Ümarraud

1.1. Kompleksi kirjeldus

1.1.1. Olevate seadmete kirjeldamine

Lintsaag

Bomari lintsaag Transverse 610.440 DGH [1] on peamine toorikute saamiseks kasutatav seade. Allpool on toodud joonis lintsaest (Joonis 6) ja selle omadused (Tabel 1).



Joonis 6. Poolautomaatne horisontaalne lintsaag Transverse 610.440 DGH

Tabel 1. Poolautomaatne horisontaalne lintsaag Transverse 610.440 DGH omadused

TOOTE TEHNILINE INFO

SAELINDI MÕÕT	5200 x 34 x 1,1 mm
SAELINDI KIIRUS	20 – 120 m/min
MÕÕTMED	2560 x 1520 x 1450 mm
MASS	1003 kg
TÖÖTASAPINNA KÕRGUS	780 mm

Rullkonveier

Profili toetamiseks lõikamisprotsessi ajal kasutatakse täiendavat tuge. Sellisena on universaalne rullkonveier Handling System XP (Joonis 7) (Tabel 2) [1].



Joonis 7. Universaalne rullkonveier Handling System XP

Tabel 2. Universaalse rullkonveiri Handling System XP omadused

TOOTE TEHNILINE INFO

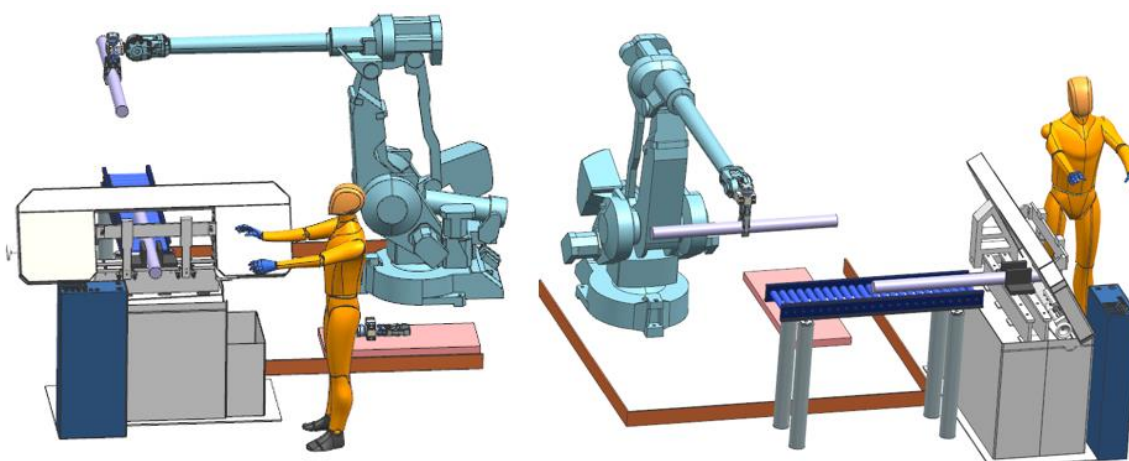
KANDEVÕIME	700 - 2500 kg/m
MINIMAALNE KÕRGUS	600 mm
RULLIDE ARV	8 tk
RULLI PIKKUS	850 mm
RULLI LÄBIMÕÕT	80 mm

Rullkonveier paigaldatakse kohe pärast lõikamismasinat ning ta on kohandatud lintsae haarde kõrgusele. Profiil asub sae vahetus läheduses, kuid seda tuleb transportida kraana ja stropptidega, kuna torude ja varraste mass ei võimalda neid käsitsi paigaldada.

On oluline märkida, et praegune detailide kohaletoimetamise variant rullkonveierile võtab palju aega. Ettevalmistuse operaator koos kraanaga peab tulema lintsae juurest detailide hoiukohale. Seal on vaja kinnitada vajalik detail stropptidega. Järgmiseks tuleb hoolikalt teisaldada detail rullkonveierile ning vajadusel vabastada kraana, kuna kraanat saab kasutada ka teistel tootmisaladel. Pärast sae protsessi lõpetamist tuleb tagastada osajääk hoiukohale. Stopperiga oli mõõdetud 40 katset ja arvatud, et ainult detaili teisaldamine võtab keskmiselt 7 minutit.

1.1.2. Uue kompleksi üldpõhimõte

Süsteemi kaasajastamiseks ja toorikute valmistamise protsessi kiirendamiseks on vaja osaliselt asendada olemasoleva materjali saele toimetamise viisi. Disainitud kompleksi kontseptsioon on näidatud järgmisel joonisel (Joonis 8):

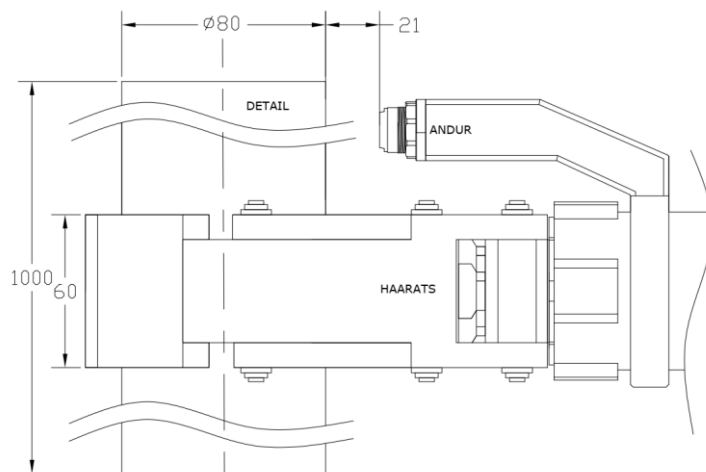


Joonis 8. Tehnoloogiline kompleks. 1. vaade käitajalt; 2. vaade vasakult

Joonis 8 näitab, et kraana asemele on lisatud haaratsiga tööstusrobot. Haarats ainult paigaldatakse robotile, aga nad ei ole ühendatud ühele juhtimissüsteemile. Robotit

juhatakse oma puldist või eelnevalt kirjutatud programmist. Haaratsi juhtimine toimub eraldi puldist (peatükk - Juhtimissüsteemi loomine). Kuna kõige universaalsem müügil olev haarats sobib ainult piiratud hulga esemete jaoks, siis seda variant ei saa kasutada kõikide detailide teisaldamiseks. Seetõttu käesolev variant arvestab teisaldamist kõige levinuma detaili tüübi jaoks, mis oli esitatud punktis 1 Ostetud materjalide statistika.

Haaratsi liikumine tavaliselt toimub kas pneumo- või hüdrocilindri abil, seetõttu korraliku töö teostamiseks tuleb lisada ka andurid. Üks andur on vaja paigaldada haaratsile, et see saaks tuvastada detaili olemasolu (Joonis 9).



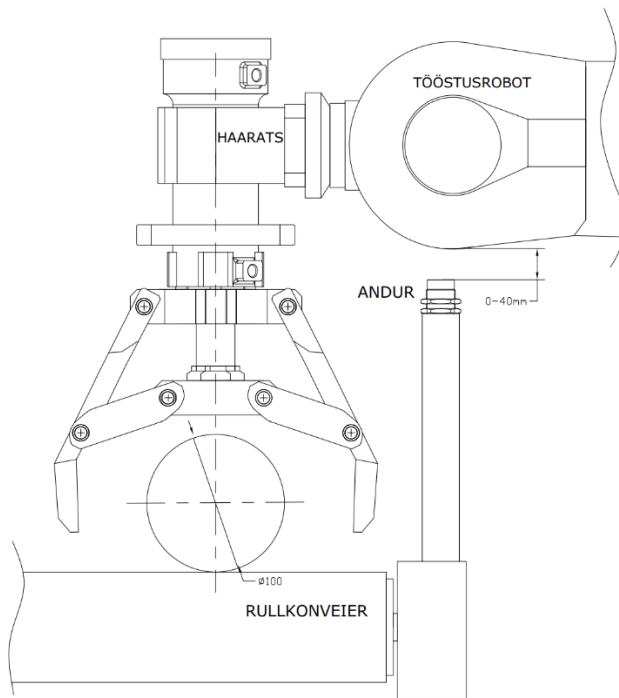
Joonis 9 Induktiivandur paigaldatakse haaratsi peale

Selle töö jaoks sobib ideaalselt induktiivandur, kuna tuleb töötada metalliga ja anduri tunnistuskaugus ei pea olema rohkem kui mõnikümmend millimeetrit. Teine andur peab jälgima kolvivarre liikumist, et saaks reguleerida haaratsi avamise protsessi. Selle jaoks tavaliselt valitakse positsiooniline magnetandur ja see paigaldatakse otse silindri peale (Joonis 10).



Joonis 10. Magnetandur andur paigaldatakse silindri peale

Kolmas andur paigaldatakse rullkonveieri külgmisele pinnale (Joonis 11), et tuvastada haaratsi olemasolu. Sellel juhul sobib kasutada induktiivandurit. See on vajalik andur juhtimisprogrammi kirjeldamiseks.



Joonis 11 Induktiivandur paigaldatakse rullkonveieri külgmisele pinnale

Antud töö protsess - pärast süsteemide (nii roboti kui ka haaratsi) sisse lülitamist robot läheneb detailide hoiukohale ja laseb haaratsi alla. Toimub detaili haaramine ja robot tõmbab haaratsi üles, pöörleb 180 kraadi ning paneb detaili rullkonveierile. Vajadusel saab robotit kasutada vastupidi, teisaldades detaile hoiukohale.

Terve kompleks eeldab ühe operaatori olemasolu, kes teostab kompleksi teenistust. Operaatori tööülesanded:

- juhtimisprogrammide kirjutamine tööstusrobotile või roboti juhtimine;
- haaratsi juhtimine;
- lintsae programmeerimine teatud detaili lõikamiseks;
- tooriku paigaldamine ja fikseerimine kinnitusmasinas;
- roboti haaratsi muutmise ümberkonfigureerimise ajal (kui on olemas).

Joonis 8 puuduvad kaitsetara ja detailide hoiukoht. Turvanõuetes on ette nähtud kaitsetara olemasolu tööstusroboti tööpiirkonna ümber ja kui inimene sinna siseneb, kõik protsessid peatuvad. Tööstusroboti jaoks peab olema mõeldud spetsiaalne mahuti kust tuleb detaile võtta, et tagada haaratsile takistamatu juurdepääs detailide juurde.

1.1.3. Tööstusroboti valik

Ettevõtte käsitleb kasutatud tööstusroboti ABB 6000 seeria hankimise võimalust. Selle töö jaoks oli valitud tööstusrobot ABB IRB 6700 (Joonis 12) [2].



Joonis 12. Tööstusrobot ABB IRB 6700

Roboti tehniliste omadustega saab tutvuda järgnevas tabelis (Tabel 3).

Tabel 3. Tööstusroboti ABB IRB 6700 omadused

TEHNILISED OMADUSED **IRB 6700 200/2.60**

KANDEVÕIME (KG)	200
TÖÖRUUM (M)	2.6
TELGEDE ARV	6
PROTECTION	IP 67 with Foundry Plus 2
PAIGALDUS	Floor or inverted
KONTROLLER	IRC5 Single cabinet, IRC5 PMC Panel mounted
POSITISIOONIMISTÄPSUS (MM)	0,05
KORDUVUS (MM)	0,10
MASS (KG)	1200

Roboti suhteliselt väikesed mõõtmed ja manipulaatori tööala suur raadius võimaldavad robotit paigutada olemasolevatesse tingimustesse.

2. ABISÜSTEEMI PROJEKTEERIMINE

2.1. Haarats

Haarats (gripper) (Graafiline osa 1) on manipulaatori tööorgan (end effector), mille abil teisaldatavaid esemeid haaratakse, hoitakse kinni või vabastatakse [3]. Konkreetsel juhul mõistetakse, et haarats on terve süsteem, millele kuuluvad haarats koos oma ajami ja juhtimissüsteemiga. Haarats peab võtma kinni, hoidma ja teisaldama ümartorud ja ümarraud pikkusega mitte rohkem kui 1 meeter. Detailide diameetrid võetakse vahemikus 80mm – 100mm, sest need toorikud alati ostetakse ja tarnitakse vajaliku pikkusega.

Nõuded haaratsile:

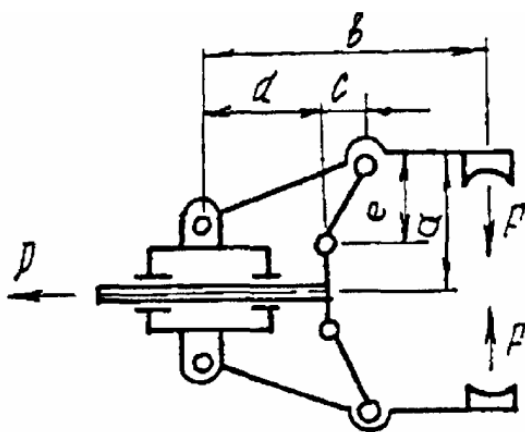
- kandevõime kuni 65kg, järelalus tuleb punktist 1. Ostetud materjalide statistika;
- sõrmede kulgemise reguleerimine erineva läbimõõduga ümmarguste osade kinnitamiseks 80 kuni 100 mm (Graafiline osa 2);
- minimaalselt võimalikud massi- ja haaratsisuurused, et tagada parem manipuleerimine piiratud ruumis;
- haarde kiire vahetuse võimalus;
- kõrvaldada osade puhaste pindade kahjustused ja samas tagada detaili kinnitamiseks vajalik jõud;
- suhteliselt soodne haaratsi hind.

Isegi kõige universaalsem haarats on väga spetsialiseeritud, nii et valmis variandi ostmist ei kaaluta, sest kõrge tõstevõimega ja haaratavate detailide suure diapsooniga haaratsid tunduva tööstusrobotite tootjatele kallid toota ja nende mass on suur. Selle asemel kaalutakse võimalust luua oma haaratsi ajam lihtsa juhtimisega, mida edaspidi võiks arendada ka ruudukujuliste sektsiooni torude teisaldamiseks, et tagada rohkem võimalusi.

Haaratsi ajamid võivad olla pneumaatilised või hüdraulilised. Detaili massi ning tööstusroboti asukohta arvestades, oli valitud hüdrauliline ajam, sest teisaldatavate detailide maksimaalne mass ületab 60 kg ja kompleks peab asetsema mustas ja tolmuses ruumis, mis ei sobi pneumaatilise ajami jaoks. Hüdrauliline ajam on kompaktne, suure kandevõime ja jäikusega, mis võimaldab luua positsioneerimise juhtimispõhimõttega manipulaatoreid. Samal ajal on hüdrauliline ajam keeruline ja kallis. Hüdroajami toiteks kasutatakse kohalikku hüdroelektrijaama.

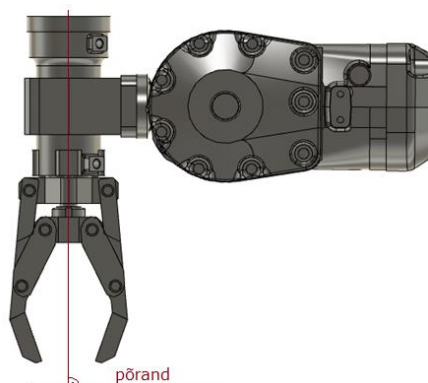
2.1.1. Haaratsi teoreetilise jõu arvutus

Detailide vormid nõuavad haaratsilt prismaatilist kuju. Töö jaoks oli valitud kangvarrasmehhanism, mille kinemaatikaskeem on näidatud Joonis 13 [4]. Sellel on lihtne konstruktsioon ning see võib haarata teatud detailide diapasooni.



Joonis 13. Haaratsi kinemaatiline skeem

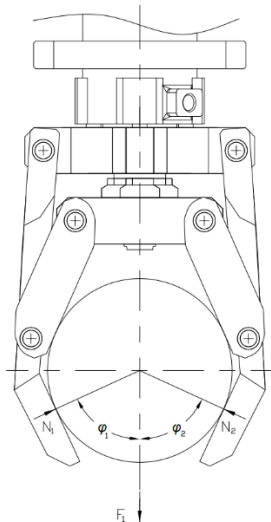
Oletada, et haarats jääb vertikaalasendisse kogu aeg, sõltumata sellest kas toimub detaili teisaldamine või mitte (Joonis 14).



Joonis 14. Haarats vertikaalasendis

Punkti 1. Ostetud materjalide statistika järgi on määratud kindlaks roboti haaramiseks vajalik jõud, ühe meetrise 100 mm läbimõõduga, varda teisaldamiseks. Antud varda massi koefitsient on 61,7 kg/m, mis tähendab, et detaili maksimaalne mass on 61,7 kg [5].

Joonis 15 järgi arvestatakse et detaili haaramise ajal, hõõrdejõud mõjub mehhanismile vähe [6].



Joonis 15 Detail hoitakse haaratsisõrmedega.

Haaratsi hoidejõu (ehk haaratsi vertikaalne liikumine) saab arvutada valemiga [3] [4] [7]:

$$F_1 = m(g + a)K_1K_2 \quad (1)$$

kus

m – teisaldatav mass, kg;

g – raskuskiirendus, 9,8 m/s;

a – detaili maksimaalne kiirendus teisaldamisel, m/s²

K_1 – koefitsient, mis sõltub haardeosade kujust, detaili asendist haardeosade ja raskusjõu suuna suhtes [7];

K_2 – varutegur ohutuse tagamiseks (1,3 – 2). [7]

Kiirendus detaili teisaldamisel saab arvutada valemiga:

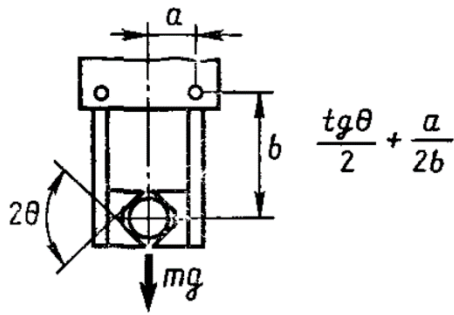
$$a_v = \frac{V_{max}^v}{\Delta t} \quad (2)$$

V_{max}^v - maksimaalne tõstekiiirus, $V_{max}^v = 0,2$ m/s

Δt – aeg, $\Delta t = 0,2$ s

$$a_v = \frac{0,2}{0,2} = 1 \frac{m}{s^2} \quad (3)$$

Arvutame, et detail võib teisaldamisel võtta Joonis 16 asukoha [7].

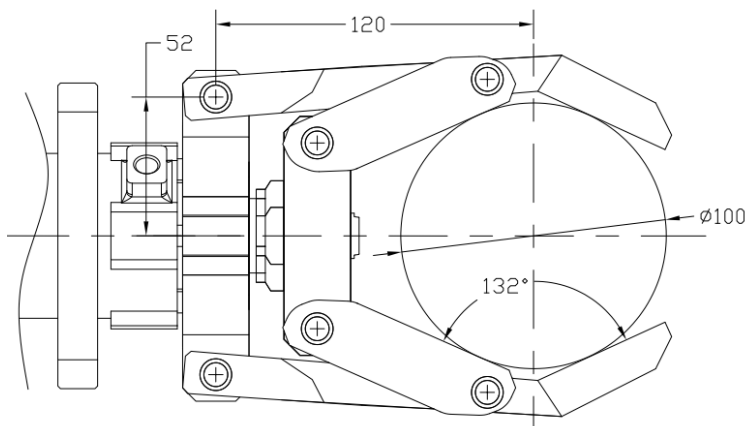


Joonis 16. Detaili kinnihoidmise skeem

Nii et K_1 määratakse alltoodud valemi abil:

$$K_1 = \frac{tg\theta}{2} + \frac{a}{2b} \quad (4)$$

On vaja kindlaks määrata θ , a , b võrrandi komponendid. Selleks viime läbi Fusioni 360 ja AutoCADi 3D modelleerimisprogrammides 100 mm detaili haarde esmase simulatsiooni (Joonis 17):



Joonis 17. Kinnihoidmise skeemi järgi modelleeritud mõõtmed.

Joonis 17 määratakse:

$2\theta = 132^\circ$ - nurk, mille moodustab prismaatiline haare;

$a = 52 \text{ mm}$ - Kaugus detaili keskpunktist x-telje toetuspunktini;

$b = 120 \text{ mm}$ - kaugus osa keskpunktist y-telje toetuspunktini.

Nõutav haaramis jõud $F_1 F_1 = 61,7 * (9,81 + 1) * \left(\frac{tg66}{2} + \frac{52}{2*120}\right) * 1,5 = 666.9 * 1,23 * 1,5 = 1230 \text{ N}$ (5):

$$F_1 = 61,7 * (9,81 + 1) * \left(\frac{tg66}{2} + \frac{52}{2*120}\right) * 1,5 = 666.9 * 1,23 * 1,5 = 1230 \text{ N} \quad (5)$$

Haaratsi pöörlemine horisontaaltasapinnal välja arvutatakse valemiga [8]:

$$F_1 = mg\left(\frac{k}{\mu} + \frac{\omega^2}{g}R * tg\theta + \frac{\varepsilon}{g}R\right) \quad (6)$$

R – tööroboti raadius, m (Tabel 3)

ω - haaratsi pöörlemise nurkkiirus, s^{-1}

ε - haaratsi pöörlemise nurkkiirendus, s^{-2}

a_h – horisontaalne kiirendus, m/s^2

θ - nurk, mille moodustab prismaatiline haare, $\theta = 66^\circ$

μ – hõõrdetegur, $\mu = 0,56^2$ - teras/kumm [9]

Horisontaaltasapinnal haarats liigub mööda ringjoont, teeb poolkaare (180 kraadi). Haaratsi algkiirus on 0. Maksimaalne lineaarne kiirus mille haarats saavutab 0,2 sekundiga on 0,4 m/s.

Horisontaalne kiirenduse valem:

$$a_h = \frac{v_{max}^h}{\Delta t} \quad (7)$$

v_{max}^h - maksimaalne kiirus, $v_{max}^h = 0,4$ m/s

Δt - aeg, $\Delta t = 0,2$ s

$$a_h = \frac{0,4}{0,2} = 2 \frac{m}{s^2} \quad (8)$$

Pöörlemise nurkkiiruse valem:

$$\omega = \frac{v_{max}^h}{R} = \frac{0,4}{2,6} = 0,154 s^{-1} \quad (9)$$

Pöörlemise nurkkiirenduse valem:

$$\varepsilon = \frac{a_h}{R} = \frac{2}{2,6} = 0,77 s^{-2} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} F_1 &= 61,7 * 9,81 \left(\frac{1,5}{0,58} + \frac{0,154^2}{9,81} * 2,6 * tg66 + \frac{0,77}{9,81} * 2,6 \right) \\ &= 606(2,68 + 0,014 + 0,2) = 605,3 * 2,9 = 1756 N \end{aligned} \quad (11)$$

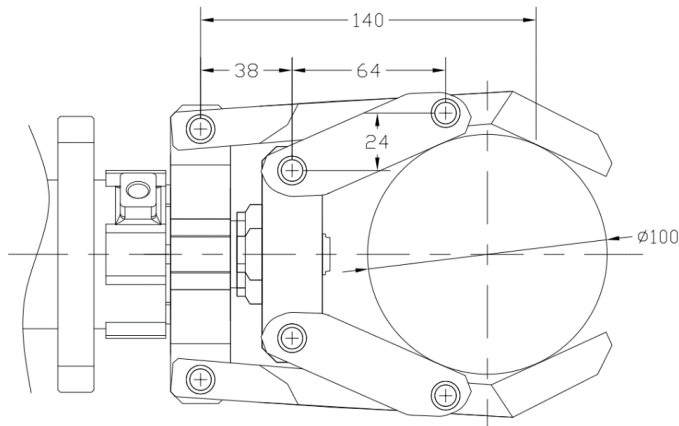
F_2 leidmiseks on vaja kasutada kõige suurem tulemust. F_2 -ajami jõud vastavalt heakskiidetud haardeskeemile (Joonis 13) määratakse valemiga [4]:

$$F_2 = \frac{2F_1 * bc}{e(d+c)} \quad (12)$$

² Kummil pole üht konstantset hõõrdetegurit. Hõõrdetegur sõltub temperatuurist ja teistest faktoritest.

Andmete põhjal (Joonis 18) oli saadetud:

$$F_2 = \frac{2 \cdot 1756 \cdot 140 \cdot 64}{24 \cdot (38 + 64)} = 12855 \text{ N} \quad (13)$$



Joonis 18. Haarde parameetrid

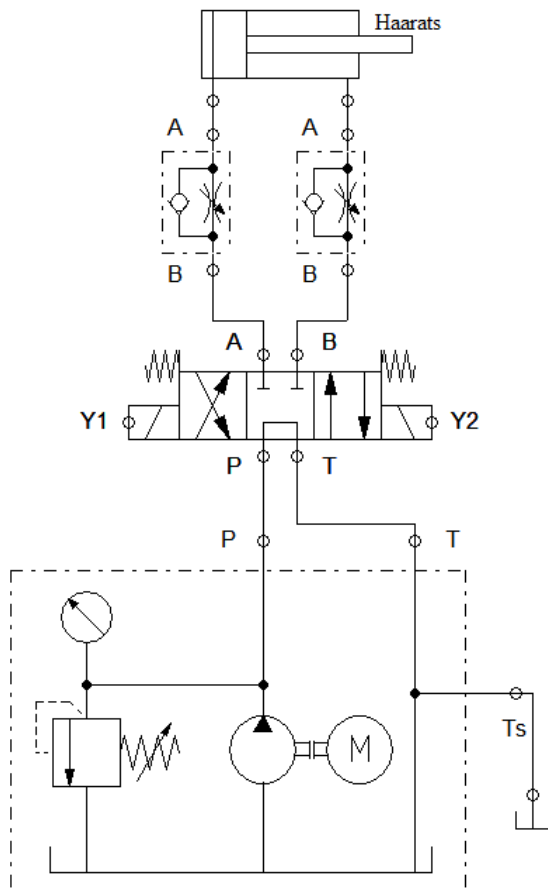
2.1.2. Hüdroajami ehitus

Hüdroajam on seade mehhanismide käitamiseks, mis töötab vedeliku surve põhimõttel. Hüdroajami ehitamiseks arvutatakse vajalikud parameetrid ja valitakse sobivad komponendid.

Hüdroajami koostisosad:

- mootor;
- hüdropump;
- hüdrauliline täitur (hüdrocilinder või -mootor);
- juhtimissüsteem;
- abiseadmed.

Haarde töö toimub hüdrocilindri abil. Cilindri plussasendi korral haardeosad avanevad, miinusasendi korral – suruvad kokku. Cilindri liikumise eest vastutavad suunaventiil ja hüdrojaam. Allpool on esitatud planeeritud hüdroelektrijaama skeem (Joonis 19). Skeemil olev silinder asub miinusasendis. Antud skeem oli realiseeritud FESTO FluidSIM programmis.



Joonis 19. Hüdroseem

2.1.2.1. Hüdrosilinder

Hüdrosilindri valimiseks on vaja määrata kolvivarre läbimõõt [10]:

$$d = \sqrt{\frac{400 \cdot A}{\pi}} \quad (14)$$

Kus

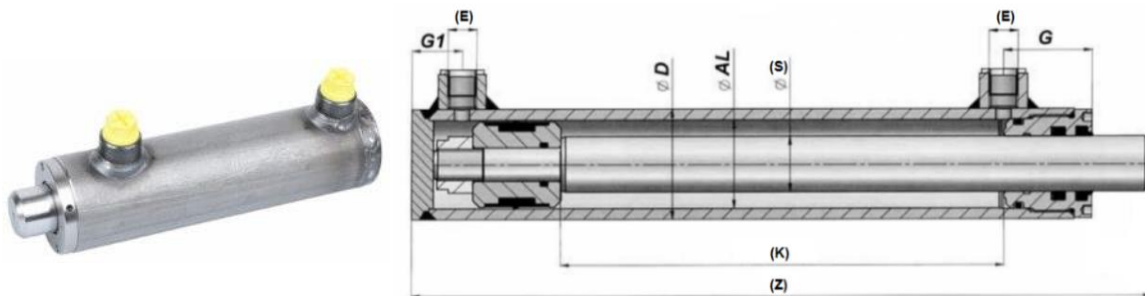
A – silindri kolvi pindala, cm^2

p – rõhk, 85 bar

$$A = \frac{F_2}{10p} = \frac{12855}{10 \cdot 70} = 18,5 \text{ cm}^2 \quad (15)$$

$$d = \sqrt{\frac{400 \cdot 18,5}{\pi}} = 48,5 \text{ mm} \quad (16)$$

Silindrite standardsed kolvi läbimõõdud ISO 5597:2018 [11] järgi on 50 mm. Selle töö jaoks oli valitud kinnitusteta kahepoolse toimega standardsilinder HK HM 02 30 0400 Hansa-Flex tootjast [12] (Joonis 20).



Joonis 20. Hüdrosilinder kahepoolse käiguga M250 seeria 50-30-150

Omadustega saab tutvuda tabelis:

Tabel 4. Hüdrosilindri omadused

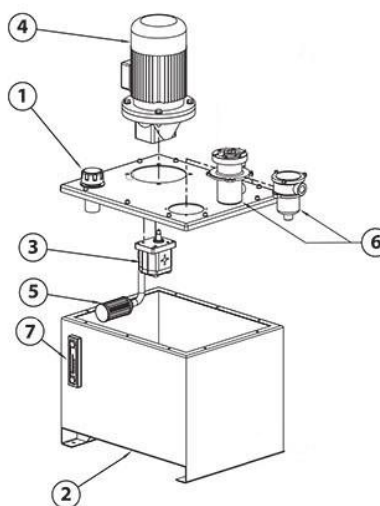
OMADUSED

KOLB (AL)	50 mm
VARRAS (S)	30 mm
KÄIK (K)	150 mm
SISENDID €	3/8"
KOGUPIKKUS (Z)	290 mm
LÄBIMÕÖT (D)	60 mm
PÕHJAST SILMA TSENTRISSE (G1)	26 mm
KORGIST SILMA TSENTRISSE (G)	43 mm
TÖÖSURVE	max. 250 bar

2.1.2.2. Hüdrojaam

Tüüpilise hüdrojaama konstruktsioon (Joonis 21) koosneb:

1. Paagisuu sissevalamisfilter
2. Paak
3. Hüdropump
4. Mootor
5. Imemisfilter
6. Tagasivoolu toru koos filtriga
7. Töövedeliku taseme näidik



Joonis 21. Tüüpilise hüdrojaami konstruktsioon

Hüdrojaama on võimalik koostada iseseisvalt varem mainitud komponentidest või osta valmis variant. Sobiva mudeli või komponentide valimiseks on vaja arvestada tehnilisi parameetreid.

Hüdropump

Hüdropumba leidmiseks arvestatakse pumba tootlikkust [13]:

$$V = \frac{Q}{n \cdot \frac{\eta}{100}} \quad (17)$$

kus

Q – vedeliku vooluhulk

n – hüdro mootori pöörlemisagedus, p/min

η – pumba mahuline kasutegur

Vooluhulka valem on $Q = \frac{V_m}{t}$ (18 [10])

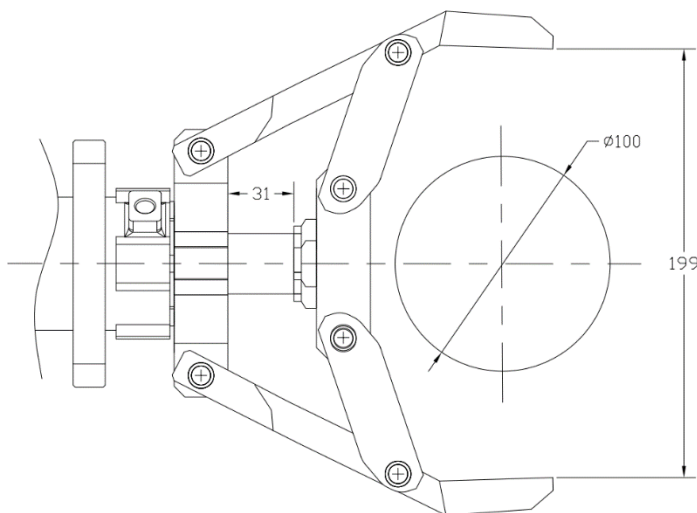
$$Q = \frac{V_m}{t} \quad (18)$$

kus

V_m – maht, cm^3 ;

t – aeg, s.

Väärtuste V ja t leidmiseks on vaja teada parameetreid v , A , l . Paneme vajamineva silindri plussasendi liikumise kiiruseks (v) 20 mm/s. Silindri kolvi pindala A võetakse valemist (15), mille väärtuseks on 18,5 cm^2 . Selleks, et oleks võimalik haarata detaili 100 mm läbimõõduga, silindri käik (l) peab võrduma 31 mm (Joonis 22).



Joonis 22. Avatud olekus haarats

Siis

$$V_m = A * l = 18,5 * 3,1 = 57,35 \text{ cm}^3 \quad (19)$$

$$t = \frac{l}{v} = \frac{31}{20} = 1,55 \text{ s} \quad (20)$$

Millest järeldub, et vooluhulk

$$Q = \frac{57,35}{1,55} = 37 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} = 2,22 \frac{\text{l}}{\text{min}} \quad (21)$$

Oletagem, et hüdropumba pöörlemissagedus on 1500 p/min, siis hüdropumba tootlikkus

$$V = \frac{37 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}}{1500 \frac{\text{p}}{\text{min}} * \frac{90}{100}} = \frac{37 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}}{25 \text{s}^{-1} * 0,9} = 1,65 \frac{\text{cm}^3}{\text{rev}} \quad (22)$$

Elektrimootor

Elektrimootori valimiseks on vaja teada pumba tegelik võimsustarve P [13], mille valem on

$$P = \frac{Q * p}{600 * \eta} \quad (23)$$

kus

Q - Hüdropumba vooluhulk, l/min

p - seadme tööõhk, bar

$\eta = \eta_v \eta_m = \eta_v \eta_m$ - kasutegur, kus η_v - pumba mahuline kasutegur, η_m - pumba mehaaniline kasutegur

Sobiva mudeli võimsus peab olema rohkem kui 0,4 kW

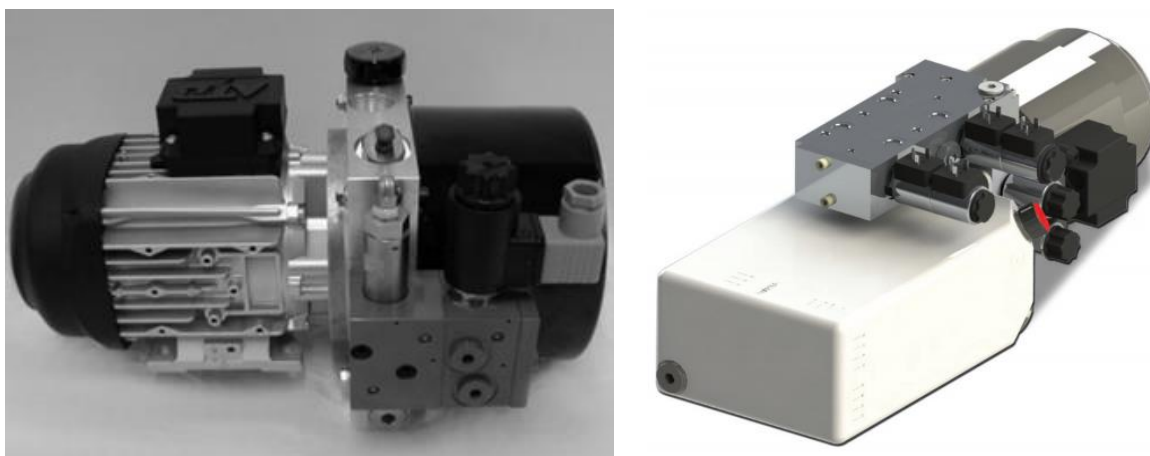
$$P = \frac{2,3 * 70}{600 * 0,85 * 0,85} = 0,38 \text{ kW} \quad (24)$$

Hüdropaak

Paagi mahtuvus sõltub pumba tootlikkusest ja seadme tüübist. Statsionaarsetel seadmetel paagi mahutavus peab olema 3-5 pumba tootlikkust. Vastavalt leitud väärtusele (21) valitud mudelis paak peab mahutama rohkem kui 7l.

Hüdrojaama sobiv mudel

Kui panna hüdrojaam ise kokku, siis peab pöörama tähelepanu sellele, et kõik komponendid sobiks kokku, vastasel juhul on suur oht teha viga ja panna mitte töötav seade kokku. Seetõttu valmis jaama leidmine on lihtsam ja kiirem variant. Variandiks oli valitud Hydac CO2-H-B05-R-2.4-170-03-TSM mudel (Joonis 23) [14], mille mootori võimsus on 0,75 kW, maksimaalne rõhk on 170 bar, voolukiirus kuni $20 \frac{l}{min}$ ja hüdropumba tootlikkus kuni $10 \frac{cm^3}{rev}$. On olemas ka hüdropaak mahutavusega 14,5 liitrit.



Joonis 23. Illustreerivad pildid hüdrojaama CO2 mudelist.

Antud hüdro süsteem sobib suurepäraselt hüdroajami rakendamiseks olemasolevate nõuetega, pluss see omab kompaktselt mõõdet. Miinustest võib märkida jaama väga kõrget maksumust.

Teise võimalusena võib käsitleda odavama hüdraulika keskuse ostmist. Näiteks mudel HPP-A380-1.5-4-10-H HÜDRAULIKA KESKUS 380V, 1.5KW, 5.8L/MIN, 170BAR, 10L (Joonis 24) [15], mida saab poest osta kaks korda odavamalt kui eelmist mudelit. Komplekti kuulub ka üheosaline elektromagnetjaoti CETOP-3 [16] aga selle parameetrid ei sobi olemasoleva süsteemi jaoks. Siis lisaks peab ostma uue suunaventiili ja vooluventiile.

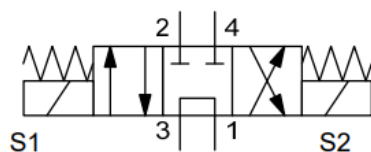


Joonis 24. Illustreeriv pilt hüdrojaama HPP-A380-1.5-4-10-H mudelist

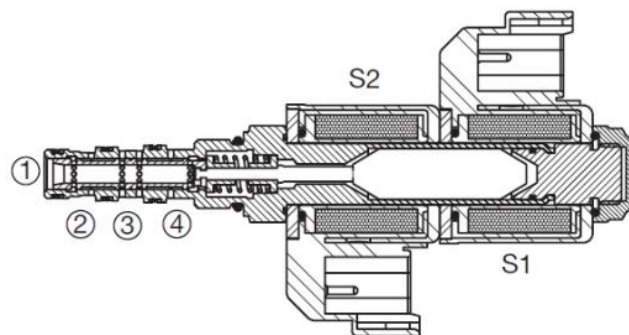
Peamine erinevus mudelite vahel on tootja firmade tuntus ja nende hind.

Suunaventiil ja vooluventiilid

Suunaventiil ja vooluventiilid on vaja valida vastavalt süsteemi nõuetele. Hydac kataloogist oli valitud 4/3 elektrilise juhtimisega (Joonis 25) siiberventiil WK06G-01 alalisvoolumagnetiga (Joonis 26) [17], sest see sobib rakendustesse kus lülitusi tehakse suhteliselt suure sagedusega. Maksimaalne vooluhulk on 7 l/min. Töövool mähistes 24 voldise DC pinge juures 0,5 A.

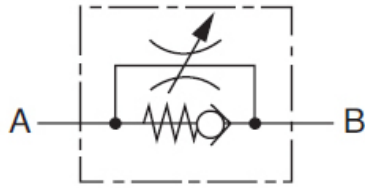


Joonis 25. Suunaventiili tingmärk



Joonis 26. Suunaventiili läbilõike joonis

Suunaventiili lisatakse kaks vooluventiili (Joonis 28), mis reguleerivad vooluhulka vaid ühes suunas. Vooluventiili eesmärk on hüdrosilindri varda liikumiskiiruse reguleerimine ja selle jaoks oli valitud Hydac kataloogist DRV-06 mudeli (Joonis 27) [18], mille maksimaalse vooluga 20 l/min.



Joonis 28. Vooluventiili tingmärg



Joonis 27. DRV-06 vooluventiil

Hüdroüsteemi torustik ja vedelik

Töövedeliku ülekandmine hüdraulilises süsteemis toimub torujuhtmete kaudu. Nad ühendavad kõik seadmed, mis on osa hüdraulikasüsteemist. Selle projekti raames oli valitud kummivoolikud teraspõimingtugevdusega Hydroscand EGEFLEX 1 CO, mille sisemõõt on 10 mm ehk 3/8". Need voolikud on keskmise surve ja suure välishõõrdumisega rakenduste jaoks. Antud torustik on terastraadiga tugevdatud ja vastab standardile EN 853 1SN (4–25 MPa) ning omab DNV, MED ja MSHA sertifikaate.

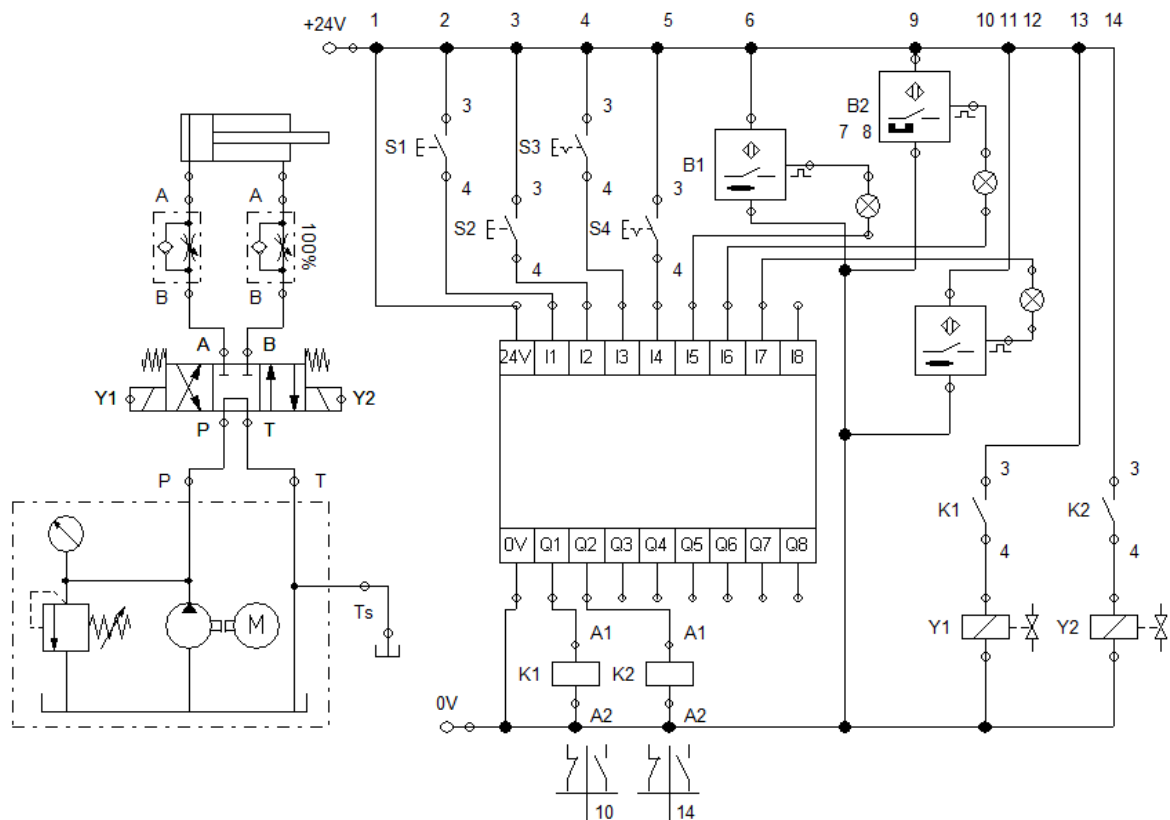


Joonis 29. Torustiku illustreeriv pilt

Mittepõlevad hüdrovedelikud on hüdroajamites tihti kasutatavad töövedelikud. Vedeliku valimise ajal kõigepealt tuleb kontrollida kõige tähtsama parameetri – viskoossus, et leida töötav variant sobiva temperatuurrežiimiga. Hüdrovedeliku soovitatav töötemperatuuri vahemik sõltub vedeliku koosseisust, näiteks HFA (õli-vee emulsioon - 80-98% vett) hüdrovedeliku töötemperatuuri vahemik on +5°C kuni +55°C, mis täiesti sobib süsteemi jaoks. Kuna hüdroüsteemisse võiks sattuda tolmu või muda, siis võimalusel tuleb valida hüdrovedelikku, mis takistab muda teket süsteemi tööea pikendamiseks.

3. JUHTIMISSÜSTEEMI LOOMINE

Käesoleval tööl kasutatakse neli nuppu, kolm anduri ja üks PLC haaratsi juhtimise jaoks. PLC programmeeritakse, et iga nupuga on võimalik juhtida haaratsit arvestades andurite seisuga. Allpool on esitatud hüdrooskeem ja hüdraulika juhtimise skeem (Joonis 30). Antud skeem oli realiseeritud ning kontrollitud FESTO FluidSIM programmis.



Joonis 30. Hüdrooskeemi ja hüdraulika juhtimise skeem

Märkide tähistused

- S1 – surunupp ilma fikseeringuta, vastutab haaratsi kokkusurutuse eest
- S2 – surunupp ilma fikseeringuta, vastutab haaratsi sundavaldamiseks B2 anduri sisselülitamiseni
- S3/S4 – surunupp fikseeringuga, vastutab poolautomaatse režiimi käivitamise eest
- B1 – Induktiivandur - detaili tuvastusandur haaratsi ulatuses
- B2 – Magnetandur andur, mis piirab kolvivarida pluss-liikumist
- B3 – Induktiivandur - haaratsi tuvastusandur rullkonveieri ulatuses
- Y1 – suunaventiili vasakpoolne mähis, mis aktiveerib silindri miinus-liikumist
- Y2 – suunaventiili parempoolne mähis, mis aktiveerib silindri pluss-liikumist

K1 – relee, mis lülitab sisse NO kontaktid -K1

K2 – relee, mis lülitab sisse NO kontaktid -K2

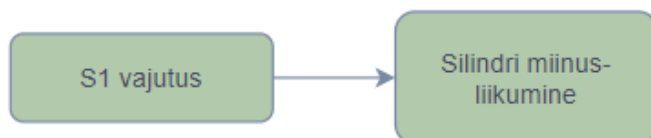
Haaratsi loogika põhimomendid:

- Korraga mitut nuppu vajutades haarde tööd ei toimu;
- Kui töörežiimi ajal vajutada teist nuppu, siis haarde töö peatatakse. Nupu S4 erand on kirjeldatud punktis TRS4;
- B2 anduri aktiveerimisel silindri pluss-liikumine alati ei toimu.

3.1. Töörežiimid

3.1.1. TRS1 – haaratsi kokkusurutus

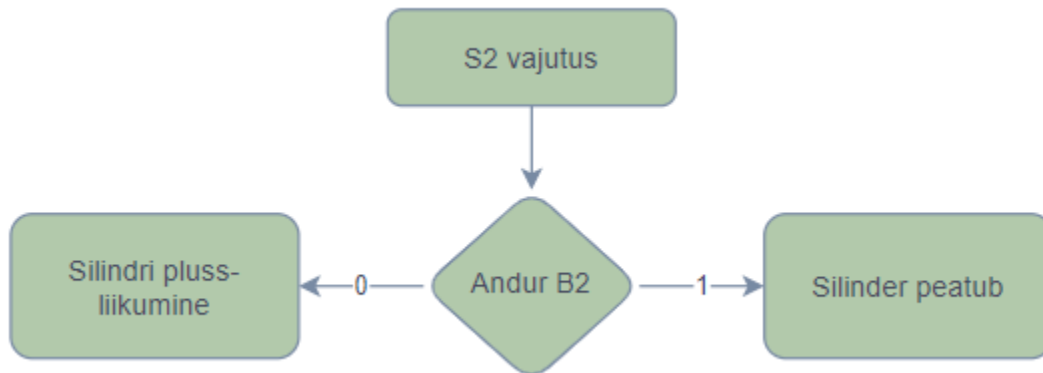
S1 nupu vajutamisel ja allhoidmisel (Joonis 31) vool toidetakse K1 releele, mille järel K1 kontakt sulgub ja vool toidetakse Y1 mähisele, mis aktiveerib silindri miinus-liikumist kuni S1 vabastamiseni. Soovi või vajaduse korral saab selle nupu abil haaratsi igal ajal kokku suruda, tingimusel et S2-S4 nupud on välja lülitatud. B1, B2 ja B3-andurid ei mõjuta S1 nupu tööd.



Joonis 31. TRS1 tegevuste algoritmi skeem

3.1.2. TRS2 – haaratsi avamine

S2 nupu vajutamisel (Joonis 32) vool toidetakse K2 releele, mille järel K2 kontakt sulgub ja vool toidetakse Y2 mähisele, mis aktiveerib silindri pluss-liikumist kuni S2 nupu vabastamiseni või silindri pluss-liikumise piirava anduri (B2) sisselülitamiseni. Soovi või vajaduse korral selle nupu abil saab haaret igal ajal avada, tingimusel et S1, S3 ja S4 nupud on välja lülitatud. B1 ja B3 andurid ei mõjuta nupu S2 tööle.

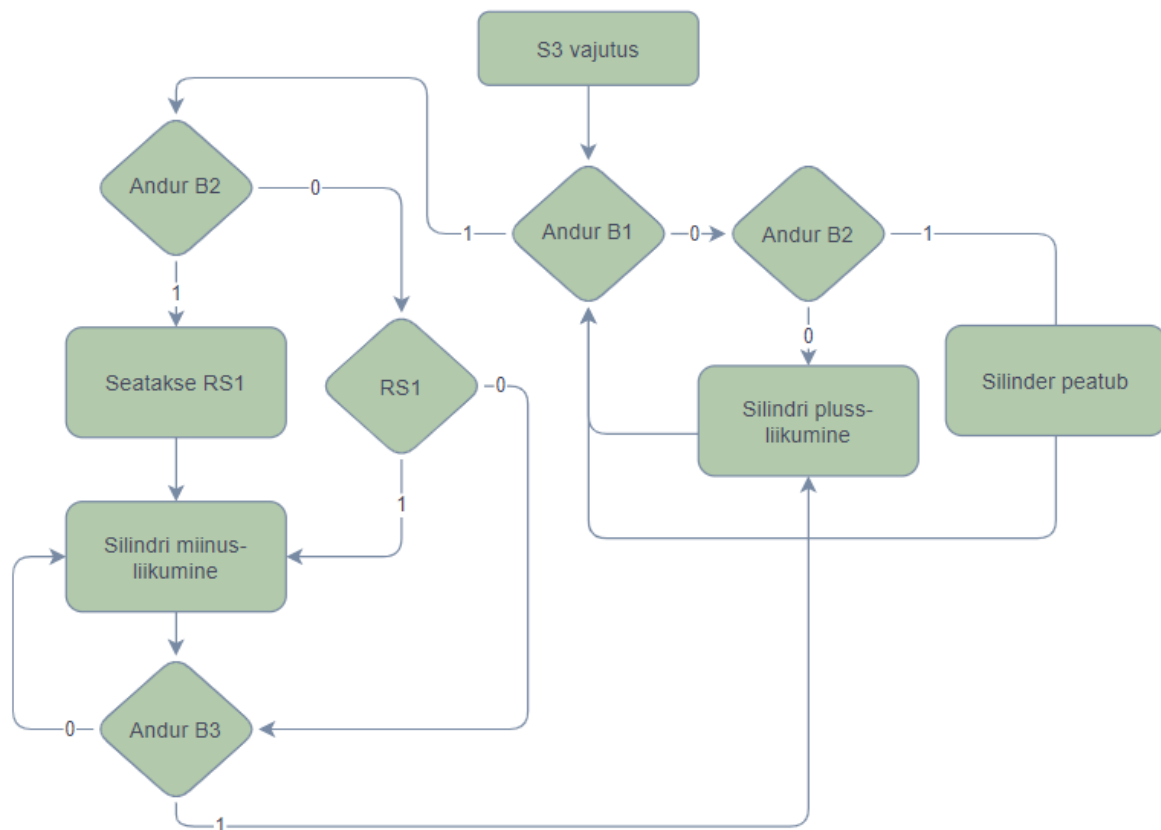


Joonis 32. TRS2 tegevuste algoritmi skeem

3.1.3. TRS3 – detaili teisaldamine rullkonveierile

Selle töörežiimi abil toimub detaili teisaldamine hoiukohast rullkonveierile. Tsükkel algab sellest, et S1, S2, S3 ja S4 on välja lülitatud ning pärast S3 nupu vajutamist toidetakse voolu K1 või K2 releele, sõltuvalt B1, B2 ja B3 andurite sisselülitamisest. Kui mõni muu nupp on vajutatud S3 nupuga, siis S3 nupp ei hakka tööle. TRS3 režiimis saab teisaldada üht või mitut detaili järjest rullkonveierile.

Pärast S3 nupu vajutamist (Joonis 33) kontrollitakse detaili olemasolu anduri abil (B1), sest kui see tuvastab detaili olemasolu, siis turvalisuse huvides haarats ei saa avamist alustada. Kui B1 andur ei tuvasta detaili olemasolu, siis toimub haaratsi avamine liikumist piirava anduri sisselülitamiseni (B2). Kui B1 ja B2 anduritest tulevad signaalid, siis toimub silindri miinus-liikumine ja haarats surub kokku ning detail on rullkonveierile teisaldamiseks valmis. Antud etapil haaratsi õige töö jaoks rakendatakse RS trigger, mis tagab silindri edasiliikumist sõltumata B2 signaali oleku muutumisest. Kui haarats detailiga on teisaldatud rullkonveierile ja on aktiveeritud detaili tuvastamise andur (B3), hakkab haarats avanema ja detail asetatakse rullkonveierile. Peale seda haarats avaneb B2 anduri sisselülitamiseni.

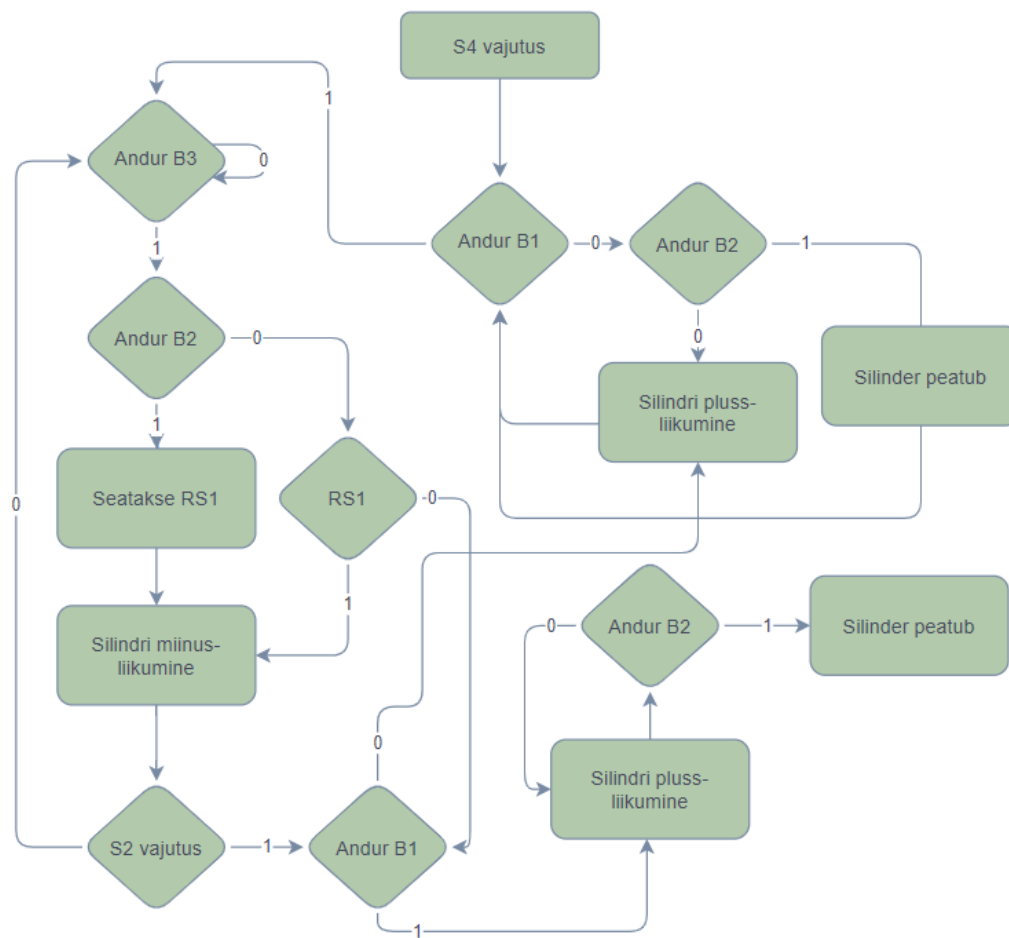


Joonis 33. TRS3 tegevuste algoritmi skeem

3.1.4. TRS4 – detaili teisaldamine hoiukohale

See nupp osaliselt automatiseerib detaili teisaldamist rullkonveierilt toorikute ladustamiskohta. Tsüklal algab sellest, et S1, S2, S3 ja S4 on välja lülitatud ning pärast S4 nupu vajutamist toidetakse voolu K1 või K2 releele, sõltuvalt B1, B2 ja B3 andurite sisselülitamisest. Kui S4 nupuga samal ajal vajutada S1 või S3 nuppu, siis S4 nupp ei hakka tööle. TRS4 režiimis saab teisaldada üht või mitut detaili järjest rullkonveierilt hoiukohale ja pärast seda aktiveerida teine režiim.

Pärast S4 nupu vajutamist (Joonis 34) kontrollitakse detaili olemasolu anduri abil (B1), sest kui see tuvastab detaili olemasolu, siis turvalisuse huvides haarats ei saa avamist alustada. Kui B1 andur ei tuvasta detaili olemasolu, siis toimub haaratsi avamine liikumist piirava anduri sisselülitamiseni (B2). Kui B1, B2 ja B3 anduritest tulevad signaalid, siis toimub silindri miinus-liikumine ja haarats surub kokku ning detail on hoiukohale teisaldamiseks valmis. Antud etapil haaratsi õige töö jaoks rakendatakse RS trigeri, mis tagab silindri edasiliikumist sõltumata B2 signaali oleku muutumisest. Detaili vabastamiseks tuleb S2 nuppu vajutada ja all hoida B1 väljalülitamiseni, pärast seda saab S2 vabastada, sest haarats jätkab avanemist B2 sisselülitamiseni.



Joonis 34. TRS4 tegevuste algoritmi skeem

3.2. Kontrolleri juhtimisprogrammi loomine

Protsessi juhtalgoritmide plokk skeemide põhjal tuleb koostada tõeväärtustabel, mis kajastab sõltuvust seitsme sisse signaalide (nupud ja andurid), ühe RS trigeri ning kahe välja signaali (suunaventili mähised) vahel. Pärast seda koostatakse kombinatsioonloogika valem, mida võimaluse korral lihtsustatakse. Tõeväärtustabel (Lisa 1) sisaldab 2^8 kombinatsioone ja lubab kaaluda haaratsi kõik võimalikud töö võimalused. Haaratsi töörežiimide FluidSIM-i keskkonnas kontrollimiseks on vaja koostada loogikaskeem (FBD) loogikavalemite põhjal. FBD - Function Block Diagram - graafiline keel, mis on mõeldud kontrolleri programmeerimiseks [19]. FBD koostamise eesmärk on näidata, kas suunaventili mähised Y1 ja Y2 saavad signaale õiges järjekorras ja süsteem töötab korralikult. Skeemi loomiseks on vaja teha järgmised etapid:

- tõeväärtustetabeli koostamine;
- täieliku disjunktiivse normaalkuju (TDNK) koostamine tõeväärtustetabeli põhjal;

- minimaalse disjunktivse normaalkuju (MDNK) leidmine kasutades Karnaugh' kaarti;
- MDNK lihtsustamine.

3.2.1. Lahendus loogikaskeemi koostamiseks

Tõeväärtustabelid

Y1 ja Y2 täieliku disjunktivse normaalkuju loomiseks tabelist Lisa 1 võetakse ainult need kombinatsioonid, mille võrrandid omandavad väljundis väärtust "1". Allpool toodud tabelites on kirjeldatud järgnevad funktsioonid:

Tabel 5. Y1 tõeväärtustabel

i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	RS1	Q1
S1	S2	S3	S4	B1	B2	B3	RS1	Y1
0	0	0	1	1	0	1	1	1
0	0	0	1	1	1	1	0	1
0	0	0	1	1	1	1	1	1
0	0	1	0	1	0	0	1	1
0	0	1	0	1	1	0	0	1
0	0	1	0	1	1	0	1	1
1	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	0	0	1	1
1	0	0	0	0	0	1	0	1
1	0	0	0	0	0	1	1	1
1	0	0	0	0	1	0	0	1
1	0	0	0	0	1	0	1	1
1	0	0	0	0	1	1	0	1
1	0	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	1	0	0	0	1
1	0	0	0	1	0	0	1	1
1	0	0	0	1	0	1	0	1
1	0	0	0	1	1	0	0	1
1	0	0	0	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	1	0	1
1	0	0	0	1	1	1	1	1

Tabel 6. Y2 tõeväärtustabel

i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	RS1	Q2
S1	S2	S3	S4	B1	B2	B3	RS1	Y2
0	0	0	1	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	0	1	1

0	0	0	1	0	0	1	0	1
0	0	0	1	0	0	1	1	1
0	0	1	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	1	1
0	0	1	0	0	0	1	0	1
0	0	1	0	0	0	1	1	1
0	0	1	0	1	0	1	0	1
0	0	1	0	1	0	1	1	1
0	1	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	0	0	1	1
0	1	0	0	0	0	1	0	1
0	1	0	0	0	0	1	1	1
0	1	0	0	1	0	0	0	1
0	1	0	0	1	0	0	1	1
0	1	0	0	1	0	1	0	1
0	1	0	0	1	0	1	1	1
0	1	0	1	0	0	0	0	1
0	1	0	1	0	0	0	1	1
0	1	0	1	1	0	0	0	1
0	1	0	1	1	0	0	1	1

Järgmiseks tuleb esitada Boole'i funktsioon täieliku disjunktivse normaalkujuna. Täielik DNK (TDNK) on selline DNK, kus iga elementaar-konjunktsiooni pikkus on n. TDNK avaldamiseks muutujad kirjeldatakse inversiooniga kui selle väärtus on 0 ja ilma inversioonita kui 1. Kuna disjunktivne normaalkuju on valem, mis koosneb elementaarkonjunktsioonide disjunktisioonist, siis:

$$\begin{aligned}
Y1 &= K_1 \vee K_2 \vee K_3 \vee K_4 \vee K_5 \vee K_6 \vee K_7 \vee K_8 \vee K_9 \vee K_{10} \vee K_{11} \vee K_{12} \vee K_{13} \vee K_{14} \vee K_{15} \vee K_{16} \vee K_{17} \vee K_{18} \\
&\quad \vee K_{19} \vee K_{20} \vee K_{21} \vee K_{22} \\
&= \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3x_4x_5\bar{x}_6x_7x_8 \vee \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3x_4x_5\bar{x}_6x_7\bar{x}_8 \vee \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3x_4x_5x_6x_7x_8 \vee \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4x_5\bar{x}_6\bar{x}_7x_8 \\
&\quad \vee \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4x_5x_6\bar{x}_7\bar{x}_8 \vee \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4x_5x_6\bar{x}_7x_8 \vee x_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4\bar{x}_5\bar{x}_6\bar{x}_7\bar{x}_8 \vee x_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4\bar{x}_5\bar{x}_6\bar{x}_7x_8 \\
&\quad \vee x_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4\bar{x}_5\bar{x}_6x_7\bar{x}_8 \vee x_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4\bar{x}_5\bar{x}_6x_7x_8 \vee x_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4\bar{x}_5x_6\bar{x}_7\bar{x}_8 \vee x_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4\bar{x}_5x_6\bar{x}_7x_8 \\
&\quad \vee x_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4\bar{x}_5x_6x_7\bar{x}_8 \vee x_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4\bar{x}_5x_6x_7x_8 \vee x_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4x_5\bar{x}_6\bar{x}_7\bar{x}_8 \vee x_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4x_5\bar{x}_6\bar{x}_7x_8 \\
&\quad \vee x_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4x_5\bar{x}_6x_7\bar{x}_8 \vee x_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4x_5\bar{x}_6x_7x_8 \vee x_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4x_5x_6\bar{x}_7\bar{x}_8 \vee x_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4x_5x_6\bar{x}_7x_8 \\
&\quad \vee x_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4x_5x_6x_7\bar{x}_8 \vee x_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4x_5x_6x_7x_8
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y2 &= K_1 \vee K_2 \vee K_3 \vee K_4 \vee K_5 \vee K_6 \vee K_7 \vee K_8 \vee K_9 \vee K_{10} \vee K_{11} \vee K_{12} \vee K_{13} \vee K_{14} \vee K_{15} \vee K_{16} \vee K_{17} \vee K_{18} \\
&\quad \vee K_{19} \vee K_{20} \vee K_{21} \vee K_{22} \\
&= \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3x_4\bar{x}_5\bar{x}_6\bar{x}_7\bar{x}_8 \vee \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3x_4\bar{x}_5\bar{x}_6\bar{x}_7x_8 \vee \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3x_4\bar{x}_5\bar{x}_6x_7\bar{x}_8 \vee \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3x_4\bar{x}_5\bar{x}_6x_7x_8 \\
&\quad \vee \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4\bar{x}_5\bar{x}_6\bar{x}_7\bar{x}_8 \vee \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4\bar{x}_5\bar{x}_6\bar{x}_7x_8 \vee \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4\bar{x}_5\bar{x}_6x_7\bar{x}_8 \vee \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4\bar{x}_5\bar{x}_6x_7x_8 \\
&\quad \vee \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4x_5\bar{x}_6x_7\bar{x}_8 \vee \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4x_5\bar{x}_6x_7x_8 \vee \bar{x}_1x_2\bar{x}_3\bar{x}_4\bar{x}_5\bar{x}_6\bar{x}_7\bar{x}_8 \vee \bar{x}_1x_2\bar{x}_3\bar{x}_4\bar{x}_5\bar{x}_6\bar{x}_7x_8 \\
&\quad \vee \bar{x}_1x_2\bar{x}_3\bar{x}_4\bar{x}_5\bar{x}_6x_7\bar{x}_8 \vee \bar{x}_1x_2\bar{x}_3\bar{x}_4\bar{x}_5\bar{x}_6x_7x_8 \vee \bar{x}_1x_2\bar{x}_3\bar{x}_4x_5\bar{x}_6\bar{x}_7\bar{x}_8 \vee \bar{x}_1x_2\bar{x}_3\bar{x}_4x_5\bar{x}_6\bar{x}_7x_8 \\
&\quad \vee \bar{x}_1x_2\bar{x}_3\bar{x}_4x_5\bar{x}_6x_7\bar{x}_8 \vee \bar{x}_1x_2\bar{x}_3\bar{x}_4x_5\bar{x}_6x_7x_8 \vee \bar{x}_1x_2\bar{x}_3x_4\bar{x}_5\bar{x}_6\bar{x}_7\bar{x}_8 \vee \bar{x}_1x_2\bar{x}_3x_4\bar{x}_5\bar{x}_6\bar{x}_7x_8 \\
&\quad \vee \bar{x}_1x_2\bar{x}_3x_4x_5\bar{x}_6\bar{x}_7\bar{x}_8 \vee \bar{x}_1x_2\bar{x}_3x_4x_5\bar{x}_6\bar{x}_7x_8
\end{aligned}$$

kus

$$K - f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8)$$

Järgmise sammuna on vaja lahendada Boole'i funktsiooni minimeerimise ülesanne. See lahendatakse kas Karnaugh' kaartide [20] või Quine-McCluskey meetodi abil. Antud juhul oli kasutatud Karnaugh' kaarte. Tulemusena saab järgmise MDNK:

$$Y1 = x_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4 \vee \bar{x}_1\bar{x}_2x_3\bar{x}_4x_5x_6\bar{x}_7 \vee \bar{x}_1\bar{x}_2x_3\bar{x}_4x_5\bar{x}_7x_8 \vee \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3x_4x_5x_6x_7 \vee \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3x_4x_5x_7x_8$$

$$Y2 = \bar{x}_1x_2\bar{x}_3\bar{x}_4\bar{x}_6 \vee \bar{x}_1x_2\bar{x}_3\bar{x}_6\bar{x}_7 \vee \bar{x}_1\bar{x}_2x_3\bar{x}_4\bar{x}_5\bar{x}_6 \vee \bar{x}_1\bar{x}_2x_3\bar{x}_4\bar{x}_6x_7 \vee \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3x_4\bar{x}_5\bar{x}_6$$

Loogikaskeemi lihtsama koostamise jaoks MDNK lihtsustakse distributiivsuseaduse järgi [21]

$$\begin{aligned} Y1 &= x_1\bar{x}_2\bar{x}_3\bar{x}_4 \vee \bar{x}_1\bar{x}_2x_3\bar{x}_4x_5x_6\bar{x}_7 \vee \bar{x}_1\bar{x}_2x_3\bar{x}_4x_5\bar{x}_7x_8 \vee \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3x_4x_5x_6x_7 \vee \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3x_4x_5x_7x_8 \\ &= \bar{x}_2(x_1\bar{x}_3\bar{x}_4 \vee \bar{x}_1\bar{x}_2x_3\bar{x}_4x_5x_6\bar{x}_7 \vee \bar{x}_1x_3\bar{x}_4x_5\bar{x}_7x_8 \vee \bar{x}_1\bar{x}_3x_4x_5x_6x_7 \vee \bar{x}_1\bar{x}_3x_4x_5x_7x_8) \\ &= \bar{x}_2(x_1\bar{x}_3\bar{x}_4 \vee \bar{x}_1x_3\bar{x}_4x_5\bar{x}_7(x_6 \vee x_8) \vee \bar{x}_1\bar{x}_3x_4x_5x_7(x_6 \vee x_8)) \\ &= \bar{x}_2(x_1\bar{x}_3\bar{x}_4 \vee \bar{x}_1x_5(x_6 \vee x_8)(x_3\bar{x}_4\bar{x}_7 \vee \bar{x}_3x_4x_7)) \end{aligned}$$

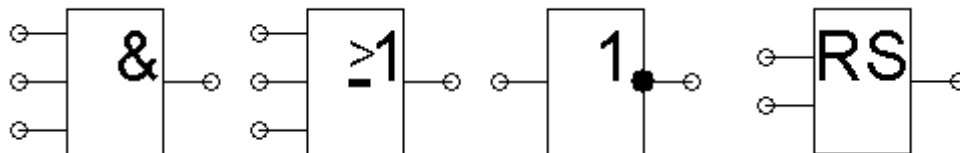
$$\begin{aligned} Y2 &= \bar{x}_1x_2\bar{x}_3\bar{x}_4\bar{x}_6 \vee \bar{x}_1x_2\bar{x}_3\bar{x}_6\bar{x}_7 \vee \bar{x}_1\bar{x}_2x_3\bar{x}_4\bar{x}_5\bar{x}_6 \vee \bar{x}_1\bar{x}_2x_3\bar{x}_4\bar{x}_6x_7 \vee \bar{x}_1\bar{x}_2\bar{x}_3x_4\bar{x}_5\bar{x}_6 \\ &= \bar{x}_1\bar{x}_6(x_2\bar{x}_3\bar{x}_4 \vee x_2\bar{x}_3\bar{x}_7) \vee \bar{x}_2(x_3\bar{x}_4\bar{x}_5 \vee x_3\bar{x}_4x_7 \vee \bar{x}_3x_4\bar{x}_5) \\ &= \bar{x}_1\bar{x}_6(x_2\bar{x}_3(\bar{x}_4 \vee \bar{x}_7)) \vee \bar{x}_2(x_3\bar{x}_4\bar{x}_5 \vee x_3\bar{x}_4x_7 \vee \bar{x}_3x_4\bar{x}_5) \end{aligned}$$

3.2.2. Loogikaskeemi koostamine

Lihtloogika funktsioonid

Skeemi realiseerimiseks oli kasutatud järgmiseid lihtloogika elemente (Joonis 35):

- NING (AND) - Väljund on kõrge ainult siis, kui kõik sisendid on kõrged [22].
- VÕI (OR) - Kui kas või üks sisenditest on kõrge, muutub ka väljund kõrgeks. Väljund on madal ainult siis, kui mitte ükski sisenditest ei ole kõrge [23].
- EI (NOT) - Inverteeriv funktsioon. Muudab oleku vastupidiseks. Kui sisend on kõrge, siis väljund läheb madalaks ja kui sisend on madal, siis väljund läheb kõrgeks [24].



Joonis 35. Vasakult paremale – NING element, VÕI element, EI element, RS triger

RS triger

RS triger (Latching relay) toimib mäluelemendina ja jätab oma väljundi oleku meelde. Sellel on kaks sisendit S ehk set ja R ehk reset. S sisend seab trigeri väljundi kõrgeks. See jääb kõrgeks seni, kuni see R sisendi kaudu madalaks seatakse. Seda on hea kasutada siis, kui mingi lühikese sisendsignaali peale peab kontrolleri väljund rakendunuks jääma kuni mingi teise lühikese sisendsignaalinii [25].

Nagu oli mainitud punktides TRS3 ja TRS4 Töörežiimid, haaratsi korraliku töö jaoks tuleb kasutada RS trigeri. Mõlemal juhul haaratsi kokku surumise ajal andurid B1 ja B3 ei muuda oma olekut, aga B2 muudab oma olekut „1“ -> „0“ (Tabel 7 ja Tabel 8).

Tabel 7. TRS3 RS trigeri tõeväärtustabel

S3	B1	B2	B3	RS1	Y1
1	1	1	0	0	1
1	1	1	0	1	1
1	1	0	0	1	1
1	1	0	0	0	0

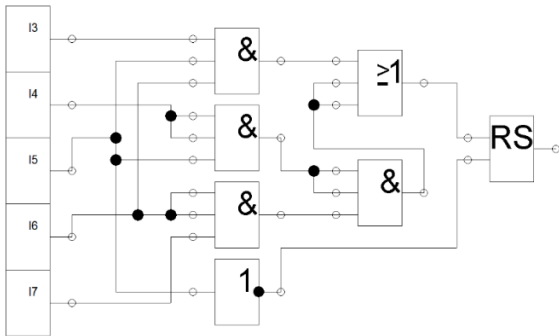
Tabel 8. TRS4 RS trigeri tõeväärtustabel

S4	B1	B2	B3	RS1	Y1
1	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1
1	1	0	1	1	1
1	1	0	1	0	0

TRS3 režiimi puhul algab kokku surumise protsess kui andurid B1 ja B2 on olekus „1“ , aga B3 on olekus „0“. Niipea kui kokku surumine algab, B2 muudab oma seisust „0“-ks, ja kokku surumine peatub. Eesmärk on, et kui kokku surumine algab, siis see peab jätkuma sõltumata B2 seisust. Lahendusena rakendatakse RS triger, mis seatakse seisust „1“, kui B1 ja B2 on olekus „1“. RS triger seatakse seisust „0“, kui B1 on „0“.

TRS4 režiimi jaoks RS trigeri töö põhimõte jääb samaks, aga kokku surumise protsess algab, kui kõik kolm andurit on olekus „1“.

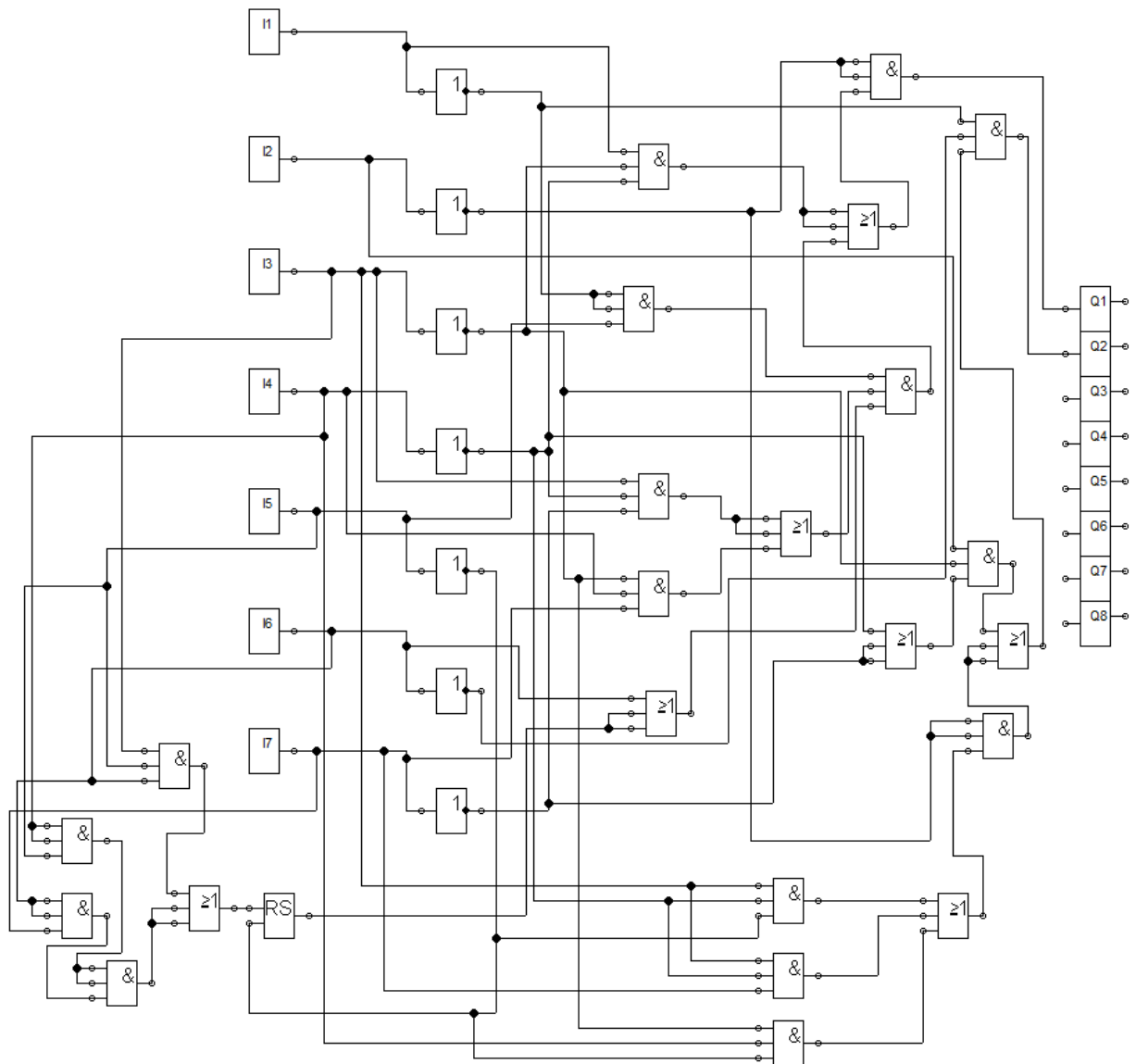
Joonis 36 on näidatud realiseeritud skeemi osa, mis seab trigeri väljundi seisust „1“ sõltuvalt töörežiimist „VÕI“ elemendi kaudu. „EI“ elemendi kaudu seatakse „0“.



Joonis 36. RS trigeri seadistuse skeem

Loogikaskeem

Tulemusena on koostatud loogikaskeem lihtsustatud MDNK Y1 ja Y2 põhjal FluidSIM keskkonnas (Joonis 37).



Joonis 37. Loogikaskeem

3.2.3. Juhtimissüsteemi komponendid

Antud peatüki eesmärk näidata, et kõik vajalikud komponendid juhtimissüsteemi kokku panemise jaoks on realselt leitavad ja soetatavad. Näidisenä on võetud üks variant igast kategooriast ja on toodud selle nimi.

Nupud

Elektriskeemi järgi (Joonis 30) TRS1 ja TRS2 režiimide sisselülituse jaoks oli valitud surunupud (Joonis 38) ilma fikseeringuta, mudelid numbritega XB7NW33B1 (roheline) ja XB7NW34B1 (punane) Schneider-electric tootekataloogist Harmony® XB7 seeriast. TRS3 ja TRS4 režiimide sisselülituse jaoks oli valitud surunupud fikseeringuga, mudelid numbritega XB7NJ05B1 (kollane) ja XB7NJ06B1 (sinine) samast seeriast. Kõik lülitid töötavad 24 V DC pingega [26].



Joonis 38. Vasakult paremale – S1, S2, S3, S4 nupud.

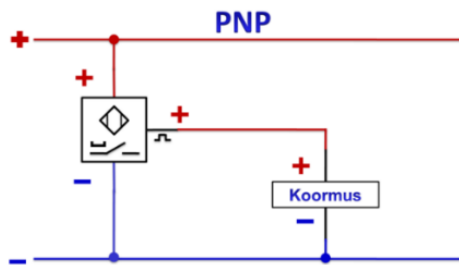
Mugava kasutamise jaoks saab nupud asetada nupukarpi (Joonis 39).



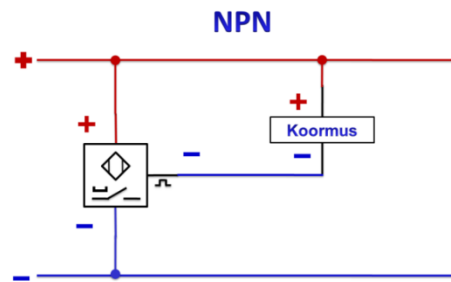
Joonis 39. Nupukarpi illustreeriv pilt

Andurid

Elektronsete andurite puhul on oluline pöörata tähelepanu sellele, mis tüüpi peavad olema andurid, kas PNP (Joonis 40) või NPN (Joonis 41) tüüpi ja valida vastavalt kasutatavale elektriskeemile. Elektriskeemi järgi (Joonis 30) B1, B2 ja B3 on PNP tüüpi andurid.



Joonis 40. PNP tüüpi andur



Joonis 41. NPN tüüpi andur

Induktiivandurid B1 ja B3 – variandina oli valitud Contrinex DW-AD-513-M30 (Joonis 42) [27], sest tunnistuskaugus mõlemal juhul peab olema vahemikus 10-40 mm.



- Tunnistuskaugus: 40 mm
- Väljundi tüüp: NO
- Polaarsus: PNP
- Toitepinge: 10 ... 30 VDC

Joonis 42. Induktiivandur

Magnetandur B2 – Baluff BMF BMF 305K-PS-C-2-SA5-S49-00,2 (Joonis 43) [28]. Andur paigaldatakse silindri peale nurksulg nurkade ja kinnitusklambrite abil.



- Väljundi tüüp: NO
- Polaarsus: PNP
- Toitepinge: 10 ... 30 VDC

Joonis 43. Magnetandur

Kontroller

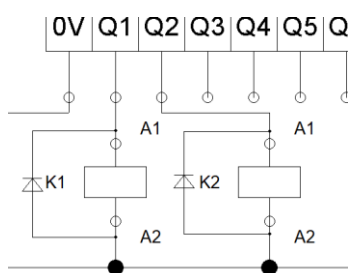
Kogu süsteemi tööks kasutakse kompaktselt programmeeritavat releed (PLR) EASY-E4-DC-12TCX1 Eatonist (Joonis 44) [29].



Joonis 44. PLR EASY-E4-DC-12TCX1

PLR-i kasutatakse lihtsamates rakendustes, kus on vähe sisendeid (nt. andurid ja nupud), vähe väljundeid (täiturid) ja lihtne programm. PLR programmi loomiseks on lubatud kasutada erinevaid programmeerimiskeeli, aga selle töö jaoks oli valitud loogikaskeem (FBD) (Joonis 37). Eatoni tarkvara kasutades laetakse arvuti kaudu loogikaskeem releesse.

Kuna oli valitud mudel transistor väljunditega, siis Joonis 30 on vaja lisada 2 diodi, et kaitsta transistorit ülekoormuste eest (Joonis 45).



Joonis 45. Diodi paigaldamise skeem

Toiteplokk

Toiteploki valimiseks on juba teada, et kõik valitud komponendid töötavad 24 voldise alalisvooluga. On jäänud leida kogu vajaminev vool süsteemis, selle jaoks summeeritakse kõikide elementide vool [30] – anduris 3tk – 0,2 A, nupud 4tk – 0,03 A, suunaventiili mähised – 0,5 A, releed 2tk – 0,5 A, PLC – 0,5 A ja kokku tuleb 2,22 A. Toiteploki sobiv mudel on PSL60E24RP [31], mille väljundvool on 2,5 A ja väljundpinge 24 VDC (Joonis 46).



Joonis 46. Toiteplokk PSL60E24RP

4. KASU ÜLEVAADE

Kasu ülevaateks vaadatakse kolme tegurit:

1. ühe detaili töötlemise maksumus tööandjale. Arvutamiseks kasutatakse ettevalmistuse operaatori töötunni tööandja kulu, mis on 9,78€³;
2. oodatav kulu kuus. Käesolevast firma statistikast on teada, et keskmiselt töödeldakse umbes 180 detaili kuu jooksul;
3. potentsiaalselt võimalik läbilaskevõime.

4.1. Olemasoleva tööprotsessi ülevaade ja hinnang

Praegune protsess eeldab, et detailid paigaldatakse hoiukohast saepinnale kraanat ja stroope kasutades, kuna torude ja varraste mass ei võimalda neid käsitsi paigaldada. Kraanat ja stroope kasutatakse ka teiste ülesannete jaoks ja teistes tsehhi alades. Kirjeldatud tööprotsessi jaoks on kraana ja stroopid kättesaadavad keskmiselt neli tundi päevas. Ühe detaili paigaldus saepinnale stroopidega võtab umbes 7 minutit.

1. Ühe detaili töötlemise maksumus tööandjale on $\frac{9,78 \cdot 7}{60} = 1,12$ €.
2. Oodatav kulu kuus on $180 \cdot 1,12 = 201,6$ €
3. Potentsiaalselt võimalik läbilaskevõime on $\frac{4 \cdot 60}{7} = 34,29 \approx 34$ detaili päevas.

4.2. Parandatud tööprotsessi ülevaade ja hinnang

Robot on süsteemi jaoks kättesaadav üheksa kuud aastas ja kaheksa tundi päevas. Lihtsustamiseks arvestame, et süsteem on kättesaadav terve aasta vaid kuus tundi päevas. Süsteem peab võimaldama paigaldada detail saepinnale umbes kahe minutiga.

1. Ühe detaili töötlemise maksumus tööandjale on $\frac{9,78 \cdot 1,5}{60} = 0,244$ €.
2. Oodatav kulu kuus on $180 \cdot 0,244 = 43,92$ €
3. Potentsiaalselt võimalik läbilaskevõime on $\frac{6 \cdot 60}{2} = 180$ detaili päevas.

³ ametipalk.stat.ee – ettevalmistus operaator

4.3. Kasu ja tasuvus

Allpool toodud koondtabelis on välja toodud kõikide komponentide hinnad, mis on uuritud töö kirjutamise ajal. Haaratsi projekteerimise ja tootmise oletatav hind on umbes 500€, lähtudes autori töökogemusest.

Tabel 9. Komponentide hinnad

Nimetus	tk	Tootja	Mudel	I varian	II varian	Viited
Haarats	1	Monik OÜ		€ 500.00	€ 500.00	
Hüdrocilinder	1	HANSA-FLEX	HKHM01250150	€ 60.00	€ 60.00	Otseviide 1
Hüdrojaam, I variant	1	-	HPP-A380-1.5-4-10-H	€ 780.00		Otseviide 2
Hüdrojaam, II variant	1	Hydac Technology Corporation	CO2-H-B05-R-2.4-170-03-TSM		€ 1,500.00	Hydac hinnapäring
Hüdroüsteemi torustik	4x3,0m	Hydroscand	EGEFLEX 1 CO 3/8"	€ 38.08	€ 38.08	Hydroscand hinnapäring
Hüdraulika õli	20L	ADDINOL Lube Oil	HLPD 46	€ 64.80	€ 64.80	Otseviide 3
Suunaventiil	1	Hydac Technology Corporation	WK06G-01		€ 45.00	Hydac hinnapäring
Vooluventiilid	2	Hydac Technology Corporation	DRV-06	€ 81.00	€ 81.00	Hydac hinnapäring
Surunupp ilma fikseeringuta	1	Schneider Electric	XB7NW33B1	€ 7.03	€ 7.03	Otseviide 4
Surunupp ilma fikseeringuta	1	Schneider Electric	XB7NW34B1	€ 7.03	€ 7.03	Otseviide 5
Surunupp fikseeringuga	1	Schneider Electric	XB7NJ05B1	€ 11.81	€ 11.81	Otseviide 6
Surunupp fikseeringuga	1	Schneider Electric	XB7NJ06B1	€ 11.81	€ 11.81	Otseviide 7
Nupukarp	1	-	M22-I4, 4 AVA, IP67	€ 9.85	€ 9.85	Otseviide 8
Kontroller (PLR)	1	EATON ELECTRIC	EASY-E4-DC-12TCX1	€ 114.30	€ 114.30	Otseviide 9
Andur B1	1	Contrinex AG	DW-AD-513-M30	€ 73.60	€ 73.60	Otseviide 10
Andur B2	1	Balluff ApS	BMF 305K-PS-C-2-SA5-S49-00,2	€ 63.20	€ 63.20	Otseviide 11
Andur B3	1	Contrinex AG	DW-AD-513-M30	€ 73.60	€ 73.60	Otseviide 10
Toiteplokk	1	EATON ELECTRIC	PSL60E24RP	€ 104.57	€ 104.57	Otseviide 12

Süsteemi oodatud summaarne maksumus on umbes 2000€ – 2780€ sõltuvalt hüdrojaama valikust. Süsteemi tasuvus arvutatakse ainult töötaja töötundi arvestades, kuna autoril puudub informatsioon sellest, kui palju kasu toob ühe detaili töötlemine.

Oodatakse, et uus süsteem võimaldab säästa ainult tööjõu kulult $201,6 - 43,92 = 157,68$ € kuus. Seda arvestades peaks süsteem ennast ära tasuma maksimaalselt $\frac{2780}{157,68} = 17,63 \approx 18$ kuuga. Eeldatakse, et hooldusega tegeleb firma sisemine hooldusosakond, mis ei too kaasa olulist lisakulu.

Lisaks, potentsiaalselt võimalik läbilaskevõime on $\frac{180}{34} = 5,29$ korda suurem uue süsteemiga.

KOKKUVÕTE

Oletatakse, et tööstusrobot ostetakse Monik OÜ keevitustsehhi konkreetse töö jaoks, mis tavaliselt kestab mitte rohkem kui kolm kuud. Selleks, et robot ei konuta ja toob kasu, on vaja ette näidata üks variantidest et kuidas on võimalik rakendada tööstusroboti teisel ajal peamise töö peale. Ettevalmistusala oli valitud nagu uus ootuspärane töökoht ja roboti jõudsa rakendamiseks on vaja kasutada lisamooduli mingi töö sooritamiseks. Töö põhieesmärk on tööstusroboti töö kontseptsiooni leiutamine ja haaratsi ehitamine.

Esimeses peatükis oli toodud projektide statistika ja nende jaoks ostetud materjalide statistika ülevaade eelmise viie aasta kohta. Kõigist andmete mahust oli välja toodud rohkem esinevad detailid (ümartorud ja vardad diameetritega 80-100mm). Nende detailide jaoks ehitatakse töös käsitletud lisamoodul.

Töö põhiosas on kirjeldatud olemasolevad seadmed, mis praegu ettevalmistusosal kasutusel ja praegune materjalide kohaletoimetamise viis. Praeguse kohaletoimetamise viisi peamine probleem seisneb selles, et on suur aja kulu ning on piiratud ligipääs kraanale ja stropptidele. Seepärast oli lahendusena pakutud kasutusele võtta tööstusrobot lisamooduliga. Järgmiseks oli kirjeldatud antud roboti ja mooduli töö põhimõtteid. Mooduliks nimetatakse haaratsit, selle ajami ja juhtimissüsteemi tervikut.

Kolmas peatükk sisaldab lisamooduli ligemat kirjeldust, milliste eesmärkide jaoks seda kasutatakse ja millistest komponentidest see koosneb. Selgitati välja, et esemete teisaldamiseks, diameetritega 80-100mm, tuleb kasutada haaratsit. Järgmiste arvutuste tegemise jaoks oli valitud haaratsi kinemaatilist skeemi. Samuti oli pakutud ostmiseks ja rajamiseks võimalikud komponentide variandid.

Neljas peatükk käsitleb haaratsi juhtimissüsteemi loomist. Esiteks oli koostatud haaratsi ajami elektriskeem. Elektriskeem koosneb 4 nupust (iga nupp vastutab oma režiimi eest), 3 andurist ja kontrolleri, kuhu kirjutatakse sisse tööprogramm. Tõeväärtustabeli baasil oli läbimõeldud haaratsi käitumise tööloogika ja pärast seda oli koostatud, FBD programmikeele kasutades, loogikaskeem. Elektriskeem koos loogikaskeemiga oli testitud FluidSIM keskkonnas. Lõpus oli pakutud ostmiseks ja rajamiseks võimalikud juhtimiskomponentide variandid.

Viimases peatükis oli käsitletud lisamooduli orienteeruv maksumus lõputöö kirjutamise hetkel. Samuti oli kalkuleeritud lisamooduli ligikaudne tasuvuse aeg (v.a mooduli hoolduse kulud) ja saadi rahuldatavad tulemused.

Selles töös kasutatakse väikse vahemiku detailide jaoks haaratsit. Mooduli produktiivsemaks kasutamiseks võib kaaluda võimalust parendada haaratsi ehitist. Teisaldatavate detailide vahemiku laiendamiseks saaks projekteerida haaratsile kiiresti asendatavad sõrmed, aga hüdroajam juhtimissüsteemiga jääb samaks. Selle jaoks oli lõputöös valitud hüdrojaamad varuga. Samuti sellel tööel ei ole pööratud piisavalt tähelepanu detailide hoiukohale. Autor arvab, et hoiukoha projekteerimine annab võimaluse saavutada detailide teisaldamisel paremad ajanäitajad.

Kokkuvõttes saab öelda, et lisamooduli loomine ja kasutamine on otstarbekas ning toob firmale kasu pikemas perspektiivis.

SUMMARY

Monik OÜ is considering to buy an industrial robot for a highly specialized operations in a welding shop. However, this kind of work is conducted not more than three months in a year. The company has requested to analyze and propose a strategy of how the robot can be beneficial for the company while there is no work in the welding shop. Preparation shop was selected as an anticipated location for the robot, where it would facilitate a saw-machine loading. The purpose of this work is to invent the concept of the corresponding process and to build a hydraulic-powered gripper auxiliary module for the industrial robot.

In the beginning of the work, in the first chapter, we have reviewed the statistics of the company projects as well as statistics of bought materials for the last five years. It transpired that the most common details were round pipes and rods with diameter of 80-100 mm. As a result, it was decided to specialize the gripper for this particular type of details.

The main part of the work started from the second chapter. There was described the existing equipment currently used in the preparation area and the current delivery of materials to them. The main problem with the current method of delivery is that the access to the crane with lifting straps is limited in overall, and its usage for delivery making it only worse. Thus, an industrial robot with an additional module was proposed as an alternative delivery method. The chapter ends with a description of the principle of robot and module operation. The module is a combination of a gripper, a drive and a control system.

The third chapter contains a closer description of the additional module, the goals for which it is used and the components of which it consists. It was explained, that it is necessary to use a specially designed gripper in order to move around pipes and rods with a diameter of 80-100 mm. The kinematic scheme of the gripper was chosen according to the presented calculations. Finally, possible components were offered that can be purchased and used for the module construction.

The fourth chapter is the most extensive and describes the creation process of a gripper control system. First, an electrical scheme of the gripper drive was designed. The electrical scheme consists of 4 buttons (each button is responsible for its own mode), 3 sensors and a controller where the operation program is written. Based on the truth table, the logic of the gripper behavior was well-thought-out, and then a logic diagram

was compiled using the FBD programming language. The electrical scheme with the logic diagram was tested in FluidSIM environment. In the end, possible components of the control system were offered that can be purchased and used for the system construction.

The last chapter dealt with the approximate cost of the additional module at the time of writing the thesis. The estimated payback time (excluding module maintenance costs) was also calculated and satisfactory results were obtained.

In this work, a gripper is designed for a small range of parts. To use the module more productively, the possibility of improving the gripper construction may be considered. Quickly replaceable fingers on the gripper could be designed to expand the range of movable parts, but the hydraulic drive with the control system remains the same. For this reason, the more resourceful hydraulic drive was selected. Also, not enough attention has been paid to the storage of the parts. The author believes that the proper design of the storage space offers an opportunity to achieve a better time metrics when moving parts.

In conclusion, it can be stated that the creation and utilizing of the designed additional module for the industrial robot is expedient and will benefit the company in the long run.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] „Transverse 610.440 DGH,” BOMAR, spol. s r.o., [Võrgumaterjal]. Available: <https://bomar-saws.com/products-band-saws/transverse/transverse-610-440-dgh.html>. [Kasutatud Mai 2021].
- [2] „Product specification IRB 6700,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://library.e.abb.com/public/604db00412504b4dabeb69df9fe94dd9/3HAC044265%20PS%20IRB%206700-en.pdf>. [Kasutatud Mai 2021].
- [3] Tõnu Lehtla, Margus Müür ja Tiit Rätsep, *ROBOTITEHNIKA KUTSEKOOLIDELE*, Tallinn, 2014.
- [4] Л. М. Попов, *ОБОРУДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА*, Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2001, pp. lk8; lk 12 (lisa 1, joonis 2).
- [5] *RUUKKI STEEL CATALOGUE*, 2002.
- [6] Ю. Г. Козырев, *Промышленные роботы*, Москва: МАШИНОСТРОЕНИЕ, 1988, pp. lk 182, tabel 11, joonis 4.
- [7] Е. И. Воробьев, А. В. Бабич, К. П. Жуков, С. А. Попов ja Ю. И. Семин, *Механика промышленных роботов. Основы конструирования.*, 1989, p. lk 198; lk 199 (tabel 4.2).
- [8] Я. Н. Отений ja П. В. Ольштынский, *ВЫБОР И РАСЧЕТ ЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ*, Волгоград: Политехник, 2000, pp. lk 43-44.
- [9] „Material Contact Properties Table,” [Võrgumaterjal]. Available: http://atc.sjf.stuba.sk/files/mechanika_vms_ADAMS/Contact_Table.pdf. [Kasutatud Mai 2021].
- [10] „Things Worth Knowing about Hydraulic Cylinders,” [Võrgumaterjal]. Available: https://www.roemheld-gruppe.de/fileadmin/user_upload/downloads/technische_informationen/Wissenswertes_Hydraulikzylinder_en_0212.pdf. [Kasutatud Mai 2021].
- [11] „ISO 5597:2018,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.iso.org/standard/74704.html>. [Kasutatud Mai 2021].
- [12] „Hydraulic cylinder HK HM 02 30 0150,” [Võrgumaterjal]. Available: https://shop.hansa-flex.ee/et_EE/productdatasheet/HKHM02300150. [Kasutatud Mai 2021].
- [13] „Hydraulics calculator,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.hk-hydraulik.com/en/hydraulics-calculator>. [Kasutatud Mai 2021].
- [14] „HYDAC Compact Power Unit CO2,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.hydac.com/uk-en/products/power-units/power-units/compact-power-units-co/show/Download/index.html>. [Kasutatud Mai 2021].
- [15] „HÜDRAULIKA KESKUS,” Hydroshop, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.hydroshop.ee/catalog/product/view/id/10399/s/hudraulika-keskus-380v-1-5kw-6-2l7min-180bar-10l/category/1334/>. [Kasutatud Mai 2021].
- [16] „DIRECTIONAL CONTROL VALVES CETOP 3,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.brevinfluidpower.ie/custom/public/files/ad3e-standard.pdf>. [Kasutatud Mai 2021].
- [17] „4/3 Solenoid Directional Valve,” [Võrgumaterjal]. Available: https://www.hydac.com.br/wp-content/uploads/e5152-1-01-13_wk06g-01.pdf. [Kasutatud Mai 2021].

- [18] „The needle valve with reverse flow check DRV-06,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.hydac.com/uk-en/products/valves/flow-valves/needle-valves-with-reverse-flow-check/drv-06.html>. [Kasutatud Mai 2021].
- [19] „Function Block Diagram (FBD),” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.plcademy.com/function-block-diagram-programming/>. [Kasutatud Mai 2021].
- [20] „KARNAUGH' KAARDID,” [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.diskmat.ee/itk/kaart.pdf>. [Kasutatud Mai 2021].
- [21] „Description of the Laws of Boolean Algebra,” [Võrgumaterjal]. Available: https://www.electronics-tutorials.ws/boolean/bool_6.html. [Kasutatud Mai 2021].
- [22] „Logic AND Gate,” [Võrgumaterjal]. Available: https://www.electronics-tutorials.ws/logic/logic_2.html. [Kasutatud Mai 2021].
- [23] „Logic OR Gate,” [Võrgumaterjal]. Available: https://www.electronics-tutorials.ws/logic/logic_3.html. [Kasutatud Mai 2021].
- [24] „Logic NOT Gate,” [Võrgumaterjal]. Available: https://www.electronics-tutorials.ws/logic/logic_4.html. [Kasutatud Mai 2021].
- [25] „Set-Reset (SR) flip-flop or Latch,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.electronics-tutorials.ws/sequential/conversion-of-flip-flops.html>. [Kasutatud Mai 2021].
- [26] „Harmony® XB7 Control and signaling units Ø 22, Schneider Electric Industries SAS,” [Võrgumaterjal]. Available: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=DIA5ED2120503EN.pdf&p_Doc_Ref=DIA5ED2120503EN. [Kasutatud Mai 2021].
- [27] „INDUCTIVE SENSOR DW-AD-513-M30, CONTRINEX AG Industrial Electronics,” [Võrgumaterjal]. Available: https://www.contrinex.com/wp-content/uploads/ctx_products/datasheets/DW-Ax-51x-M30.pdf. [Kasutatud Mai 2021].
- [28] „Magnetic field sensor for round cylinder BMF 305K-PS-C-2-SA5-S49-00,2,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.balluff.com/en/de/productfinder/#/ca/A0001/cg/G0105/product/F01503/variant/PV124149>. [Kasutatud Mai 2021].
- [29] „DATASHEET - EASY-E4-DC-12TCX1,” [Võrgumaterjal]. Available: https://datasheet.eaton.com/Eaton-Y7-197214-EASY-E4-DC-12TCX1-en_GB.pdf?model=197214&locale=en_GB&_It=&type=pdf. [Kasutatud Mai 2021].
- [30] „HOW TO CHOOSE A POWER SUPPLY TO THE PLC CONTROLLER,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://automationtop.com/how-to-choose-the-power-supply-to-the-plc-controller/>. [Kasutatud Mai 2021].
- [31] „Power Supply PSL60E24RP, Eaton,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.eaton.com/content/dam/eaton/products/industrialcontrols-drives-automation-sensors/power-supplies-v7-t6-ca08100008e.pdf>. [Kasutatud Mai 2021].
- [32] К.А. Украженко, Ю.В. Янчевский, А.А. Кулебякин ja А.Ю. Торопов, ЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ, 2007.
- [33] *MES0080 ÕPPEMATERJALID.*
- [34] „Otseviide 1,” [Võrgumaterjal]. Available: https://www.trabiflex.ee/et/a/hudrosilinder-kahepoolse-kaiguga-m250-seeria-50*30*150-2. [Kasutatud Mai 2021].
- [35] „Otseviide 2,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.hydroshop.ee/catalog/product/view/id/10399/s/hudraulika-keskus-380v-1-5kw-6-2l7min-180bar-10l/category/1334/>. [Kasutatud Mai 2021].

- [36] „Otseviide 3,” [Võrgumaterjal]. Available:
<https://www.autokaubad24.ee/et/tooted/hudraulika-hudroolid-masinatele-seadmetele/addinol-hlpd-46-hudraulika-oli-20l>. [Kasutatud Mai 2021].
- [37] „Otseviide 4,” [Võrgumaterjal]. Available:
<https://www.tme.eu/ee/details/xb7nw33b1/paneellulitid-standardsed-22mm/schneider-electric/>. [Kasutatud Mai 2021].
- [38] „Otseviide 5,” [Võrgumaterjal]. Available:
<https://www.tme.eu/ee/details/xb7nw34b1/paneellulitid-standardsed-22mm/schneider-electric/>. [Kasutatud Mai 2021].
- [39] „Otseviide 6,” [Võrgumaterjal]. Available:
<https://www.buerklin.com/en/ILLUM-P-B---LED---Latch--1NO---Orange---24v/p/05P3816>. [Kasutatud Mai 2021].
- [40] „Otseviide 7,” [Võrgumaterjal]. Available:
<https://www.buerklin.com/en/ILLUM-P-B---LED---Latch--1NO---Blue---24v/p/05P3819>. [Kasutatud Mai 2021].
- [41] „Otseviide 8,” [Võrgumaterjal]. Available:
<https://www.sakt.ee/et/nupukarbid/6790-m22-i4-nupukarp-4-ava-hall-ip67-4015082165390.html>. [Kasutatud Mai 2021].
- [42] „Otseviide 9,” [Võrgumaterjal]. Available:
<https://www.tme.eu/ee/details/easy-e4-dc-12tcx1/progr-releed-baasmoodulid/eaton-electric/>. [Kasutatud Mai 2021].
- [43] „Otseviide 10,” [Võrgumaterjal]. Available:
<https://www.elfadistelec.ee/et/inductive-sensor-40mm-pnp-make-contact-no-contrinex-dw-as-513-m30-002/p/13757833?q=DW-AD-513-M30&pos=1&origPos=1&origPageSize=50&track=true>. [Kasutatud Mai 2021].
- [44] „Otseviide 11,” [Võrgumaterjal]. Available:
https://www.interautomatika.eu/ee/balluff-price-list?__from_store=lt. [Kasutatud Mai 2021].
- [45] „Otseviide 12,” [Võrgumaterjal]. Available:
<https://ee.farnell.com/eaton/psl60e24rp/power-supply-ac-dc-24v-2-5a/dp/3275385?ost=psl60e24rp>. [Kasutatud Mai 2021].

LISA 1

i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	RS	Q1	Q2
S1	S2	S3	S4	B1	B2	B3	RS	Y1	Y2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
0	0	0	1	0	0	1	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	1	0	1
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0	1	0	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
0	0	0	1	1	0	1	1	1	0
0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	0	1	0	0
0	0	0	1	1	1	1	0	1	0
0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	1	0	1
0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	0	0	1	1	0	1
0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
0	0	1	0	0	1	1	0	0	0
0	0	1	0	0	1	1	1	0	0
0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0	0	1	1	0
0	0	1	0	1	0	1	0	0	1
0	0	1	0	1	0	1	1	0	1
0	0	1	0	1	1	0	0	1	0

0	0	1	0	1	1	0	1	1	0
0	0	1	0	1	1	1	0	0	0
0	0	1	0	1	1	1	1	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
0	0	1	1	0	0	1	0	0	0
0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	0	1	0	0
0	0	1	1	0	1	1	0	0	0
0	0	1	1	0	1	1	1	0	0
0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	0	0	1	0	0
0	0	1	1	1	0	1	0	0	0
0	0	1	1	1	0	1	1	0	0
0	0	1	1	1	1	0	1	0	0
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
0	1	0	0	0	0	1	1	0	1
0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
0	1	0	0	0	1	1	1	0	0
0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	0	0	1	0	1
0	1	0	0	1	0	1	0	0	1
0	1	0	0	1	0	1	1	0	1
0	1	0	0	1	1	0	0	0	0
0	1	0	0	1	1	0	1	0	0
0	1	0	0	1	1	1	1	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	0	1
0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0	1	1	0	0
0	1	0	1	0	0	1	1	0	0
0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
0	1	0	1	0	1	1	0	0	0
0	1	0	1	0	1	1	1	0	0
0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
0	1	0	1	1	0	0	1	0	1
0	1	0	1	1	0	1	1	0	0
0	1	0	1	1	1	0	0	0	0
0	1	0	1	1	1	0	0	0	0
0	1	0	1	1	1	0	1	0	0
0	1	0	1	1	1	0	0	0	0
0	1	0	1	1	1	0	1	0	0

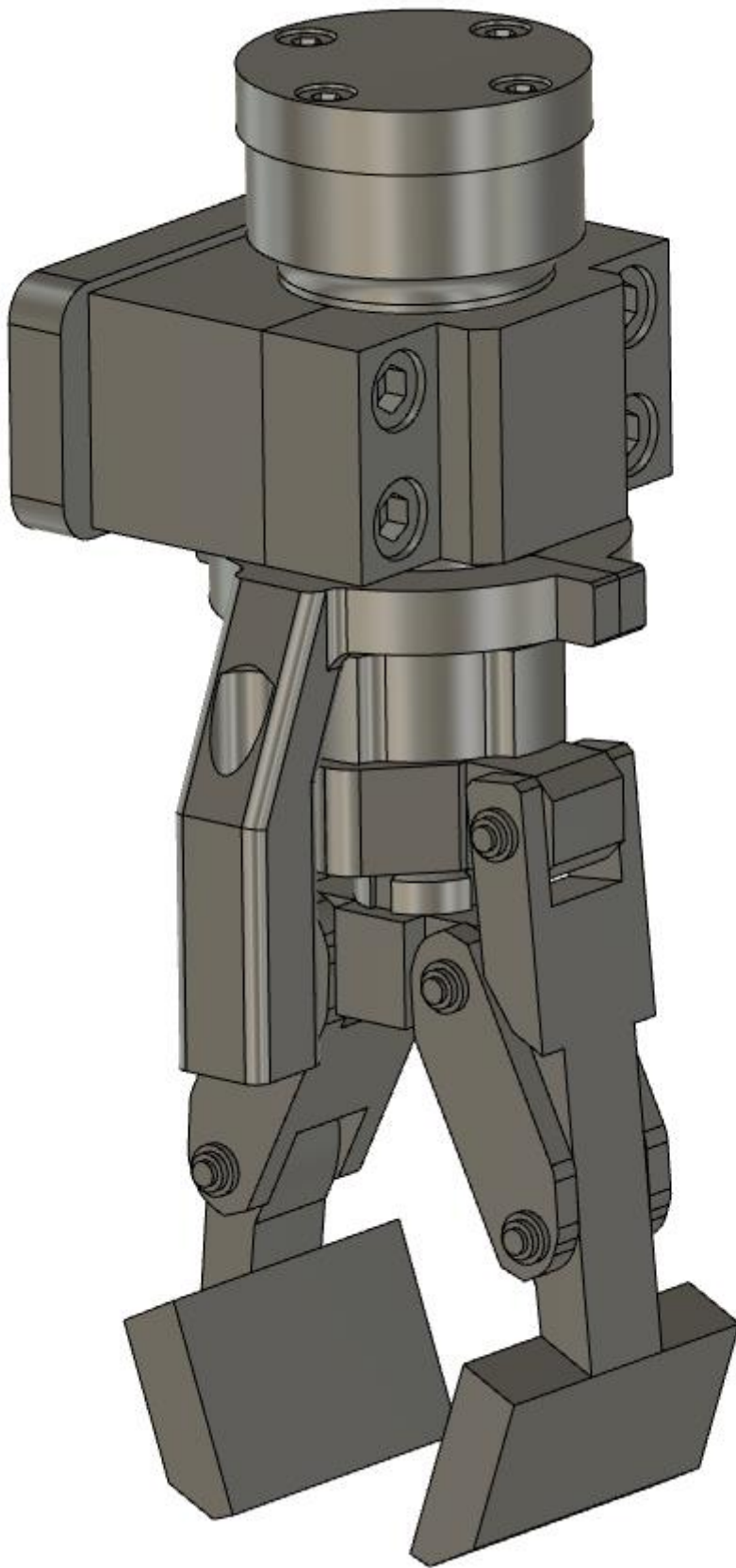
0	1	0	1	1	1	1	0	0	0
0	1	0	1	1	1	1	1	0	0
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
0	1	1	0	0	0	1	1	0	0
0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
0	1	1	0	0	1	0	1	0	0
0	1	1	0	0	1	1	0	0	0
0	1	1	0	0	1	1	1	0	0
0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	0	1	0	0	1	0	0
0	1	1	0	1	0	1	1	0	0
0	1	1	0	1	1	0	0	0	0
0	1	1	0	1	1	1	0	0	0
0	1	1	0	1	1	1	1	0	0
0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0	1	0	0
0	1	1	1	0	1	0	0	0	0
0	1	1	1	0	1	0	1	0	0
0	1	1	1	0	1	1	0	0	0
0	1	1	1	0	1	1	1	0	0
0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	0	0	1	0	0
0	1	1	1	1	0	1	0	0	0
0	1	1	1	1	0	1	1	0	0
0	1	1	1	1	0	1	1	0	0
0	1	1	1	1	1	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	0	1	0	0
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0
0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	0	0	0	0	0	0	1	1	0
1	0	0	0	0	0	1	0	1	0
1	0	0	0	0	0	1	1	1	0
1	0	0	0	0	1	0	0	1	0
1	0	0	0	0	1	1	0	1	0
1	0	0	0	0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
1	0	0	0	1	0	0	1	1	0
1	0	0	0	1	0	1	0	1	0
1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
1	0	0	0	1	1	0	0	1	0
1	0	0	0	1	1	0	1	1	0
1	0	0	0	1	1	1	0	1	0

1	0	0	0	1	1	1	1	1	0
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
1	0	0	1	0	0	1	1	0	0
1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
1	0	0	1	0	1	0	1	0	0
1	0	0	1	0	1	1	0	0	0
1	0	0	1	0	1	1	1	0	0
1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	0	0	1	0	0
1	0	0	1	1	0	1	0	0	0
1	0	0	1	1	0	1	1	0	0
1	0	0	1	1	1	0	0	0	0
1	0	0	1	1	1	1	0	0	0
1	0	0	1	1	1	1	1	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
1	0	1	0	0	0	1	1	0	0
1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	0	1	1	0	0	0
1	0	1	0	0	1	1	1	0	0
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
1	0	1	0	0	1	0	1	0	0
1	0	1	0	0	1	0	1	0	0
1	0	1	0	1	1	0	0	0	0
1	0	1	0	1	1	0	1	0	0
1	0	1	0	1	1	1	1	0	0
1	0	1	0	1	1	1	1	0	0
1	0	1	0	1	1	1	1	0	0
1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0	0	1	0	0
1	0	1	1	0	0	1	0	0	0
1	0	1	1	0	0	1	1	0	0
1	0	1	1	0	1	0	0	0	0
1	0	1	1	0	1	0	1	0	0
1	0	1	1	0	1	1	0	0	0
1	0	1	1	1	0	0	1	0	0
1	0	1	1	1	1	0	0	0	0
1	0	1	1	1	1	1	0	0	0
1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
1	0	1	1	1	1	1	1	0	0

1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
1	1	0	0	0	0	1	1	0	0
1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
1	1	0	0	0	1	1	1	0	0
1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
1	1	0	0	1	0	1	0	0	0
1	1	0	0	1	0	1	1	0	0
1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
1	1	0	0	1	1	0	1	0	0
1	1	0	0	1	1	1	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0	1	0	0
1	1	0	1	0	0	1	0	0	0
1	1	0	1	0	1	0	0	0	0
1	1	0	1	0	1	0	1	0	0
1	1	0	1	0	1	1	0	0	0
1	1	0	1	0	1	1	1	0	0
1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
1	1	0	1	1	0	0	1	0	0
1	1	0	1	1	0	1	0	0	0
1	1	0	1	1	1	0	0	0	0
1	1	0	1	1	1	1	0	0	0
1	1	0	1	1	1	1	1	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
1	1	1	0	0	0	1	1	0	0
1	1	1	0	0	1	0	0	0	0
1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
1	1	1	0	1	0	0	1	0	0
1	1	1	0	1	0	1	0	0	0
1	1	1	0	1	1	0	0	0	0
1	1	1	0	1	1	1	0	0	0
1	1	1	0	1	1	1	1	0	0
1	1	1	0	1	1	0	0	0	0
1	1	1	0	1	1	0	1	0	0
1	1	1	0	1	1	1	0	0	0
1	1	1	0	1	1	1	1	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0

1	1	1	1	0	0	0	1	0	0
1	1	1	1	0	0	1	0	0	0
1	1	1	1	0	0	1	1	0	0
1	1	1	1	0	1	0	0	0	0
1	1	1	1	0	1	0	1	0	0
1	1	1	1	0	1	1	0	0	0
1	1	1	1	0	1	1	1	0	0
1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	0	0	1	0	0
1	1	1	1	1	0	1	0	0	0
1	1	1	1	1	0	1	1	0	0
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	0	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0

GRAAFILINE OSA 1



GRAAFILINE OSA 2

