



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
MEHAANIKATEADUSKOND

Mehhatroonikainstituut
Mehhatroonikasüsteemide õppetool

MHK40LT

Sten Sinimets

Vanapaberi sorteerimisliini sorteerimismooduli projekteerimine

Bakalaureusetöö

Autor taotleb tehnikateaduste bakalaureuse akadeemilist kraadi

Tallinn

2016

AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus.

Esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Töös kasutatud kõik teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis..... juhendamisel

“.....”.....2016 a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab bakalaureusetööle esitatavatele nõuetele.

“.....”.....2016 a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....”.....2016 a.

..... allkiri

BAKALAUREUSETÖÖ ÜLESANNE

2016 aasta kevadsemester

Üliõpilane: Sten Sinimets, 104166 (nimi, kood)

Õppekava: MAHB02/09

Eriala: Mehhatroonika

Juhendaja: Nooremteadur, Märt Juurma (amet, nimi)

Konsultandid:

BAKALAUREUSETÖÖ TEEMA:

(eesti keeles) Vanapaberi sorteerimisliini sorteerimismooduli projekteerimine

(inglise keeles) Development of a sorting module for a waste paper sorting line

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1.	Töö kontseptsiooni loomine - vanapaberi sorteerimiseks erinevatesse kastidesse sobivaima tehnoloogia valimine. Turu-uuring.	08/04.2016
2.	Mehaaniliste ning pneumaatiliste komponentide analüüs ning valik. Vastavate jooniste loomine.	15.04.2016
3.	Juhtimissüsteemi elektrooniliste komponentide analüüs ning valik. Vastavate jooniste loomine.	22.04.2016
4.	Juhtimisalgoritmi loomine. Projekti kogumaksumuse hindamine.	06.05.2016
5.	Töö lõppvormistus, trükkimine ning köitmine.	16.05.2016

Lahendatavad inseneritehnilised ja majanduslikud probleemid: Töö eesmärgiks on projekteerida vanapaberi sorteerimisliinile sorteerimismoodul, korraldada selle juhtimine vastavalt jäätmevoost eraldatava materjali mõõtmetele ning see sünkroniseerida transportööri kiirusele vanapaberi tuvastusmooduliga.

Täiendavad märkused ja nõuded.

Töö keel: Eesti

Kaitsmistaotlus esitada hiljemalt 12.05.2015

Töö esitamise tähtaeg: 20.05.2016

Üliõpilane : Sten Sinimets

/allkiri/

kuupäev.....**Juhendaja** : Märt Juurma

/allkiri/ kuupäev.....

Konfidentsiaalsusnõuded ja muud ettevõttepoolsed tingimused formuleeritakse pöörde

SISUKORD

AUTORIDEKLARATSIOON.....	2
BAKALAUREUSETÖÖ ÜLESANNE.....	3
SISUKORD.....	4
EESSÕNA	6
SISSEJUHATUS	7
1.KONTSEPTSIOONI LOOMINE	8
1.1. Paberisorteerija spetsifikatsioon	8
1.2. Probleemi analüüs	8
1.3. Lahenduse valik	10
1.3.1. Harjastega konveieri pealt paberite pühkimine.....	10
1.3.2.Robotmanipulaatoriga liini pealt paberilehtede tõstmine vastavasse konteinerisse	11
1.3.3.Paberilehtede konveierlindi pealt maha puhumine	12
1.3.4. Imurseade, mida juhib klappsüsteem	12
1.3.5.Erinevate lahenduste võrdlus ja lõpliku lahenduse valik.....	13
2.KLAPPIDE SÜSTEEMI LOOMINE	14
2.1. Klappide liigi valik.....	14
2.2. Pneumaatilise silindri valik.....	16
2.3.Sensorid	17
2.4. Imurseadme valik	18
3. KONSTRUKTSIOONI LOOMINE	19
3.1. Nõuded konveierile	19

3.2.Materjali valik	20
3.3. Seadme 3D-mudeli koostamine ja tugevusarvutused	20
3.4. Raami tugevusanalüüs.....	22
4. JUHTIMISSÜSTEEMI LOOMINE	26
4.1. PLC valik.....	26
4.1.1. Tööstusliku ja mittetööstusliku mikrokontrolleri võrdlus	26
4.1.2. Nõuded PLC-le	27
4.1.3 Sobiva PLC valik	28
4.2. Pneumaatika- ja elektropneumaatikaskeemid	29
4.3.PLC Programm.....	31
KOKKUVÕTE	36
SUMMARY	37
KASUTATUD KIRJANDUS.....	38
LISAD	40
LISA 1	40

EESSÕNA

Käesoleva lõputöö teema pakkus välja Tallinna Tehnikaülikooli mehhatroonikainstituut seoses ühe vanapaberit töötleva ettevõtte sooviga vanapaberi sorteerimine automatiseerida.

Antud lõputöö valmis Mehhatroonikainstituudi nooremteadur Märt Juurma juhendamisel. Seoses spetsiifilise teemaga tuli antud lõputöö raames läbi viia palju konsultatsioone erinevate ettevõtetega uurimaks tehnoloogiaid, mida nemad kasutavad. Samuti konsulteerisin erinevate valdkondade spetsialistidega seoses aerodünaamika-alaste teadmiste puudujäägiga, uurimaks, kas tehnilist valitud kontseptsioon oleks võimaline töötama.

Konsultatsioonide puhul tooksin esile ja sooviksin tänada ettevõtet Standel OÜ, SMC Pneumatics töötajaid Ellen Parikut ja Veiko Vainküla, Eolane vaneminsener Heiko Eimanni, ettevõtet Saksa Automaatika ning Festo OÜ töötajat Hannes Villot. Samuti sooviksin tänada lõputöö juhendajat Märt Juurmat juhendamise ja mõistva suhtumise eest lõputöö vältel.

SISSEJUHATUS

Käesoleva mehhatroonika bakalaereuseõppe lõputöö eesmärgiks on projekteerida vanapaberi sorteerimisliinile sorteerimismoodul, korraldada selle juhtimine vastavalt jäätmevoost eraldatava materjali mõõtmetele ning see sünkroniseerida transportööri kiirusele vanapaberi tuvastusmooduliga. Antud töö vastu huvi tundnud ettevõtte sooviks oli sorteerida erinevaid liike vanapaberit.

Arvestades, et inimkond mõjutab maailma keskkonda üha enam ning erinevate toodete tarbimine aina kasvab, on taastötlemine jätkusuutlikuse mõistes oluline. Ameerika Ühendriikides moodustab vanapaber üle 40% prügist. Paberi tootmine nõuab palju ressursse – puitu, vett ning ka tekitab õhusaastet. USA Keskkonnakaitse Agentuuri (EPA) andmetel vanapaberi taastöötuse korral kulutatakse 35% vähem vett ja ka õhusaaste on 74% madalam võrreldes toorpaberi tootmisega. [1] Võttes arvesse neid fakte, on vabapaberi taastötlemine keskkonnale vajalik ning selle protsessi automatiseerimine suurendab töödeldud koguseid.

Maailmas leidub ettevõtteid, kes tegelevad sama eesmärgiga seadmete tootmisega, näiteks Saksa ettevõtte REDWAVE Waste GmbH samas neid on väga vähe ning nende tooted on kõrge hinnaklassist. Antud töö üheks eesmärgiks ongi luua toode, mis oleks hinnakohane ka väiksematele ettevõtetele.

Töö valmis kasutades erinevaid inseneritehnilise arvutiprogramme, eeskätt Solidworksi poolt loodud tooteid ning Autodesk Inventor 2016, samuti ka SMC inseneritarkvara pneumaatiliste analüüside ja skeemide jaoks ning EPLAN Electric P8 2016 elektriskeemi koostamiseks.

Töö on jaotatud neljaks osaks:

Esimeses osas toimub kontseptsiooni valik, kus valin välja sobivaima meetodi anud probleemi lahendamiseks.

Teises osas koostan klappüsteemi ning samuti valin välja antud süsteemile sobiva elektroonika ja lisaseadmed.

Kolmandaks osaks on konstruktsiooni loomine, mille käigus esiteks sean piirangud seadmetele, mida antud süsteemis kasutan ning selle alusel koostan konstruktsiooni ning viin läbi tugevusarvutused.

Viimases ehk neljandas osas koostan juhtimissüsteemi, valides välja mikrokontrolleri ning koostades pneumaatika-, elektropneumaatika-, ning üldise juhtimiskeemi.

1.KONTSEPTSIOONI LOOMINE

1.1. Paberisorteerija spetsifikatsioon

Selleks, et probleemi lahendada, on see vaja esiteks defineerida ning kuna antud probleemi lahenduse vastu tunneb huvi üks ettevõtte, näen isiklikult enne probleemi defineerimist vajadust ka nende soove kirjeldada.

Antud projekti sooviv ettevõtte soovib sorteerimismahtu suurendada 5 – 8 tonnini tunnis, Sealhulgas hävitatud vanapaber tuleb sorteerida lähtudes Euroopa Liidu vanapaberi sorteerimisklassidest. Veel esitas ettevõtte lihtsustatud loetelu peamistest sorteeritavatest materjalidest ning nende protsentuaalse osakaalu materjalivoos:

Kõige suurema osakaalu moodustavad järgnevad paberiliigid:

- ligikaudu 40 – 60 % valge paber;
- ligikaudu 30 – 50 % värviline segapaber
- ligikaudu 10% muu paber (ajalehed, ajakirjad)
- ligikaudu 5% muu materjal

Võttes arvesse materjalide osakaalu materjalivoo, leppisime juhendajaga kokku, et antud süsteem peab sorteerima kokku nelja erinevat liiki tooteid ehk eelpool mainitud (välja arvatud lainepapp, mis langeb viimasesse kategooriasse.

1.2. Probleemi analüüs

Antud töö eesmärgiks on luua süsteem, mis on võimeline vanapaberit sorteerima maksimaalse kiirusega, mis ettevõtte soovide kohaselt peaks olema vähemalt 3 tonni tunnis. Kuna töö toimub konveieril on kolm põhilist võimalust antud eesmärgi täitmiseks.

- Paigaldada mitu erinevat liini
- Konveieri kiiruse suurendamine
- Konveieri lindi laiendamine

Arvestades soovitud sorteerimismahtu, arvutan välja, kui palju üksikuid paberilehti peaks antud süsteem tunnis sorteerima. A4 paberilehe mass on tavalise koopiapaberi korral 5 grammi ehk 0,005 kilogrammi [2].

On teada, et süsteem peab sorteerima 3 tonni paberilehti tunnis ning paberileht kaalub 5 grammi, seega:

$$3000 \text{ kilogrammi} : 0,005 \text{ kilogrammi} = 60\,000 \text{ paberilehte}$$

Arvutan ka, mitu paberilehte peab sorteerimismoodul iga sekund sorteerima, selleks, et teada saada, kui kiire peab konveierlint olema. Teada on, et ühes tunnis on 3600 sekundit ning vaja on sorteerida 60 000 paberilehte tunnis, seega:

$$60\,000 \text{ paberilehte} : 3600 \text{ sekundit} = 17 \text{ paberilehte sekundis}$$

Eelneva informatsiooni põhjal arvutan vajaliku konveierlindi kiiruse saavutamaks soovitud sorteerimisemahtu. Kui arvestada, et konveieril on lehed järjestikku ning A4 paberilehe mõõtmed on 210x297 millimeetrit, siis võtan eelduse, et paberilehtede maksimaalne vahe on 10 sentimeetrit ehk iga leht võtab maksimaalselt 40 sentimeetrise lõigu, sellisel juhul peab konveier iga sekund läbima:

$$40 \text{ sentimeetrit} * 17 \text{ paberilehte} = 680 \text{ sentimeetrit} = 6,8 \text{ meetrit}$$

Võttes arvesse tänapäev tööstuses kasutatavate konveieride kiirused, on antud kiirus 6,8 meetrit sekundis ebarealistlik, seega juhul, kui paberilehed liiguvad ühekaupa, tuleb kindlasti soetada mitu erinevat konveierliini, mis paralleelselt töötavad.

Üks potentsiaalseid variante oleks konveier laiemaks teha ning võtta arvesse ka olukord, kus paberilehed on paralleelselt. Juhendajaga kokkuleppeliselt võtsin eelduse, et võib kaaluda ka variante, kus on kuni 5 paberilehte kõrvuti, mille jaoks on antud ettevõttel on tehnoloogia olemas, mis üksikud lehed paralleelselt paigutab. See lubaks konveieri kiirust oluliselt vähendada.

5 paralleelse paberilehe korral oleks konveierlindi kiiruseks:

$$6,8 \text{ meetrit/sekundis} : 5 = 1,36 \text{ meetrit/sekundis}$$

1.3. Lahenduse valik

Lahenduse valikul kaalusin erinevaid variante kolme põhilise kriteeriumi alusel antud järjekorras:

- Kiirus
- Tehniline keerukus
- Hind

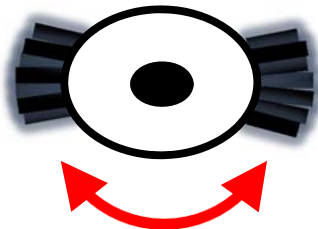
Kokkuvõttes tõstaksin erinevatest potentsiaalsetest variantidest neli tükki esile, mida järgnevalt ka võrdlen.

1.3.1. Harjastega konveieri pealt paberite pühkimine

Antud lahenduse korral oleks konveieri kohale paigutatud pikuti võll, millele külge kinnitatud harjased. Harjased oleksid paigutatud teatava vahega, mis võimaldaks olukorras, kus vastav paberiliik tuleb, selle konveieri kõrval asuvasse konteinerisse pühkida ja vastasel olukorral selle läbi lasta. Süsteemi juhiks samm-mootor ning kuna võlli saab pöörata nii päripäeva kui vastupäeva, saaks iga võll sorteerida kaht liiki pabereid.

Antud lahenduse hinnaklass oleks kindlasti madal, kuigi antud süsteem iseloodud. Materjali ja seadmete kulud oleksid võrreldes teiste potentsiaalsete lahendustega madalamad. Isiklike kogemuste põhjal insenertehniliste probleemide kokkupuutest hindan ka antud süsteemi loomist keerukusastme poolest lihtsamaks võrreldes teiste lahendustega.

Käesoleva lahenduse tugevaks nõrkuseks oleks see, et see ei luba suuri töökiiruseid ning sorteerimismaht oleks suhteliselt madal. Mitut lehte paralleelselt paigutada ei saaks ning kuna konveierlindi liikumiskiirusel on tehniliselt piirang ees, jääb sorteerimismaht liiga madalaks, mistõttu majanduslikult ei oleks antud seade kasumlik.



Sele 1.1.

1.3.2. Robotmanipulaatoriga liini pealt paberilehtede tõstmine vastavasse konteinerisse

Antud lahenduse korral oleks robotmanipulaatori külge kinnitatud haarats. Juhul kui õige paberileht tuleb, toimuks esmalt horisontaalne liikumine paberi kohale, seejärel vertikaalne alla ja üles liikumine, mille käigus haaratakse paberileht ja viiakse vastavasse konteinerisse.

Haaratsiks sobiks vaakumhaarats (nt. *Floating suction pads* , mis on spetsiaalsed pneumaatilised haaratsid integreeritud vaakumgeneraatoriga ning töötavad Bernoulli'i printsiibi alusel [3] Lähitulevikus on võimalik luua õhukeste kiletaoliste dielektriliste materjalide (näiteks paber) haaramiseks elektrostaatilisi haaratseid. [4]



Sele 1.2. [5]

Olles kokku puutunud äärmiselt kiirete tööstuslike robotitega tehastes, võin väita, et kiiruse poolt antud hetkel kindlasti probleemi ei tekiks, kuna robotmanipulaatorid on võimelised töötama suurtel kiirustel. Samas ka hinnaklass võib kiiruse kasvamisel osutada kõrgeks, arvestades mis kiirustel peaks robotmanipulaatorid toimetama paberilehti vastavasse konteinerisse.

Juhul, kui oleks mitu lehekülge paralleelselt võib tehniliselt lahendus keeruliseks muutuda, eriti olukorras, kus mitu sama liiki paberilehte tulevad kõrvuti. Kasutades, enam kui ühte manipulaatorid kasvab jälle projekti maksumus.

1.3.3. Paberilehtede konveierlindi pealt maha puhumine

Käesoleva lahenduse korral oleks konveieri teatud liiki puhur, mis õige paberilehe tulemise korral selle konveierlindi pealt teisel poole asuvasse konteinerisse puhuks.

Antud olukorras oleks eeliseks kindlasti hind, kuna ainus lisaseade, mida vaja läheb on puhur. Ka keerukuselt antud lahendus ei oleks kõige keerulisem, juhul kui lehed tulevad ühekaupa. Samas tuleks tagada, et lehtede vahel oleks piisav vahe vältimaks järgneva lehe mõjutamist õhuvoolu poolt. Juhul, kui paberid oleks paralleelsed ei oleks antud lahendus sobilik.

Antud lahenduse probleemiks oleks taaskord kiirus, kuna paberilehtede vahe konveierlindi peal peab olema suurem võrreldes teiste lahendustega. Samuti konveierlindi kiirus peaks olema madalam, kuna suurema kiiruse korral õhuvool võib mõjutada järgnevaid paberilehti.

1.3.4. Imurseade, mida juhib klappsüsteem

Antud lahenduse korral oleks liini kõrvale paigaldatud 3 imurseadet, mis imavad korraga 5 punktist liini peal. Voolikute otstesse ei paigutatud klappsüsteem, mis juhul, kui paberileht tuleb, avab vastava klapi ning vanapaber tõmmatakse õhuvooluga sisse. Juhul, kui klapp avane liigub paberileht järgneva imurseadme juurde, mis avab vastaval positsioonil avava klapi juhul, kui paberiliik on sellele seadmele vastav. Kui kolmandale vanapaber ei vasta, liigub leht konveieri lõpus asuvasse konteinerisse.

Antud süsteemi kõige suuremaks eeliseks on see, et paberilehed võivad olla paralleelselt, mis võrreldes teistega võimaldab see lahendus kuni 5 korda suuremat sorteerimismahtu.

Ka tehniliselt pole antud lahendust keerukas, kuigi eeldab aerodünaamika-alaseid teadmisi.

Antud lahenduse nõrkuseks on hind, kuna tööstuslikud imurseadmed on kõrgest hinnaklassist.

1.3.5. Erinevate lahenduste võrdlus ja lõpliku lahenduse valik

Iga lahendus antud variantidest oleks võimeline sooritama antud ülesannet, samas erineva kiirusega. Kuna kiirus on antud olukorras kõige suurem faktor seoses majanduslike efektiivsusega on ainus võimalus maksimaalse kiiruse saavutamiseks paralleelsete paberilehtede sorteerimine.

Antud variant on võimalik ainult imurseadme ning robotmanipulaatori puhul, samas robotmanipulaatori korral võib sorteerimisel tekkida tugevaid tehnilisi probleeme, mistõttu langeb valik imurseadme kasuks, mida on lihtsam koostada ning mille puhul saavutatakse soovitud sorteeritud paberilehtede maht.

Antud variandi puhul on hind tunduvalt kõrgem võrreldes teiste lahenduse, samas võrreldes teiste vanapaberit sorteerivate tööstusseadmetega on antud lahenduse maksumus suure tõenäosusega tunduvalt madalam

2.KLAPPIDE SÜSTEEMI LOOMINE

2.1. Klappide liigi valik

Selleks, et süsteem õigel kiirusel töotaks peab klapp olema võimeline avanema ja sulguma vähemalt kaks korda sekundis, mistõttu võib tavalise klapi puhul tekkida kiirusega probleeme.

Samuti tuleb arvestada, et kogu aeg peab imurseades voolikutes tõmme säilima, kuna vastasel korral ei jõua see paberit sisse tõmmata enne, kui klapp sulgub. Seetõttu peaks klapp paiknema veidi eemal õhutõmbevoolikust, et konstantselt, isegi olukorras, kus klapp on suletud, tõmme säiliks.

Pneumaatiliste klappide puhul kujuneb probleem kiiruses. Ei ettevõtetes SMC-s ega ka Festos ei olnud piisavalt kiirelt avanevaid klappe, samuti hinnaklass oli kõrge.

Kõige ideaalsem variant peituks siibrites, mida liigutaks pneumaatilisi silindrid. Erinevates poodides otsides ei leidnud sobivate mõõtmete ja massiga siibrit, mistõttu otsustasin, et siiber tuleb ise luua.

Nendel põhjustel otsustasin kasutada pneumaatilisi silindreid, mille külge on kinnitatud terasplaadid terasest S355. Terasplaat sai valitud seetõttu, et konstantne imurseadme poolt tekitatud õhutõmme tekitab lisahõõrdumist ning võib hapramaid materjale kahjustada. Sellisel juhul paberi tulemisel saadab PLC (Programmeeritav loogikakontroller) õigeaegselt elektriliselt juhitavale suunaventiilile signaali ning silinder tõmbab terasplaadi eest. Silinder on paigaldatud õhku tõmbavast avausest veidi madalamal, mis lubab õhutõmbe voolikus kogu aeg säilitada.

Selleks, et terasplaat ei tekitaks silindrile lisapingeid ning oleks väiksema painde all, tuleks luua sooned, mille sees see liiguks, paigaldades õhuvoolikuid kandva aluse alla vaheseinad, mille sees need on. Vaheseinad aitaksid ka vähendada potentsiaalset õhutõmbe mõju kõrvalpositsioonidel asetsevatele paberilehtedele. Terasplaat kinnitatakse liiguks soones horisontaalselt ning on silindri külge kinnitatud

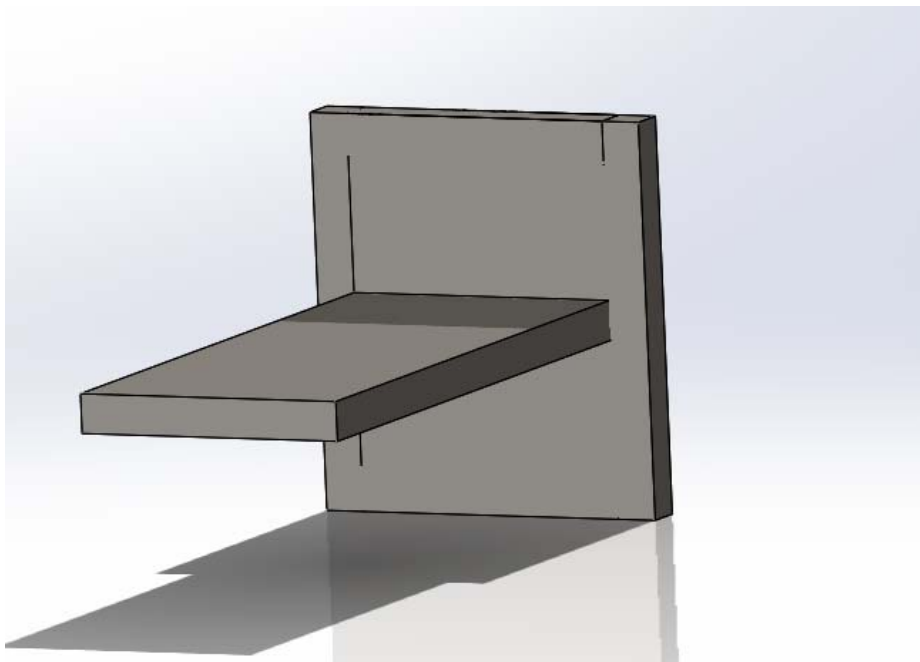
Mõõtmete valikul lähtun teadmistest, et tuleb katta 4 sentimeetri läbimõõduga avaus. Samuti võtan eesmärgiks tagada, et konstantne õhutõmme ei mõjutaks teisi paberilehti peale sissetõmmatava.

Terasplaadi pikkuse valikul otsustasin valida pikema terasplaadi tagamaks, et see püsib soonte vahel ning ei toetu liialt lühikesele piirkonnale vaheseintes. Samuti võtsin arvesse, et õhuvool võib mõjutada järgnevaid paberilehti. Seetõttu valin pikkuses 17 sentimeetrit.

Terasplaadi laiuseks valin 7 cm. Sellisel juhul on avaus kaetud ning terasplaat mahub kummaltki poolt 1 cm soone sisse. Samuti jääb avausel vaheseintest kummaltki poolt 0,5 sentimeetrit ruumi. Terasplaadi paksuse puhul tegin otsuse võttes arvesse, et terasplaat kannatab konstantse tugeva õhutõmbe all. Kuna raske on hinnata, kuidas õhutõmme võib terase omadusi pikas perspektiivis mõjutada, otsustasin valida terasplaadi paksuseks 1 sentimeetrit.

Seega on terasplaadi mõõtmeteks 17x7x1 sentimeetrit. Antud mõõtmed oleks minu hinnangul piisavad sest, et avaus oleks kaetud ning terasplaat oleks kogu aeg soonte vahel.

Antud siibri kinnitan vertikaalse plaadi külge, mis omakorda on silindri külge kinnitatud kahvelkinnitusega, mille valisin välja SMC kataloogist väljavalitud silindrile vastava mudeli põhjal.



Sele 2.1.

2.2. Pneumaatilise silindri valik

Pneumaatilise silindri valikuks kasutasin programmi SMC Pneumatic Model Selection Versioon 4.0, milles viisin simulatsioone, kas väljavalitud silinder on võimeline teatud raskust õigel kiirusel liigutama.

Kuna on teada lükatava plaadi mõõtmed 17 x7 x1 sentimeeter. Teades, et terase S355 tihedus on 7850 kg/m^3 , siis on võimalik arvutada antud plaadi mass, teades valemit, mis massi, tiheduse ja ruumala omavahel seob.

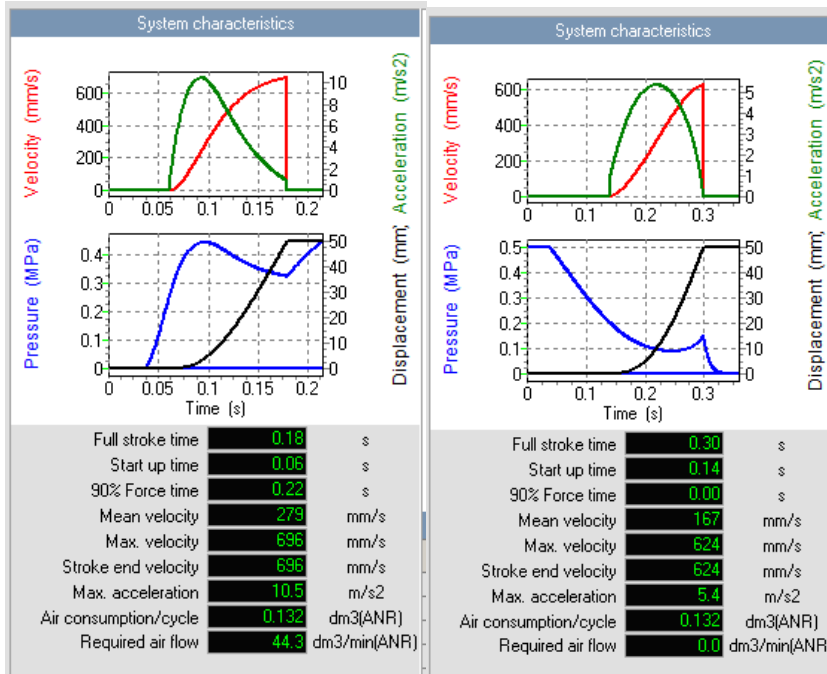
Arvutan terasplaadi massi:

$$M = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,17 \times 0,07 \times 0,01 \text{m} = 0,930 \text{ kg}$$

Teadka on ka, et käigu pikkuseks on 7 cm ja silinder peab tegema sekundis liikumise mõlemas suunas sekundiga, seega soovitud kiirus on 14 cm/s.

Arvestades, et eksisteerib teatav hõõrdejõud nii soones liikumise kui ka tõmbava õhuvoolu poolt, valin massiks, mida liigutada on vaja 2 kg.

.Teades antud andmeid, teen simulatsiooni eelnevalt mainitud programmis:



Sele 2.2.

Simulatsioonid näitavad, et antud silinder täidab eesmärgi nii pluss kui ka miinusliikumisel (full stroke time + Start up Time) ehk terve liikumine toimub vähem kui sekundi vältel, seega valin antud silindri CD85N12-S-B, mida müüb SMC Pneumatics.



Sele 2.3.

2.3.Sensorid

Esiteks on vaja tagada pneumosilindrite korrektne töö. Võimalikest probleemidest võib esile tuua kaks varianti:

- Klapp jääb suletuks, mis tähendab, et pneumosilindri liikumine jäi ära. Selle tulemusel kõik vastavat liiki paberilehed lähevad liini lõpus olevasse konteinerisse. Antud olukorras jääb üksiku paberilehe liigi sorteerimine ära.
- Klapp jääb avatuks, mis tähendab, et kõik paberilehed lähevad samasse konteinerisse olenemata nende liigist. Sellises olukorras jääb kõikide

Vastava sensori valisin välja ettevõtte Balluff kataloogist arvestades, et sensor oleks sobilik väljavalitud silindrile CD85[6].



Sele 2.4. [7]

Teiseks otsustasin tagada, et kõik paberilehed jõuaksid vastavasse konteinerisse ning, et ummistust ei tekiks voolikutes, kus õhutõmme toimub.

Antud olukorras, oleks kõige efektiivsem kasutada saatja-vastuvõtja IR-sensorit. Kuna paberilehtedel pole magnetilisi omadusi, siis jäävad magnetiliste omaduste korra töötavad sensorid välja. Analoogselt oleks võimalik kasutada ka mahtuvussensorit, samas hinnaklassi poolest on mahtuvussensorid kallimad.

2.4. Imurseadme valik

Imurseadme valikul näen kõige olulisema faktorina võimalust testida reaalse seadme peal seoses paberilehtede omadustega. Arvutuslik on äärmiselt keeruline hinnata, kui tugev peab tõmme oleme tagamaks, et paberileht sisse tõmmataks.

Paberilehed on äärmiselt kerge massiga, mistõttu suurel kiirusel liikudes tekib oht lendlemiseks. Lendlemise vältimiseks oleks vajalik kasutada, kas spetsiaalset konveierit, õhukardinat või mõnda muud sarnast meetodit. Seetõttu on keeruline hinnata vajalikku tõmmet, mis oleks võimeline paberilehe sisse imama.

Samuti tekib probleem paberilehe kortsumisega. Kuna toru läbimõõt on katab ainult väikese osa paberilehe pindalast, siis sisse imamisel tõmbub paberileht kortsu. Kuna kõik paberilehed paiknevad erinevatel positsioonidel on äärmiselt keeruline, kui mitte võimatu, ette ennustada, kui tugevat hõõrdumist tekitab paberileht torusiseselt. Seetõttu peab tõmme olema tunduvalt tugevam. Samuti tekib oht paberilehe purunemiseks, juhul kui tõmme on liiga tugev.

Eelpool mainitud põhjustel ei vali isiklikult imurseadet välja, kuna arvutuslikul meetodil ei näe võimalikuna arvesse võtta kõiki vajalikke faktoreid, mis seoses paberi omadustega on ettearvamatud. Antud olukorras oleks vajalik seadme katsetamine kõige kindlam viis tagamaks, et probleemi ei teki. Paraku Eestis olevates ettevõtetes ei ole antud seadmeid kohal ning katse läbiviimine peaks toimuma mõnes muus riigis, kus on seadmed kohapeal olemas.

3. KONSTRUKTSIOONI LOOMINE

3.1. Nõuded konveierile

Dimensioneerimaks konstruktsiooni, on esiteks vaja välja valida sobiv konveier.

Konveierlindi kiirus peaks olema minimaalselt 1,4 meetrit sekundis, kui võtta arvesse, et eelnevalt arvatud kiirus 6,8 meetrit sekundis kehtib leheküljet liiguvad ühekaupa, nüüd aga liiguvad viiekaupa ehk vajalik kiirus on 5 korda väiksem.

CCOHS (Canadian Centre of Occupational Health and Safety) alusel [8] peab konveri kõrgus olema kerge töö puhul 95-120 sentimeetrit kõrgusel ehk 5-10 sentimeetrit üle töötaja õlakõrguse. Kuna antud hetkel liin on täielikult automatiseeritud, siis valin kõrguseks 95 sentimeetrit. Sellisel juhul saab konstruktsiooni kõrguseks olema täpselt 100 sentimeetrit ehk 1 meeter. Antud kõrguse korral on tagatud, et ka kõrgemad esemed liini pealt läbi lähevad ning konstruktsioon ei saa takistavaks. Samuti on 5 sentimeetrine vahemaa piisav, et imurseade oleks võimeline imama sisse paberist lehe.

Konveierlindi laius peaks olema minimaalselt 1,75 meetrit juhul, kui võtta arvesse, et 5 lehekülge paiknevad paralleelselt. A4 lehtede võtab iga lehekülge maksimaalselt 29,7 sentimeetrit ruumi ning kuna need ei paikne täpselt kõrvuti võtsin 5 sentimeetrise varu, et igäüks võib maksimaalselt 35 sentimeetrit. Kõige levinumad konveierite laiused, mis sobiks ettenähtud laiusega 1800 millimeetrit, on 2000 millimeetrit ning 2200 millimeetrit. Kuna paberilehed võivad olla teatud nurga all, valin lindi laiuseks 2000 millimeetrit. Kui arvesse võtta ka konveieri laius, siis vältimaks, et seadme konstruktsioon ei oleks liiga konveieri vastas, jätan 10 sentimeetrit lisaruumi kummaltki poolt. Sellisel juhul saab konstruktsiooni laiuseks olema 2200 millimeetrit ehk 2,2 meetrit ning on tagatud, et konveier mahub konstruktsiooni vahele.

Kuna paberilehed on kerged ning kiirus, millega konveierlint liigub, on üle 1,4 meetri sekundis tuleb arvesse võtta, et probleeme võib tekitada paberilehtede lendlemisega. Seetõttu võib tavakonveier mitesobilik ning võib olla vajalik kasutada lisameetmeid probleemi vältimiseks.

3.2. Materjali valik

Konstruksiooni jaoks materjalide valikul kaalusin erinevaid variante. Kuna imurseadet ei ole välja valitud ning ei ole teada, kuidas ettevõtte otsustab voolikud paigutada, tuli arvestada, et kandev osa peab olema piisavalt kõrgete tugevusnäitajatega. Samuti tuli arvesse võtta, et konstantne õhuvool võib tekitada teatavat vibratsiooni, mis võib pikas perspektiivis materjale hapramaks muuta. Antud tingimusi arvesse võttes ning samuti arvestades töötlemise lihtsust, materjali kättesaadavust ning mugavust erinevate osade tellimisel, otsustasin kõik konstruktsiooni osad teha terasest.

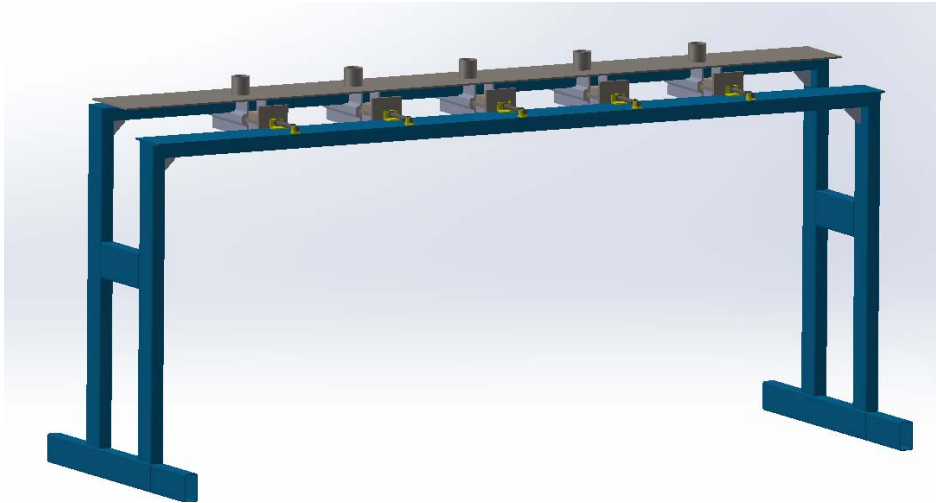
Terase valikul kaalusin eeskätt kättesaadavust. Kokkuvõttes valisin terase S355 kuna terase voolepiir 355 MPa on piisavalt kõrge tagamaks konstruktsiooni vastupidavus. Kuna kõik konstruktsiooni elemendid on samast materjalist on need võimalik tellida samast kauplusest, mis säästab ka aega. Näitena kauplusest, kus valmiskujul on võimalik kõik konstruktsioonis kasutatavad elemendid tellida, võib esile tuua Ruukki.

Tabel 3.1. [10]

Terase liik	S355
Terase tihedus	7850 kg/m ³
Terase voolavuspiir	355 MPa
Terase tõmbetugevus	510 MPa
Terase nihketugevus	205 MPa

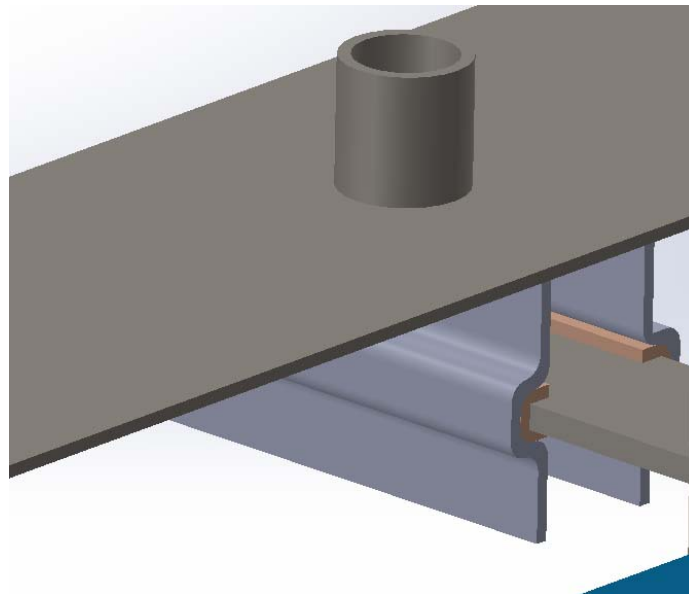
3.3. Seadme 3D-mudeli koostamine ja tugevusarvutused.

Raami konstrueerimise puhul said olulisteks teguriks praktilisus, lihtne hooldatavus, valmistamise lihtsus (sh hind) ning vastupidavus. Raami põhja valmistamiseks kasutasin standardprofiile KKR 80x40x3. Katsetasin tugevusarvutustel ka INP240 profiili, samas tugevusaarvutuste põhjal oli KKR tugevam, samuti ka esteetilisest vaatenurgast näeb konstruktsioon parem välja. Samuti kasutasin seadme tugevuse tagamiseks, toetusribe laiusega 5 millimeetriks. Nii talade kui ka toetusribide materjaliks valisin eelnevas alapeatükis välja valitud materjali S355.



Sele 3.1.

Profiilide liitmine toimib kasutades MIG-MAG keevitamist kasutades. Profiilide peale on asetatud lehtmetsall, kuhu on plasmaga sisselõigatud positsioneerimisavad. liigutamiseks mõeldud silindrid kinnituvad vastava toote standardkomponentidega (L-kinnitus ja kahvelkinnitus). Siiber ise libiseb vastavates soontes peal mis on asetatud painutatud lehtmetsallide vahele laiusega 5 millimeetrit. Painutatud lehtmetsalli kasutamise kasuks sai otsustatud väikese massi ja valmistamise hinna tõttu.



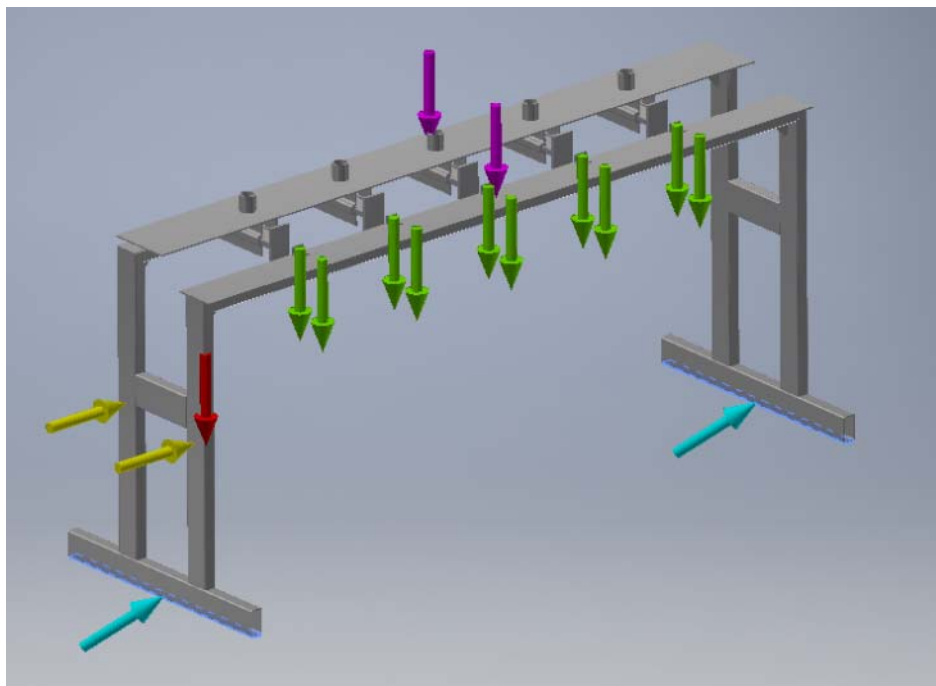
Sele 3.2.

3.4. Raami tugevusanalüüs

Raami tugevusanalüüsi eesmärgiks on tagada konstruktsiooni vastupidavus erinevatele sise- ja välisjõududele. sealhulgas varuteguri väljaarvutamiseks kasutasin Autodesk Inventor-i 2016 tarkvara Static analüüsi.

Tugevusanalüüsil seadsin põhieesmärgiks saavutada varutegur üle 5 ning maksimaalne läbipaine alla 1,5 mm.

Kontrollisin olukorda, kuid raam peab vastu inimese peale toetamisele ning omaenda raskusele. Selleks rakendasin esmalt jõu vasakult (kollased nooled) $F_1=700$ N ning jõu pealt (lillad nooled) $F_2=700$ N. Teiseks defineerisin gravitatsiooni (punane nool) ning lisasin fikseeriva seose alumistele horisontaalsetele taladele (helesinine nool). Viimaks lisasin ka silindrite poolt mõjuva toereaktsiooni (heleroheline nool) $F_3=20$ N. Silindrid elimineerisin simulatsioonist optimeerimise eesmärgil.



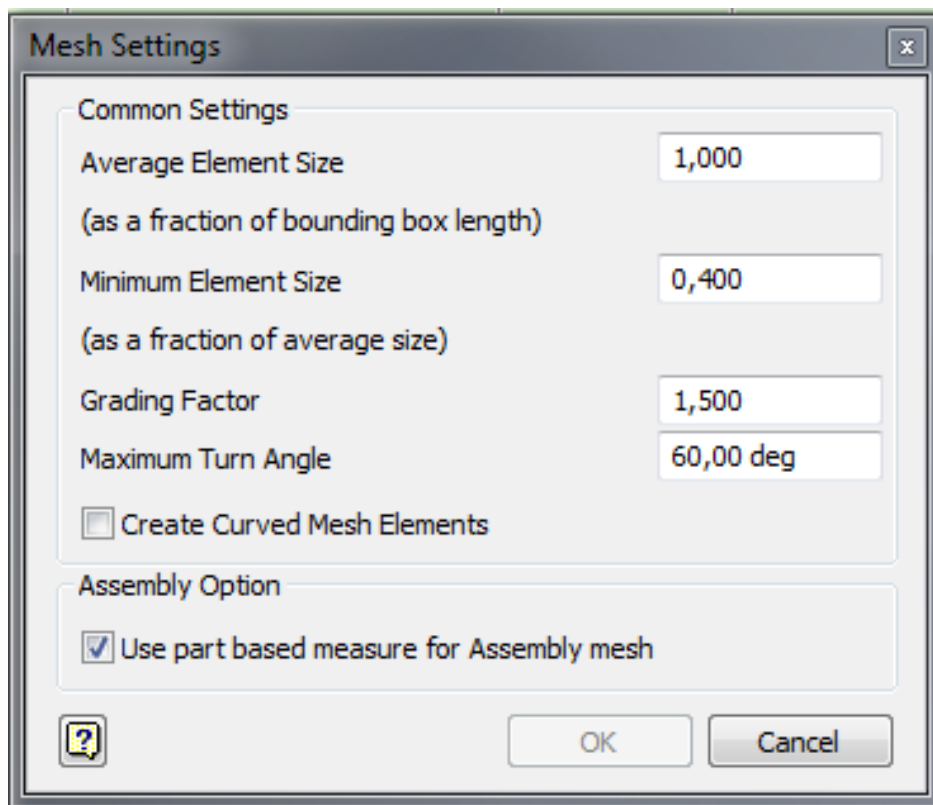
Sele 3.3.

Viimaks defineerisin arvutamisvõrgu. Kasutasin kolmnurkvõrku, mille parameetrid on järgnevad:

- Gradiendi tegur: 1,5
- Keskmine elemendi suurus: 1 mm
- Minimaalne elemendi suurus: 0,5 mm
- Maksimaalne pöördenurk: 60 deg

Parameetrite valikul keskendusin optimaalsusele, et programm töötaks võimalikult kiiresti. Kuna tegemist on küllaltki suurte mõõtmetega, siis elementide minimaalseks suuruseks valisin 0.4 mm.

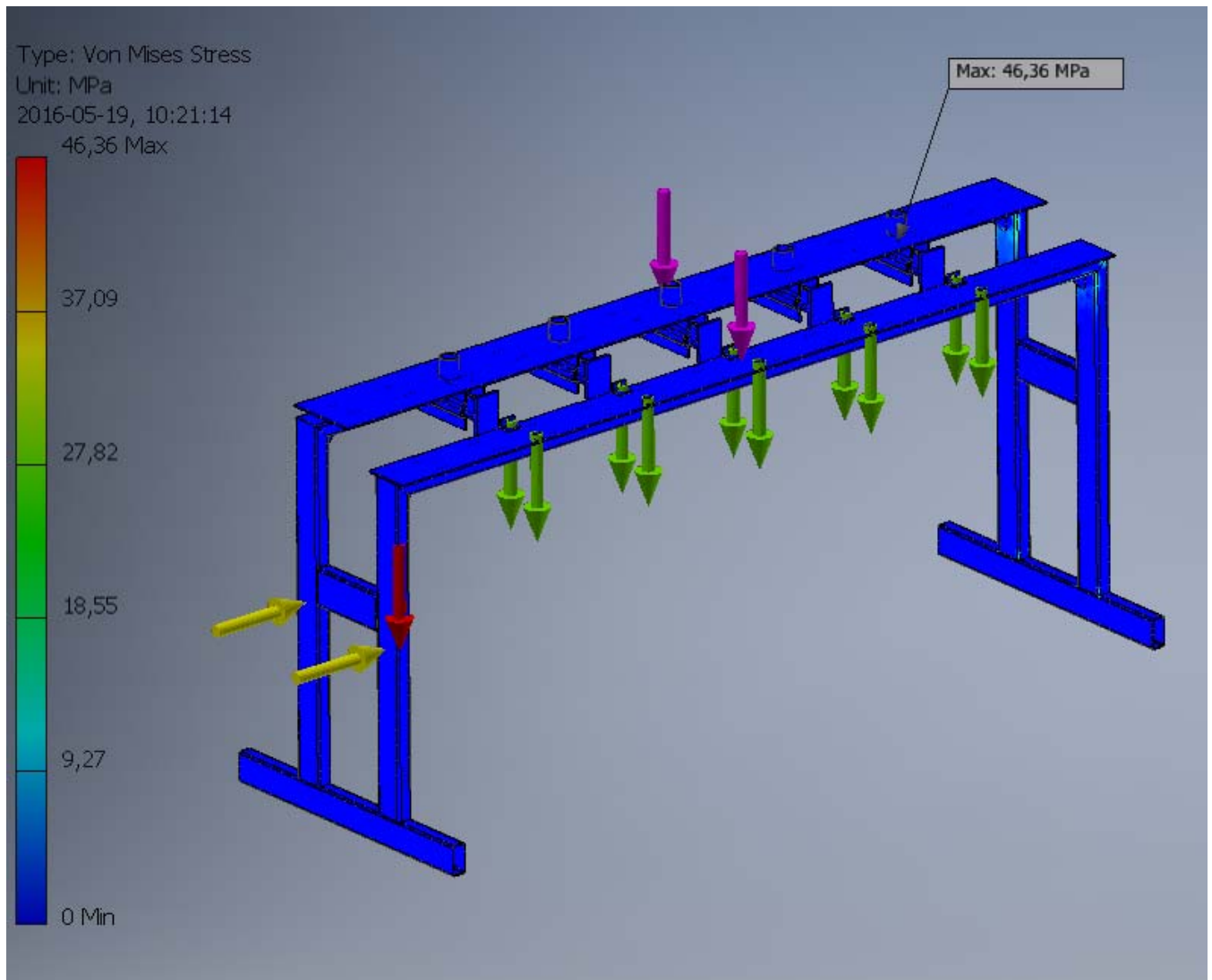
Gradiendi faktori ja maksimaalse pöördenurga valisin vastavalt enamlevinud väärtustele. [11]



Sele 3.4.

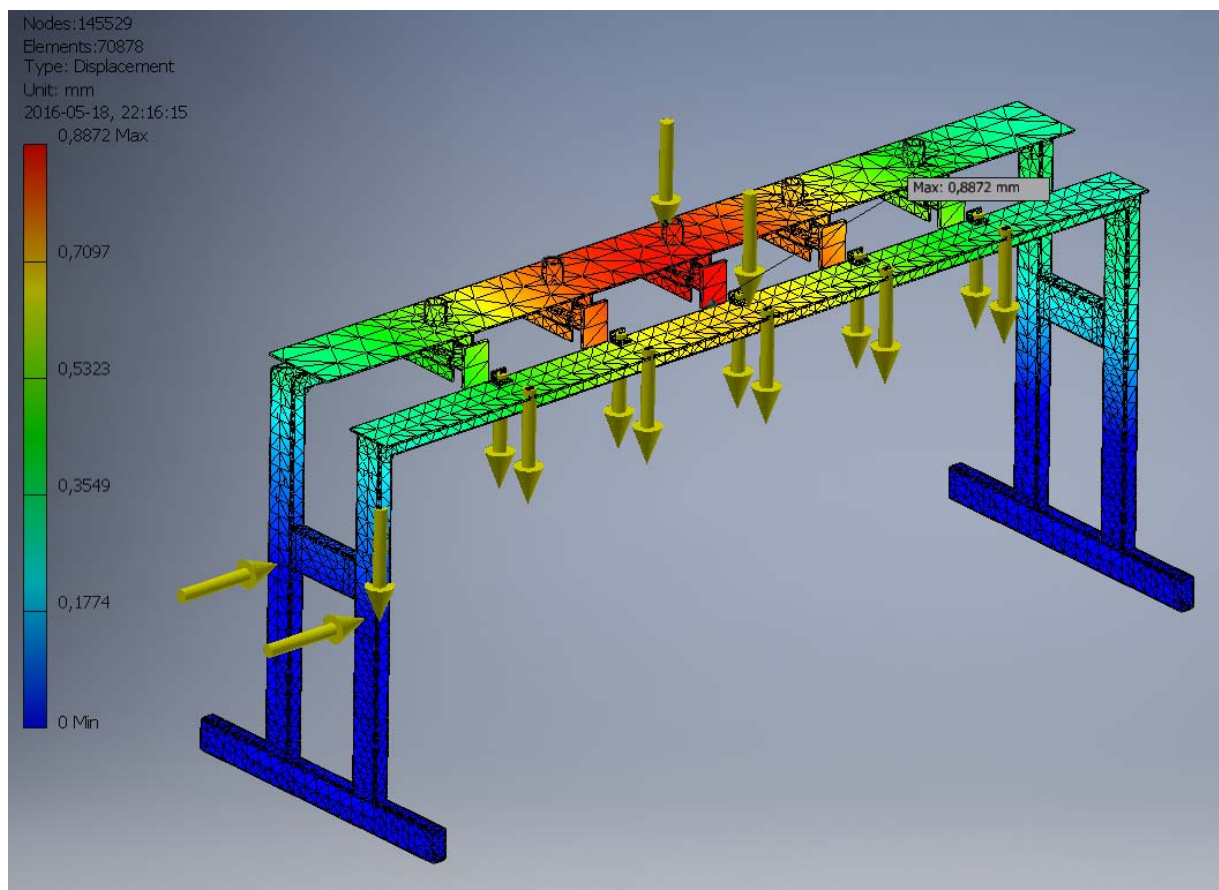
Tugevusanalüüsi tulemused on järgnevad: Raamil maksimaalne sisepinge väärtuseks tuli 46,36 MPa. Allpool on toodud analüüsisist pilt. Kuna materjal mida ma kasutasin, oli tugevusega 355 MPa, siis varuteguri arvutan järgnevalt:

$$[S] = 355 \text{ MPa} / 46,36 \text{ MPa} = 7,7$$



Sele 3.5.

Järgmine oluline tulemus on maksimaalne deformatsioon. Selle maksimaalseks väärtuseks oli 0,89 mm. Kuna see väärtus kujuneb 2 m tala keskpunktis, siis antud läbipaine on piisavalt väikene. Tulemusest on pilt all:



Sele 3.6.

4. JUHTIMISSÜSTEEMI LOOMINE

4.1. PLC valik

Antud peatükis käsitletakse esiteks on vaja valida välja mikrokontroller. Alustuseks võrdlen tööstuslikku ja mittetööstuslikku mikrokontrollerit otsustamiseks emma-kumma kasuks. Seejärel esitan nõudmised mikrokontrollerile, mille järel sooritan valiku. Järgnevalt koostan juhtimissüsteemi antud seadmele koostades pneumaatikaskeemi ja elektropneumaatikaskeemi. Lõpetuseks valin välja töövõrgusüsteemi ning koostan programmi kohta juhtimisskeemi.

4.1.1. Tööstusliku ja mittetööstusliku mikrokontrolleri võrdlus

Kuna antud süsteem on tööstuses, siis ei saa kasutada standardiseerimata mikrokontrollerit (näiteks Arduino) ning tuleb valida programmeeritav loogikakontroller, millel on programm standardiseeritud. Programmeeritavatel loogikakontrolleridel on järgnevad eelised võrreldes tavapärase mikrokontrolleridega ja see ongi põhjus, miks neid nii laialdaselt kasutatakse.

- kõrge töökindlus,
- väga paindlik,
- kompaktne- võtab vähe ruumi,
- piisavalt kiire ja võimas,
- lai valik - lahendus igale ülesandele,
- lai valik - palju tootjaid,
- taskukohane hind,
- tagab masina või protsessi häireteta töö ja tootlikkuse,
- lihtne programmeerida- lihtsate ülesannete puhul programmeerija eriharidus ei ole vajalik,
- lihtne ja operatiivne sisse viia muutusi. [12]

Tööstuskontrolleri valikul esimesena tuli otsustada, kuidas ja mis kujul jõuab informatsioon paberilehtede liigi ning asukoha kohta tööstuskontrollerisse. Kuna masinnägemisel põhinev tuvastussüsteem on lauaarvutiga ühendatud ning eksisteerib juba programm, mis paberilehti tuvastab, siis otsustasin tööstuskontrolleri koormuse vähendamiseks ja ka lihtsuse huvides, et

masinägemise programm töötleb koordinaate ning iga paberilehe kohta edastatakse kontrolleri üks arv, mis näitab, missugune väljund edastab signaali suunaventiilile.

4.1.2. Nõuded PLC-le

Rakenduse juhtimiseks valin PLC vajalike sisendite-väljundite arvu ning funktsionaalsuse alusel. Valik sõltub järgnevatest kriteeriumitest:

- **Digitaal- ja analoogsisendite arv:**

Teadagi on, et antud süsteemis on 15 väljundit. Samuti on teada, et kasutusel on 30 sisendit.

- **Funktsiooni- ja spetsiaalsete moodulite arv:**

Kuna nii sisendite kui ka väljundite arv on küllaltki kõrge, siis tuleb kindlasti võtta arvesse, et vajadusel on vajalik soetada lisamoduleid sisendite jaoks

- **Nõutud mälu maht, mis sõltub kirjutatud programmi pikkusest :**

Kuna programmi pole veel kirjutatud, on keeruline hinnata vajalikku mälu mahtu. Kuna paralleelselt toimub palju erinevaid protsesse, oleks minimaalselt vaja 16 kilobaiti töömälu, samas võttes arvesse potentsiaalseid lisafunktsioone, siis tuleks valida, kas 32 kilobaidine või isegi 64 kilobaidise töömäluga PLC.

- **Andmeside- jada ja võrguühendused, mis lubavad PLC-d programmeerida ühendada teiste tööprotsessiks vajalike seadmetega.**

Kuna tööstuskontroller peab arvutiga ühenduses olema tuli ka otsustada, missugusel tehnoloogial see ühendus põhineb. Kuna masinägemissüsteemides kasutatakse üldjoontes Ethernet tehnoloogiat, siis võtsin eelduse, et vastav informatsioon paberite kohta jõuab tööstuskontrollerisse läbi Ethernet kaabli. Seega antud töövõrgus on oluline, et PLC oleks ühildub Ethernetiga

- **Programmi tsükli aeg**

Antud programmi puhul on oluline piisav töökiirus. Kui arvesse võtta, et PC-s operatsioonisüsteem ei tööta reaalsajas. See tähendab, et C# programmis ei ole reaalsel töötsükli ja kui OS toimub mingi sisetegemine võivad tekkida paari millisekundilised

viivitused. Programmi enda tsükliajaks koos sidega hindan ligikaudu 20 millisekundit ning ühe tsükliga on programm võimeline kõiki väljundeid korraga opereerima.

- **Kasutatav tarkvara**

Tarkvara poolest piirangut ei sea PLC-le seoses väheste kogemustega PLC programmeerimises. Eelistatav on tarkvara, mille kohta leidub ohtralt informatsiooni internetis, näiteks Siemensi tarkvara.

- **Riistvara ja tarkvara maksumus**

Olles tutvunud turul olevate toodete ning hindadega sean maksimaalseks hinnapiiriks 1100 eurot.

4.1.3 Sobiva PLC valik

Kontrolleri valikul lähtusin eelnevas alajaotises mainitud punktidest. Kokkuvõttes otsustasin valida ettevõtte VIPA PLC. Otsustamisel sai määravaks hinnaklass. Ettevõtte VIPA on loodud Siemensi endiste inseneride poolt, mistõttu kontroller on sarnase struktuuriga Siemensiga. Samas hinnaklass on tunduvalt madalam. Võttes arvesse, et antud ettevõtte kontrolleri kvaliteet on sarnane Siemensi toodetega, otsustasin valida antud ettevõtte toote, mis vastas nõuetele. Valikuks otsustus VIPA 300S seeria mudel.

Valitud kontroller VIPA 300S spetsifikatsioonid:

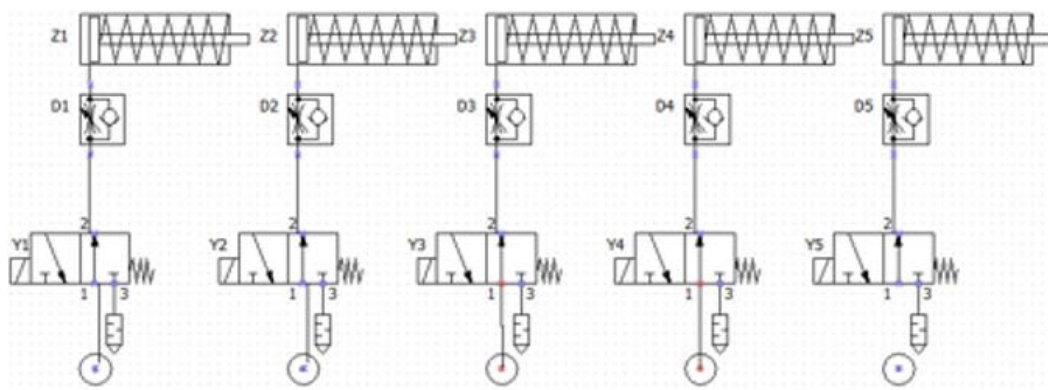
- Speed 7 tehnoloogial põhinev
- 16 digitaalset sisendit + lisandblokk 16 digitaalse sisendiga.
- 16 digitaalset väljundit
- 64 kB töömälu
- 24V toiteblokk
- Integreeritud ühenduvus Ethernetiga
- Lisaks on vajalik osta juurde 16 digitaalset sisendit sisaldav blokk



Sele 4.1. [14]

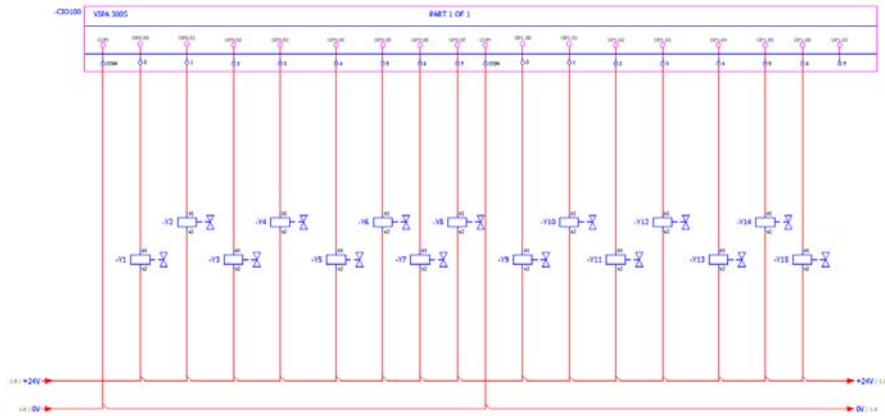
4.2. Pneumatika- ja elektropneumatikaskeemid

Pneumatikaskeemi koostas programmiga SMC PneuDraw 2.5. Vajadusel kiiruse reguleerimiseks lisasin skeemi ka drosselid. Antud alapeatükis näitan skeemis esimese imuri jaoks kasutatavat skeemi. Terve pneumoskeem on lisatud peatükki LISA.1.



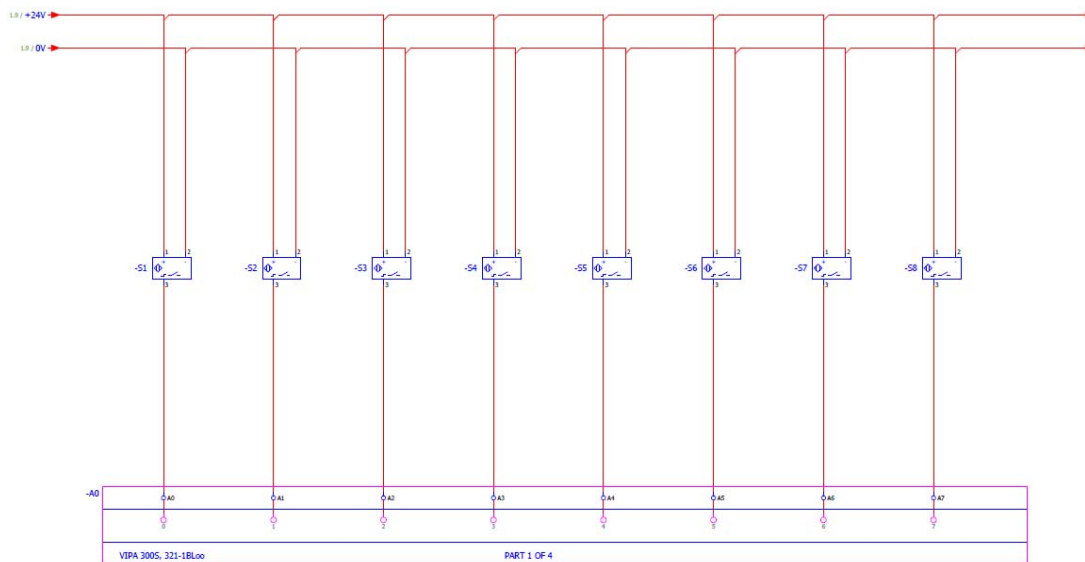
Sele 4.2.

Elektropneumaatilise skeemi koostasid kasutades programmi EPLAN Electric P8 2016 versiooni , Kuna tegemist on suurema elektriskeemiga, siis jagan elektriskeemi kolmeks osaks. Esimeses osas näitan väljundite skeemi.



Sele 4.3.

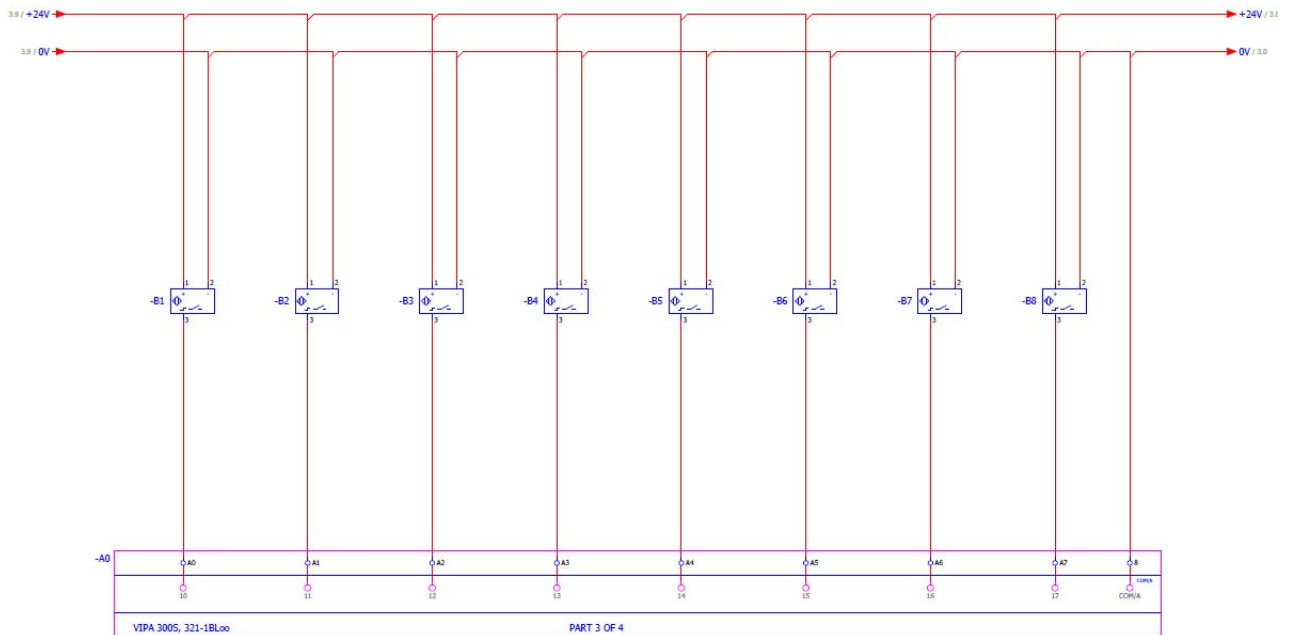
Järgnevalt kirjeldan IR- andureid, mis asuvad sisendites 0-14.



SISENDID: IR andurid

Sele. 4.4.

Lõpetuseks kirjeldan magnetandureid, mis asuvad sisendites 15-29.



SISENDID: Induktiivandurid

Sele 4.5.

4.3.PLC Programm

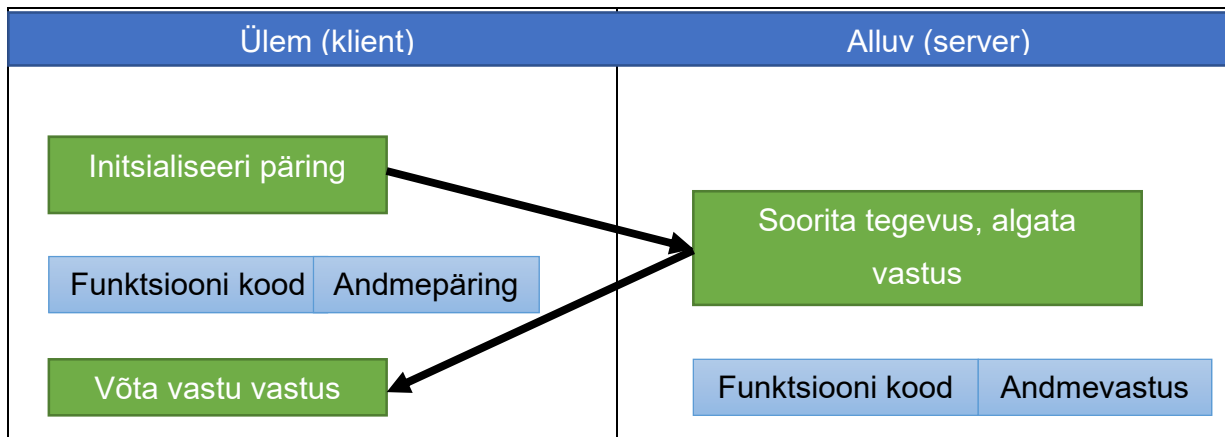
Antud tööstuskontrolleri programmeerimine toimub programmis VIPA Speed7 Studios või Siemens Step7-s, kuigi seda saab programmeerida ka teiste tootjate programmides.

Antud tööstuskontrolleri programmeerimiseks on neli erinevat moodust'

- Redelskeem (LAD)
- Funktsioonibloki skeem (FBL)
- Käsulist (IL)

Antud programmi puhul oleks võimalik kasutada nii CANBUS kui MODBUS tööväljavõrke. Mõlemaga on võimalik antud probleem lahendada, samas kuna CANBUSi puhul on üheks puudjäägiks suur CANi protokolliga seotud andmete hulk edastatavates sõnumites võrreldes kasulike andmetega [10] ning isiklikult olen varasemalt kokku puutunud MODBUS lahendustega, siis otsustasin kasutada MODBUS TCP/IP tööväljavõrku.

Tööväljavõrgu MODBUS sideprotokoll põhineb klient-server arhitektuuril, mis baseerub päringutest ja vastustest koosnevatest andmeedastustest, kus ülemseade (klient) algatab sidepäringud pöördudes alluvseadme poole (server) ning alluvseade omakorda moodustab sõnumi ülemseadme poolt nõutud informatsioonist ja saadab selle ülemseadmele tagasi. [10]



Sele 4.6.[15]

MODBUS TCP kaader koosneb järgnevatest osadest:

- Tehingu ID
- Protokoll ID
- Pikkus
- Üksuse ID[10]

MODBUS TCP kaadril puudub kontrollsumma väli[15]

MODBUSI rakendusprotokollis MBAP (7 Baiti)				Protokollis andmeüksus (PDU)	
Tehingu identifikaator	Protokollis identifikaator	Pikkuse väli	Üksuse ID	Juhtinfo	Andmed
2 Baiti	2 Baiti	2 Baiti	1 Bait	1 Bait	Muutuv

Sele 4.7. [15]

MODBUS protokollis on võimalik informatsiooni salvestada nelja erinevat tüüpi registritesse:

Primaarsed tabelid	Objekti tüüp	Tüüp	Kommentaariid
Diskreetne sisend	Üksik bitt	Ainult lugemine	Seda tüüpi andmeid annab sisend-väljundsüsteem
Diskreetne väljund	Üksik bitt	Lugemine- kirjutamine	Seda tüüpi andmeid saavad muuta kõik programmid
Sisendregistrid	16-bitine sõna	Ainult lugemine	Seda tüüpi andmeid annab sisend-väljundsüsteem
Väljundregistrid	16-bitine sõna	Lugemine Kirjutamine	Seda tüüpi andmeid saavad muuta kõik programmid

Sele 4.8. [16]

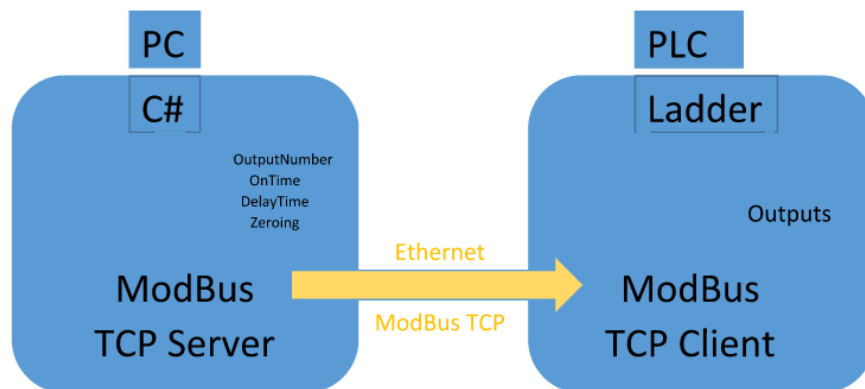
Süsteemi programm koosneb kahest osast: PC (Personaalarvuti) osa ja PLC osa. PC osa otsustasin kirjutada C# programmeerimiskeeles, kuna see sobib ka masinnägemise programmi kirjutamiseks. PLC programm on kirjutada redelprogrammina (LAD). PC on antud süsteemis serveriks ning PLC kliendiks.

Võtan eelduse, et masinnägemisprogramm võtab paberilehti ridade kaupa, kaks rida korraga. Pärast tsükli lõppu, programm nullib ära esimese rea ja asendab selle teisega ehk teisest reast saab esimene rida. Antud protsess on vajalik selleks, et kontrollida, kas järgnevas reas on sama paberileht. Sellisel juhul klapp ei sulgu juhul, kui järgnevalt saabuv paberileht on sama tüüpi.

MODBUS registritesse on salvestatud masinnägemisprogrammist saabuv vajalik informatsioon sisendregistritesse :

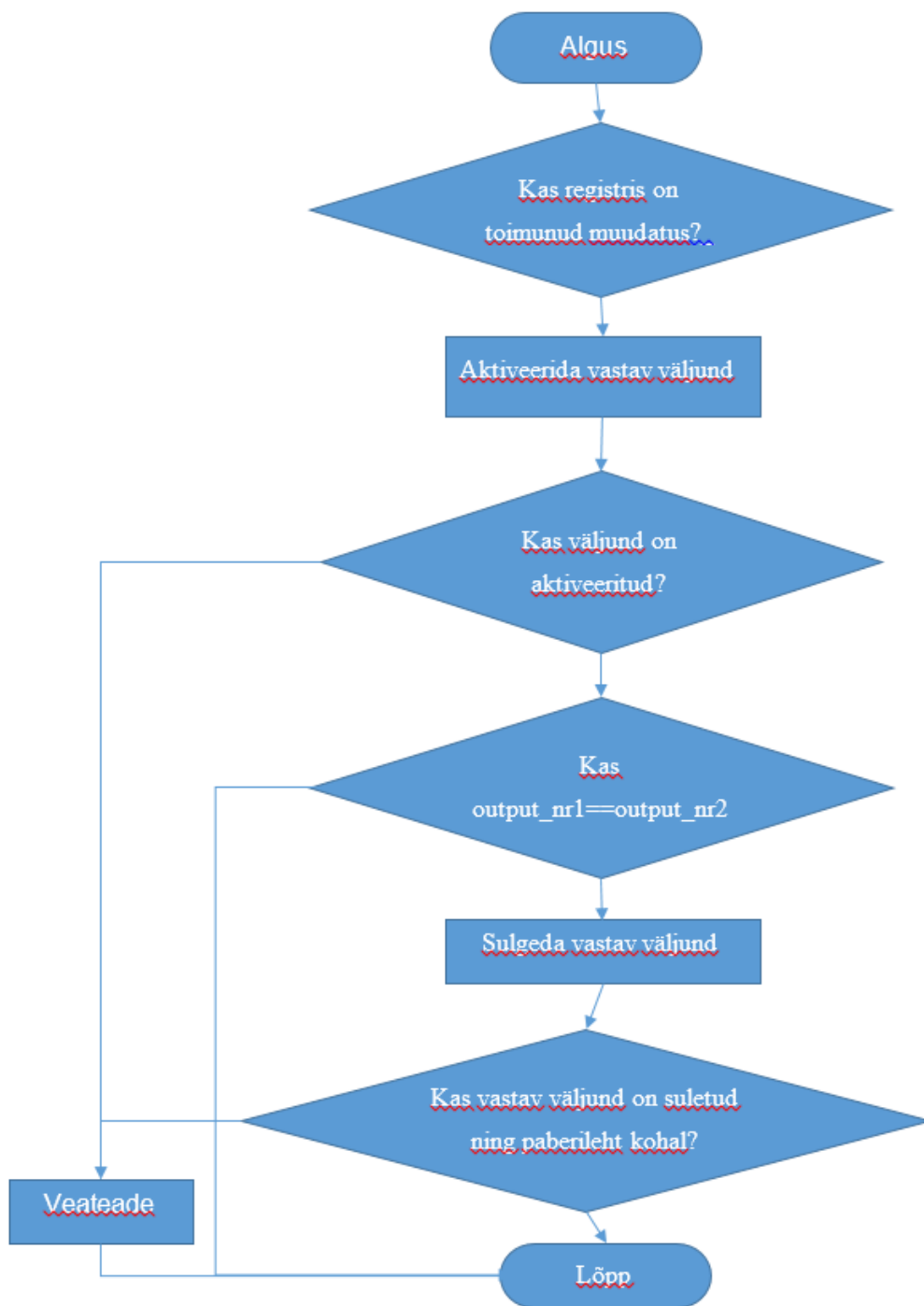
- Väljundi number, mis on võrdne paberi liigi ning paberi positsiooni korrutisega, mis on salvestatud
- Viivitusaeg (aeg, kui kaua kulub paberilehel masinnägemisosast antud imurini jõudmiseni), mis arvutatakse välja vastavalt masinnägemisprogrammist saabun informatsioonile
- Impulsiage (aeg, kui kaua saadab PLC pneumaatilisele skeemile impulssi)

Programm ise töötab võrdluse alusel ehk juhul, kui toimub muudatus vastavas sisendregistris, siis aktiveeritakse vastav väljund.. Sensoritelt pärinev informatsioon salvestatakse diskreetsesse sisendisse. Informatsioon selle kohta, kas järgmine paberileht on sama tüüpi salvestatakse diskreetsesse väljundisse. Kontrolli mõistes jälgib programm, et sensorid oleksid aktiveeritud: vastasel korral toimub veateade ning n-veateate, mis salvestatakse väljundregistrisse, järel süsteem peatub.



Sele 4.9

Samuti koostan algoritmi, mille alusel programm töötab. Esiteks kontrollib programm, kas registris on toimunud muudatus. Juhul, kui muudatus on toimunud aktiveeritakse vastav väljund. Induktiivsensorilt pärineva tagasiside põhjal saab teada, kas silinder muutis asendit. Seejärel toimub kontroll programmisiselt selle kohta, kas järgnev paberilehe korral väljund samuti aktiveeritakse. Juhul, kui paberilehe peaks sisse tõmbama sama väljund, jääb väljund aktiveerituks. Vastasel korral väljund sulgub ning selle kohta pärineb tagasiside mõlemalt sensorilt. Juhul, kui toimub mingi viga ja paberileht, kas ei tõmbu sisse või väljund ei aktiveeru või sulge, läheb tagasiside registrisse, kuhu on salvestatud veateated. Teatud arvu veateadete korral süsteem sulgub.



Sele 4.10.

KOKKUVÕTE

Antud bakalaereuse lõputöö eesmärgiks oli luua seade, mis oleks võimeline sorteerima 4 liiki vanapaberi mahuga 3 tonni tunnis.

Potentsiaalsetest lahendustest otsustasin imurseadme kasuks, kuna antud lahenduse kiirus oli tunduvalt suurem võrreldes teiste lahendustega. Majanduslikult antud seade on kallim, aga kuna töö põhiprioriteet oli saavutada maksimaalne sorteerimismaht, oli antud lahendus kõige sobilikum. Raske on hinnata antud süsteemi kogumaksumust, kuna imurseadmeid ei ole välja valitud seoses testimisvõimaluste puudumisega ning paberi omadused muudavad arvutusliku osa keeruliseks, kui mitte võimatuks

Kõige suuremaks probleemiks antud lahenduse loomisel oli see, et see on esimene seade antud sorteerimisliini peal ning puudusid andmed imurseadme, masinnägemissüsteemi ning konveieri kohta. Seetõttu tuli teha palju oletusi ja eeldusi tagamaks süsteemi töötamine. Kuna osa väga olulisi parameetreid oli puudu, ei olnud võimalik teha kõike vajalikke arvutusi, vaid tuli valida teadlikult tugevamad/võimsamad komponendid tagamaks, et antud seade töötaks korralikult.

Kuna antud probleem oli väga spetsiifiline, kujunes lahendus konsultatsioonidega erinevate valdkondade spetsialistega. Telefonitsi sai suheldud enam kui 50 erineva ettevõttega, eeskätt ettevõtetega puidutööstusest, uurimaks, kas antud süsteem oleks võimeline toimima ning missuguseid tehnoloogiaid nemad kasutavad enda tööstuses.

Kokkuvõttes jäin lõputöö tulemustega rahule. Kindlasti on võimalik veel antud projekti edasi arendada, valides välja sorteerimisliini jaoks vajalikud seadmed, samuti on võimalik tervet süsteemi veelgi enam optimaliseerida.

SUMMARY

The goal of this bachelor thesis is to create a machine, which is able to sort 4 types of waste paper at the sorting amount of 3 tons per hour.

Out of the potential solutions I decided for a vacuum machine, as the speed of such solution was much higher compared to other solutions. Economically, this solution is more expensive, although, as the main priority of this work was achieving maximum sorting amount per hour, this solution was the best. It is hard to predict the total cost of this project due to not being able to choose vacuum machine because of the properties of paper as a material and inability to make the necessary tests on the vacuum machine.

The main problem in creating this solution was the fact that it was the first machine on this sorting line and there was no information on the vacuum machine, machine vision system and conveyor belt. Due to that fact, a lot of predictions and assumptions had to be made in order to ensure that this system works. As many very important parameters were missing, it was not possible to make all the calculations, which were necessary. On purpose I chose stronger/more powerful components in order to ensure that the system works properly.

As the problem was very specific, the solution was made by consulting different specialists in different fields. On the phone, I contacted over 50 different companies, especially companies dealing with wood, to research whether this solution is able to work properly and which technologies they were using in their fields.

In the end, personally I am satisfied with the results of this bachelor thesis. This project can definitely be developed further by choosing the proper extra equipment for the sorting. Besides that, I believe that the system can be optimized even more.

KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] EPA kodulehekülj [WWW] <http://www.epa.gov/epawaste/conservation/tools/rogo/index.htm> (05.05.2015)
- [2] Kuma Print Kodulehekülj [WWW] <http://www.kumaprint.ee/kliendi-ala/abi-paberivalik> (06.04.2015)
- [3] Ettevõtte Schmalz kodulehekülj [WWW] <http://us.schmalz.com/produkte/vakuumkomponenten/allgemeineinfos/00385/> (5.05.2016)
- [4] Tõnu Lehtla. Robotitehnika. Tallinn: TTÜ Kirjastus, 2008.
- [5] Ettevõtte Sommer Technik kodulehekülj. [WWW] http://www.sommer-technik.com/2_k1_produkte/006_vakuum/006_vaccon_einleitung/vaccon_info.html (10.05.2016)
- [6] Ettevõtte Balluff kodulehekülj [WWW] <http://usa.balluff.com/bmf/dxf/BMF%20303-HW-59.pdf> (15.05.2016)
- [7] Ettevõtte Balluff kodulehekülj [WWW] <http://usa.balluff.com/bmf/productselector4.asp#firstanchor> (15.05.2016)
- [8] CCOHS kodulehekülj [WWW] http://www.ccohs.ca/oshanswers/ergonomics/conveyor_ergonomics.html (11.05.2016)
- [9] Eesti Standardiameti kodulehekülj <https://www.evs.ee/tooted/iso-251-2012> (5.05.2016)
- [10] Azom.com artikkel terase tugevusnäitajatest [WWW] <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6022> (15.04.2015)
- [11] Ettevõtte GrabCad kodulehekülj [WWW] <https://grabcad.com/questions/tutorial-how-to-obtain-relative-accurate-results-from-stress-analysis-in-autodesk-inventor> (17.05.2016)
- [12] Standel.ee kodulehekülj [WWW] http://www.standel.ee/et/tooted?category_id=7 (15.03.2015)
- [13] Margus Müür, Elmo Pettai, Urmo Lepiksoo. Programmeeritavad kontrollid tööstusautomaatikas. Tallinn: 2011
- [14] Bintz.be kodulehekülj [WWW] <http://www.bintz.be/vipa300S2012.htm> (12.05.2015)
- [15] Aldeniz Rashidov, Stanimir Jordanov. Tööstuslikud võrgud ja liidesed automatiseerimissüsteemis. Tallinn, 2011

[16] Modbus.org kodulehekül [WWW]

http://www.modbus.org/docs/Modbus_Messaging_Implementation_Guide_V1_0b.pdf

LISAD

LISA 1.

