



TALLINNA TEHNICAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Tartu kolledž

**A.LE COQ TARTU ÕLLETEHASE
KONVEIERLIINIDE MODERNISEERIMINE**

**MODERNISATION OF A.LE COQ TARTU BREWERY
CONVEYOR LINES**

RAKENDUSKÕRGHARIDUSTÖÖ

Üliõpilane: Kenari Koonik

Üliõpilaskood 183564EDTR

Juhendaja: Lektor, Ago Rootsi

Tartu 2023

(Tiitellehe pöördel)

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.

04.01.2023

Autor: Kenari Koonik

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

04.01.2023

Juhendaja: Ago Rootsi

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

04.01.2023

Kaitsmiskomisjoni esimees

/allkirjastatud digitaalselt/

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Kenari Koonik

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose
_“A.Le Coq Tartu õlletehase konveierliinide moderniseerimine”,

mille juhendaja on Ago Rootsi,

- 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.
-

/allkirjastatud digitaalselt/

04.01.2023

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.

TalTech Tartu kolledž

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Kenari Koonik 183564EDTR
Õppekava, peeriala: EDTR18 – Telemaatika ja arukad süsteemid
Juhendaja(d): Lektor, Ago Rootsi, +37256629821
Konsultant:

Lõputöö teema:

(eesti keeles) A.Le Coq Tartu õlletehase konveierliinide moderniseerimine
(inglise keeles) Modernisation of A.Le Coq Tartu brewery conveyor lines

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Tehases olevate andurite kaardistamine
2. Andurite ja Konveierliinide efektiivsuse analüüsimine
4. Konveierliinide uuendamine ja nende efektiivsuse testimine

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Lõputöö teema valik	03.04.22
2.	Konveierliinide mõõtmised ja analüüsimised	02.06.22
3.	Konveierliinide testimised	25.08.22

Töö keel: Eesti keel

Lõputöö esitamise tähtaeg: 4.jaanuar 2023a

Üliõpilane: Kenari Koonik /allkirjastatud digitaalselt/ jaanuar 2023.a

Juhendaja: /allkirjastatud digitaalselt / jaanuar 2023.a
/allkiri/

Konsultant: ".....".....20.....a
/allkiri/

Programmijuht: ".....".....20.....a
/allkiri/

Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel

SISUKORD

EESSÕNA.....	7
Lühendite ja tähiste loetelu	8
SISSEJUHATUS	9
Metoodika.....	11
1.1 Probleemi kirjeldus.....	12
1.2 Praegused tehnilised lahendused ja metoodika konveierliinil „PET 2“	12
2 Sõlmede programmi edastamine juhtimise süsteemi	14
2.1 Machine track	14
2.2 Danfoss	14
2.3 Soovitused probleemi lahendamiseks ja tähelepanekud.....	17
2.4 Konveierliini sõlmed	18
3 Konveierliini andmete kogumine ja selle vajalikkus.....	19
3.1 Andmete kogumine.....	19
3.2 Andmete analüüs	19
3.3 Tulemuste saamine	19
3.4 Polüetüüleentereftalaat (PET pudeli võrdlus).....	20
3.5 PET pudelite kaal ja kuju.....	21
3.6 PET pudeli materjal keemilisest vaatenurgast.....	21
3.7 Konveierliini ummistus	23
4 Piirkond 1TA38-1TA45	25
4.1 Varasemad lahendused probleemi lahendamiseks	26
4.2 Hüpotees konveierliini parandamiseks	27
4.3 Töö käik.....	27
Probleemi eeldatav lahendus	28
4.4 Konveierliini uuendused vahemikus 1TA35–1TA46.....	28
4.5 Konveierliini pudelisortimentide päringud vanade andmetega	29
Joonis 14: Parameetrite seadistamine: Kasutusjuhend Anumatransportöör BTR; KHS	29
5 Konveierajami parameetrid piirkonnas (1TA38 _1TA45).....	30
5.1 Konveierliini pudelisortimentide päringud muutes mootori parameetreid (katsed)..	35
6 Tehasepoolsed arendused ja uuendused konveierliinil „PET 2“	41
6.1 HMI Paneel.....	42

6.1.1 inseneritarkvarast	42
6.2 HMI	42
7 Energiakulu.....	43
8 KOKKUVÕTE.	44
ABSTRACT.....	45
8 KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	46
LISAD.....	47

EESSÕNA

2018. aastal, kui omandasin haridust veel Valga Gümnaasiumis, avaldasin oma ideid Eesti Soome projektis, kus tahtsin saada mehhatroonika inseneriks ja viia Eesti üheks tehnoloogiliselt arenenuimaks riigiks Euroopas. Minu õpingute käigus oli mul võimalus oma praktika teha A.Le Coqis, kus mul oli võimalus tutvuda konveierliinidega ja remontida kulumise detaile ning hooldada konveierliine. Tutvudes tehases tehtavate toimingute ja inimestega, leidsime murekoha, mis takistab tehasel olla veel efektiivsem. Minu praktikad andsid võimaluse teha esimesed sammud tööloigu uuendamisel, kaasates inimesi, kes on saanud oma praktilised kogemused välisriikidest.

Soovin tänada A.Le Coqi juhtkonda ja kollektiivi võimaluse eest panustada paremasse tulevikku ning arendada oma oskusi, muutes tootmisprotsessi kiiremaks. Tunnen, et olen teel oma unistuste täitumise suunas ja saan anda oma panuse ühiskonna parema tuleviku tarvis. Lisaks avaldan suurt tänu oma koolipoolsele juhendajale Ago Rootsile, kes oskas mind suunata ja juhendada töötulemuseni, mis andis mulle võimaluse tegeleda tööstusprotsesside uurimisega.

Lühendite ja tähiste loetelu

GND – maa, kasutatakse potentsiaalühtluseks

Mbit/s – megabitti sekundis

Gbit/s – gigabitti sekundis

MHz – megaherts

Wi-Fi – raadiokohtvõrk, mis võimaldab luua internetiühenduse raadiosideseadmete vahel

AC – vahelduvvool

PLC – programmeeritav loogikakontroller

SCADA – *Supervisory Control and Data Acquisition* (Tarkavara)

a_0 – Fourier' rea alaliskomponendi kordaja

„Tehas“ – A.Le Coq Tartu tootmisüksus.

Puhvertsoon – konveierliini ala, kus tekib ruumi ummistuste eemaldamiseks

PET – polükondensatsiooni teel saadud termoplastiline polümeer, mis kuulub polüestrite polümeerirühma

(1TA35–1TA46) – konveierliini piirkond, mida uurin lõputöös

SISSEJUHATUS

Eesti ühel suurimal ja juhtival joogitootmise üksusel A.Le Coq on jookide toomiseks ehitatud 3 erinevat tootmistsehhi. Jookide tootmistsükkel koosneb mitmest alamprotsessist enne, kui valmis toode jõuab lõpptarbijani. Villimisest saabunud pudel jätkab oma teekonda etikettija konveierliinist masinasse, kus kleebitakse plastile etikett maksumärgi ja tooteinfoga. Etikettijast liigub pudel edasi kiletajasse. Liikumine toimub suunamuutujatega piiratud pikal konveierliinil tasandilt tasandile.

Konveierliini piirkonnas (1TA35–1TA45), kus plastist pudelid pakitakse ja pakend jätkab teed logistikakeskuse Tartu osakonda, toimuvad pudelite ümberminekud. Pudelikud liiguvad konveierliinil püstises asendis ja neile teostatakse praagikontroll. Praagikontrolli tulemusena toimub pudelite ümberjagamine sobilikeks ja sobimatuteks. Sobilikud pudelid jätkavad oma teekonda kurvilisel konveierliinil (1TA35–1TA46). Kõlbmatu plast sorteeritakse välja ja suunatakse konveierliinile operaatorile vaatamiseks, kasutades kõrval töötavat konveierliini (1TA32–1TA34). Suurema hulga pudelite mahutamiseks on loodud konveierid, mis ei ole sirged ja ühes tasapinnas. Konveierliinid on pikad ja kurvilised. Protsessi käigus liiguvad täidetud pudelid erinevate tasandite vahel. Kiirendusega liikumine konveieril põhjustab sageli pudelite ümberminekut. Ümberkukkunud pudelid ummistavad konveierid ja kukutavad ka teisi pudeleid pikali. Tulemuseks sõlmedes paiknevad seadmed ei saa vales asendis pudelitega täita oma tööprotsessi. Kõik see põhjustab tööseisakuid ning nõuab operaatori käsitsi sekkumist. Hiline sekkumine kahjustab toodet. Väheneb tootmise koguefektiivsus ja suureneb energiakulu, mis on märgatav ka majandusaruandluses.

Energia säästmiseks välditakse villimismasina seisma jätmist. Villija seismajäämisest tekib olukord, kus kõik konveierliinil olevad masinad lähevad puhkerežiimile. Režiimil olles tuleb käivitamiseks kulutada lisaenergiat, mida saab kasutada otstarbekamalt. Toodangu transpordi üheks olulisemaks teguriks on konveierliin, piirkond (1TA35–1TA46).

Konveierliinil olevate pudelite kukkumisi üritatakse vähendada, kasutades selleks mitmesuguseid suunajaid. Korrigeeritakse konveierite kiirusi ja optimeeritakse suunamuutusi. Parandatakse erinevate alamprotsesside sünkroniseeritust.

Aja jooksul suudetakse olukorda märgatavalt parandada, kuid kui tuleb uus seade või teine pudelite sortiment, algab kogu seadistamise protsess otsast.

Lõputöö ülesanne tuli A.Le Coq poolt 2022 aasta kevadel. Käesoleva lõputöö põhieesmärgiks on kaardistada konveierliini pudelite ümberkukkumiste põhjused, liigitada need põhjuse olemusest lähtuvalt gruppidesse ja teha ettepanekud konveierliinide moderniseerimiseks eesmärgiga viia miinimumini pudelite

ümberkukkumise juhtumid konveierliinidel. Samuti on eesmärgiks säästa masinatele kuluvat energiat. Muuta tootmisüksuse „PET 2“ konveierliinide töötamises protsessi paindlikumaks, kui on seda senine konveierliinide üksuse kompleks.

Metoodika

A.Le Coq Tartu tehase saadud ülesande lahendamiseks kasutasin alljärgnevat metoodikat.

Konveierrajal toimuvatest infovahetustest põhjaliku ülevaate saamiseks kaardistan konveierliinil (1TA35–1TA45) protsessid. Tulemiks saan töötada infoväljadega ja analüüsida juhtumeid. Selgitada võimalikud rikke põhjused, mis sõltuvad konveierliinil toimuvatest protsessidest.

Uurin kirjandusest ja internetist lisainfot tööprotsesside kohta. Millised on olnud tööstusmasinate seadistamised ja soovitud masinatega töötamiseks? Kuidas toimib juhtimissüsteem ja mida muuta paremaks?

Paigaldan konveierliinile protsesside jälgimiseks kaamerad, mis võimaldavad tootmisüksuses infot koguda, salvestada ja järgnevalt töödelda. Salvestusest saan taasesitada olukordi juhtumitest, mis on lõppenud tootmisüksuse seisakuga.

Küsitlen suurte kogemustega operaatoreid ja automaatikuid.

Saan infot vahetult konveieritel toimuvatoimuvaid protsesse jälgides.

Koostan konveierliinile detailse joonise, mootorite ja konveierliinil töötavate andurite kohta. (Lisa 2)

Kogutud informatsiooni töötlen. Olen infovahetuses automaatikute ja operaatoritega lisades ja muutes konveierite, mootorite ja andurite parameetreid.

Tulemuseks saan metoodika, mis võimaldab muutuste korral tootmisprotsessis või mõne muu sõlme väljavahetamisel kiiremini saavutada ümberminekute vähenemise konveierliinil.



Joonis 2. (A.le Coqi konveierliin „PET 2“ vahemikus (1TA35–1TA46)

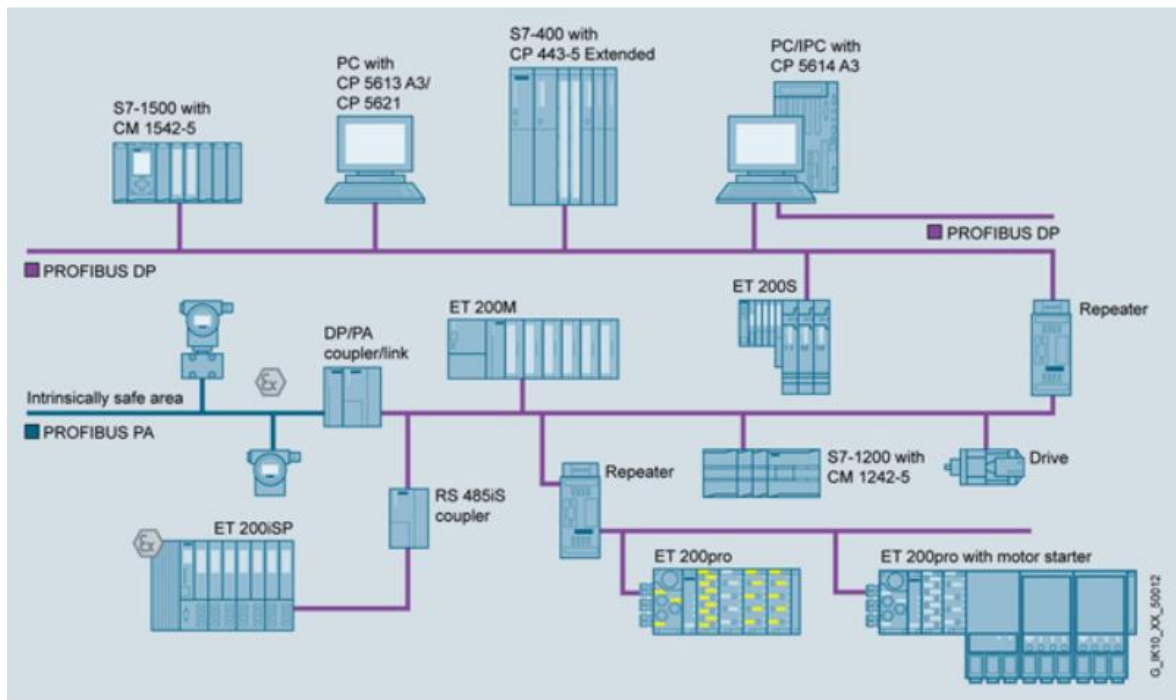
1.1 Probleemi kirjeldus

Aktsiaselts A.le Coq Tartu õlletehas esitas tellimuse kõige uuema tootmisüksuse konveierliinide töökorralduse muutmiseks. Võimalusel optimeerida senist tööjaotust operaatori ja konveierliinide koostöös. Andurite ja konveierliini tehniliste andmete kogumisel valmib kaasaegne optimeeritud töökäskudega struktuur, mis võimaldab jälgida protsesse konveierliinil ning salvestada infot toimunust. Operaatoril, kes haldab konveierliini, muutub töö sujuvamaks ja tehas suudab rakendada optimaalse liini tööpõhimõtteid, hoides kokku energiat.

A.Le Coqi uuel transportliinil („PET 2“ Konveierliin (1TA35–1TA46)) esineb tõrkeid pudeli transportimisel. Konveierliinil piirkonnas (1TA35–1TA46) toimuvad pudelite ümberkukkumised ning töötlemisele tulevad juba villimiselt pikali saabuvad pudelid. Valveoperaator peab kõrvaldama puudused kiirelt, halvimal juhul peab konveierliini seiskama. Tooted, mis on osalenud juhtumis, menetletakse praagi toodangu tulemusena. Praagi tulemusel konveierliinile kaasatakse teised pudelid, pudeli inertsiga kukuvad ka teised pudelid ning tulemuseks on ummistus keeramise kohas. Transpordil villijast kuni etikettimise masinani on tuvastatud korduvad rikked. Tulemuseks on aeglasem tootmine ning operaatori sage koormamine. Konveierliini vea tulemuseks on liinide sagedane seiskumine. Villimise kiirusest sõltub vastava tootmisprotsessi kiirus. Iga seisak, kus villimist ei toimu, vähendab toodangu kogumahtu, kuid energiakulu ajaühikus seeläbi ei vähene. Kokkuvõttes kaotab A.le Coq toodangu hulgas samade või suuremate kulutuste juures. Villimine on seotud otsese müügitulu vähenemisega ja täiendava energiatarbega.

1.2 Praegused tehnilised lahendused ja meetodika konveierliinil „PET 2“

Tartu tootmisüksus A.Le Coq kasutab konveierliinil „PET 2“ hetkel 13 mootorit konveierliini käitamiseks. Probleemaatiline piirkond, kus tehas on tellinud töö, asuvad 9 põhikonveieriliini mootorit (1TA36–1TA45 puudub 1TA40) ja 4 lisaraja mootorit (Piirkond 1TA32–1TA36). Konveierliin koosneb 6 pöörakukohast ning 8 erinevast rajal olevast andurist. Kasutatakse kaasaegseid infoedastamise lahendusi. Siemens Simatic tootepere võimaldab kasutada võrguprotokolle nõudvaid kontrollereid, andureid ja täitureid, võimaldamaks kasutada stabiilsemaid parameetreid. Operaatori töö tegijale on paigaldatud jälgimiseks Siemens Simatic juhtimispaneel, mille näidud on nähtavad tootmise planeerimise süsteemis ja teleris.



Pilt 2: PROFIBUS võrgu konfiguratsioon [1]

Optiline võrk:

- Edastuslülili on elektromagnetilise mõjutuse suhtes tundetu
- Sobib pikkadeks vahemaadeks
- Galvaaniline
- Ülepinge ja potentsiaalühendusprobleemide vältimine

[1]

2 Sõlmede programmi edastamine juhtimise süsteemi

Liine moodustavate sõlmede programmide ühilduvuse tagamiseks kasutatakse tehases Profibus RS485 liideseid. Profibus on üks tööstusautomaatikas kasutatavatest tööväljavõrgu andmesideliidestest, mis võimaldab suhelda erinevate tootjate automaatikakomponentidega. Kontrollides pidevalt tööväljavõrgus signaallampide põlemist kilbis, sain olla kindel, et uued parameetrid on jõustunud ja käsud on rakendunud konveierliinile.

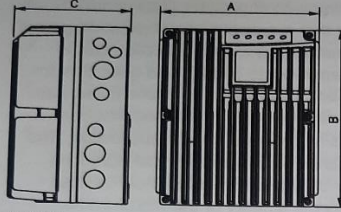
2.1 Machine track

Machine track on süsteem, mis suudab võtta infot mootoritest, kasutades Danfossi andmeedastuse platvormi, edastades info andmebaasi, kus töödeldakse infot ja edastatakse juhtimiskäsklustega optimaalse energiakuluga tagasi mootoriteni (vahemikus 1TA38–1TA46)

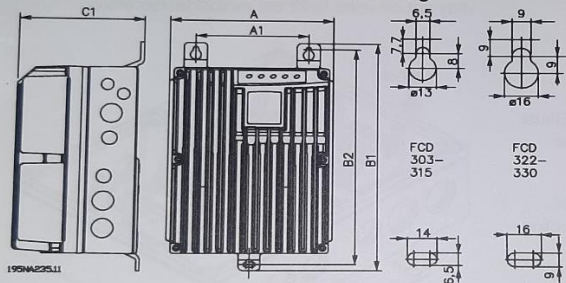
2.2 Danfoss

Danfossi juhtimine Profibussi kaudu toimub neile määratud aadresside kaudu, pidevalt kontrollides saadud andmete õigsust väljundi ja sisendi blokides, arvutades operaatori poolt määratud konveierliini parameetritele tuginedes. (Lisa 6)

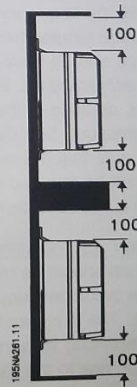
■ Mechanical dimensions, motor mounting



■ Mechanical dimensions, stand alone mounting



Mechanical dimensions in mm	FCD 303-315	FCD 322-330
A	192	258
A1	133	170
B	244	300
B1	300	367
B2	284	346
C	142	151
C1	145	154
Cable Gland sizes	M16, M20, M25 x 1.5 mm	
Space for cable inlets and service switch handle	100-150 mm	

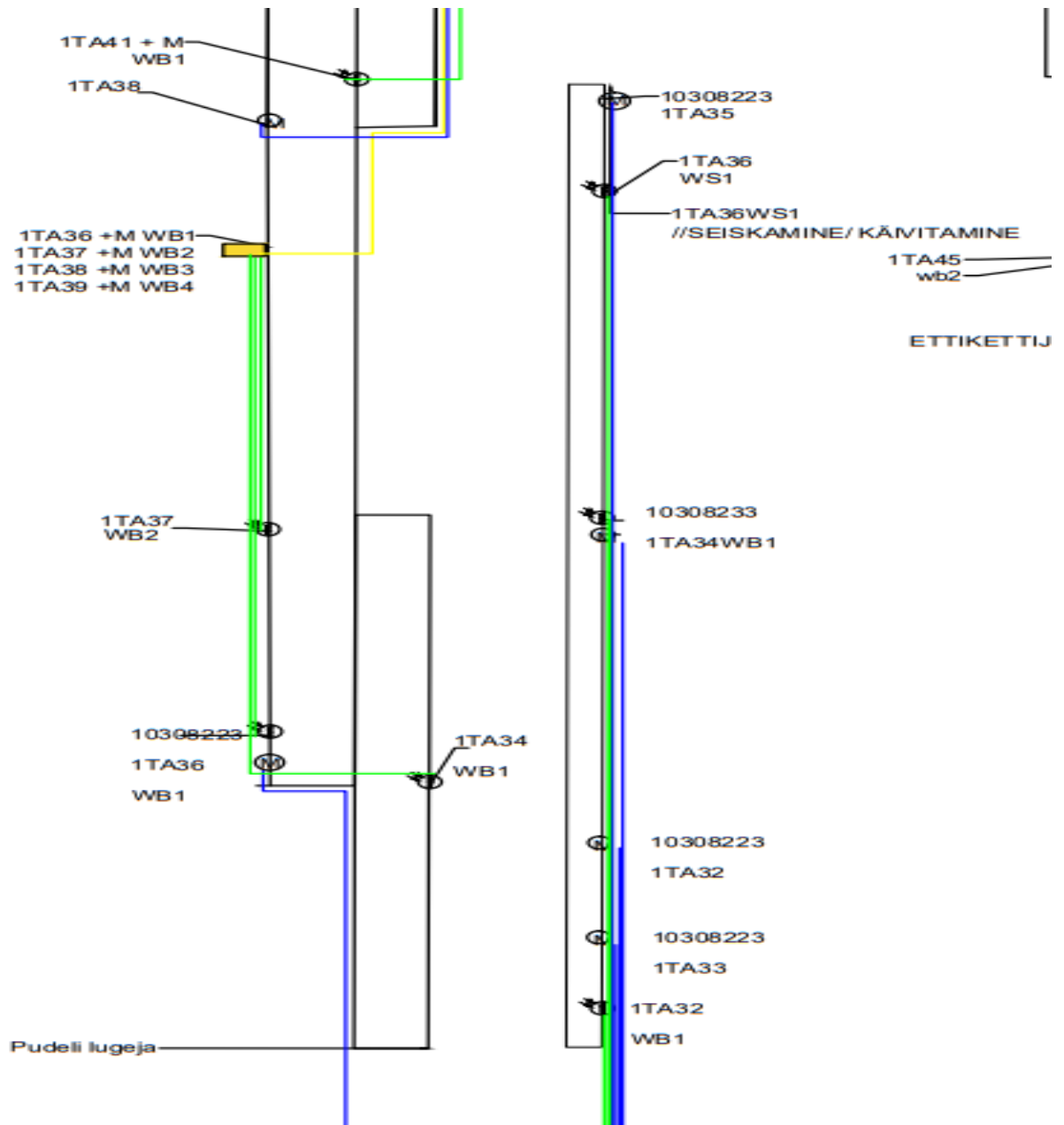


■ Spacing for mechanical installation

All units require a minimum of 100 mm air from other components above and below the enclosure.

Joonis 4: Danfoss VLT juhtmooduli mõõtmed; InnoLine container conveyor BTR machine number 89401288/800, Danfoss VLT FCD Series lk 73: 2022

Antud piirkond on üks olulisemaid piirkondi tehases. Konveierliini moodustavad linnid, mis jooksevad rullikutel, millest osad on passiivsed tugiliikurid ja osad on veorullikud. Süsteemi veavad tigureduktoriga veomootorid. Mootorid saavad käsud põhijuhtimisekeskusest. Põhijuhtimises toimub konveierliinilt info analüüsimine ajaliselt ning anduritelt saadud mõõdiste edastamine loogikasüsteemi. Süsteemi käsitlemise eest vastutavad operaator ja seadistaja, kes lisavad süsteemi pudelite margi ja programmi andmed.



Joonis 3: Konveierliini piirkond 1TA32 – 1TA35

2.3 Soovitused probleemi lahendamiseks ja tähelepanekud.

Jälgisin konveierliinidel toimivat süsteemi ning panin kirja enda tähelepanekud, mis toimusid iga sortimendi vahetusega. Panin kirja, mitu pudelit kukkus kogumiskasti. Tulemuste parandamiseks paigaldasid Wi-Fi HD 1080p kaamerad. Kasutasin kaamera salvestusi infokorjeks. Igal päeval panin kirja vahetulemused, mis läks minu seadistusi kasutades paremaks ja mis muutus halvemaks. Lisainformatsiooni saamiseks pöördusin kogunud spetsialistide poole, koostades küsitluse. Küsitluse tulemusel muutsin Siemens Simatic süsteemis olevaid parameetreid kohtadel, mis langesid kokku minu ja spetsialisti arvamusele tuginedes.

Järgnevalt on toodud intervjuude tulemused:

Konveierliini PET 2 tööline:

Pudelid libisevad konveierliini rajalt välja ning vahel tulevad ka tühjad pudelid villijast. Tulemuseks on radade ummistused ja tööliste koormamised ning tootmise seisakud. Lahenduseks on kiiruste ühtlustamine konveierliinil ning seadistuste korrigeerimine.

Konveierliini PET 2 tööline:

Pudelid kiiluvad paljudes kohtades kinni ning pudelid kukuvad. Lahenduseks on leida sobiv programm, millega konveierliini rajad töötavad ühtlasemalt.

A.Le Coqi juhtiv automaatlik :

Konveierliinil PET 2 esineb tõrkeid piirkonnas (1TA35- 1TA46), põhjusteks võib olla konveierlintide erinev pudelite edastamise kiirus, mis on tingitud programmi parameetrite erinevusest. Põhjus, mis võib veel mõjutada, on konveierliinile pudelite mahutamine. Konveieri lindilõigule tuleb villijast ühes reas pudelid, mis kogutakse mitmesse ritta ja toimub pudelite libisemine ja kukkumine, mis tekitab ummistusi. Ummistuste tekkides seiskub konveierliin ja villija töö.

2.4 Konveierliini sõlmed

Mootorid, mis töötavad konveierliinil, on ühendatud automaatika süsteemi, mis annab signaali tiguülekanemootori juhtimise blokki. Konveierliini töös hoidmiseks on vaja mootorit, mis veab linte edasi, mille peal pudelid liiguvad. Veomootori sõlme moodustavad tigureduktori ja sagedusmuunduriga Siemens D90441 asünkroonmootorid. Tigureduktor tagab aeglustustegurile veovõlli ühtlase liikumise, tulemuseks ühtlase kiirusega konveierliini liikumine.

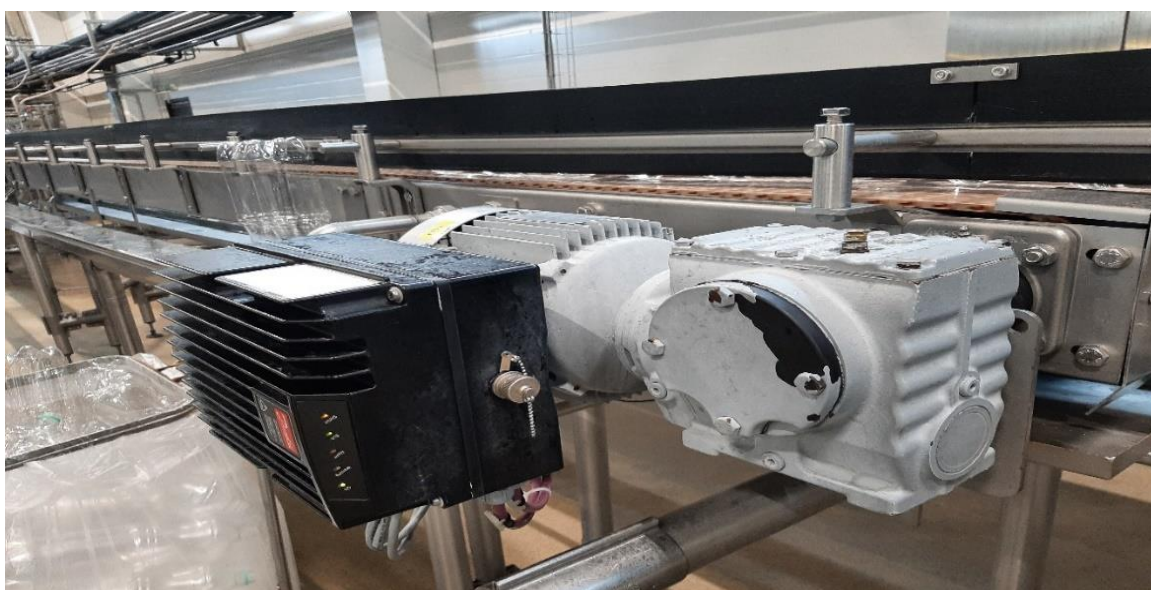
Siemens D90441 mootorid on, kolmefaasilised madalpinge mootorid, mille eelised on vähene vibratsioon, töö sagedusmuunduriga standardvarustuses ja lihtsamad seadistamised.

Mootorite andmed toitepinge sagedusel 50 Hz on esitatud Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Mootorite karakteristikud

Ühendusviis	Tähtühendus	Y
Nimipinge	400	V
Nimivool	1,65	A
Võimsus	0,55	kW
Võimsustegur	0,66	
Pöörlemiskiirus	935	p/min
IE klass	IE2	

[2]



Joonis 6: Mootor koos reduktori ja sagedusmuunduriga

3 Konveierliini andmete kogumine ja selle vajalikkus.

3.1 Andmete kogumine

Lähtuvalt ülesande püstitusest alustasin tootmistehhis tootmise jälgimist konveierliini piirkonnas (1TA35–1TA46), edaspidi piirkond. Etappide loomisel lähtusin küsitluse tulemustest ning alustasin tööd. Panin kirja piirkonna alad, mis mootorite vahemikus objekte otsime. Paigaldasin konveierliini kohale kaamerad (Wi-Fi HD1080p), mille põhifookuse suunasin piirkonda, kus on täheldatud ümberminekut ja ummistust. Asusin piirkonda jälgima ja panin kirja kohal toimuvad muutumised/täheldused. Tähelduste kinnituse saamiseks vaatasin kaamera salvestusi, mis on salvestatud 24 tundi uurimiskohast. Märkasin konveierliinil teatud erinevusi normaaljuhtudest. Alustasin olukorra lahendamist konveierliinimootori hetke parameetri üles kirjutamisest. Mootori pöörlemissagedust võrdlesin tema maksimumi ja miinimumi vahemikuga süsteemis. Seadistasin mootorile uue parameetri ja jälgisin konveierliini 1. piirkonda ning kuidas käitub konveierliinide süsteem üldiselt. Teen järeldused.

3.2 Andmete analüüs

Kogusin andmeid kohapeal kirjanemiseks. Analüüsisin nähtust videokaamera (Wi-Fi HD 1080p) ning jälgisin Simatic hmi operaatori paneelist töötamise ja mahutavuse protsente. Võrdlesin villimistoodangu tulemustega, kuna antud konveierliinile (1TA35–1TA46) saabuvad pudelid villimismasinast. Küsitlesin kogunud spetsialiste, kes haldavad igapäevaselt juhtimise ja tootmise protsesse. Konveierliini mootorite haldamiseks teen joonised Autocad tarkvaras. (Lisa 4) Raja 3D mudeli visandan Sketchup tarkvaras.

3.3 Tulemuste saamine

Panin kirja konveierliinil kõige sagedamini kukkuvate pudelite nimed (Aura 0,5 l gaasiga Pet; Aura 1,5 l gaasiga Pet) ja võrdlesin Aura Mg 0,75 l gaasiga Pet pudeliga. Tegin materjalile ning pudelikujule analüüsi. Viisin läbi katsed ning jälgisin olukorda konveierliinil.

3.4 Polüetüüleentereftalaat (PET pudeli võrdlus)



Pilt7 : Joonisel vasakul Aura 0,5 l gaasita, Aura 0,75 l gaasiga, Aura 1,5 l gaasita pudeli kuju ja suuruse võrdlus visuaalselt

3.5 PET pudelite kaal ja kuju

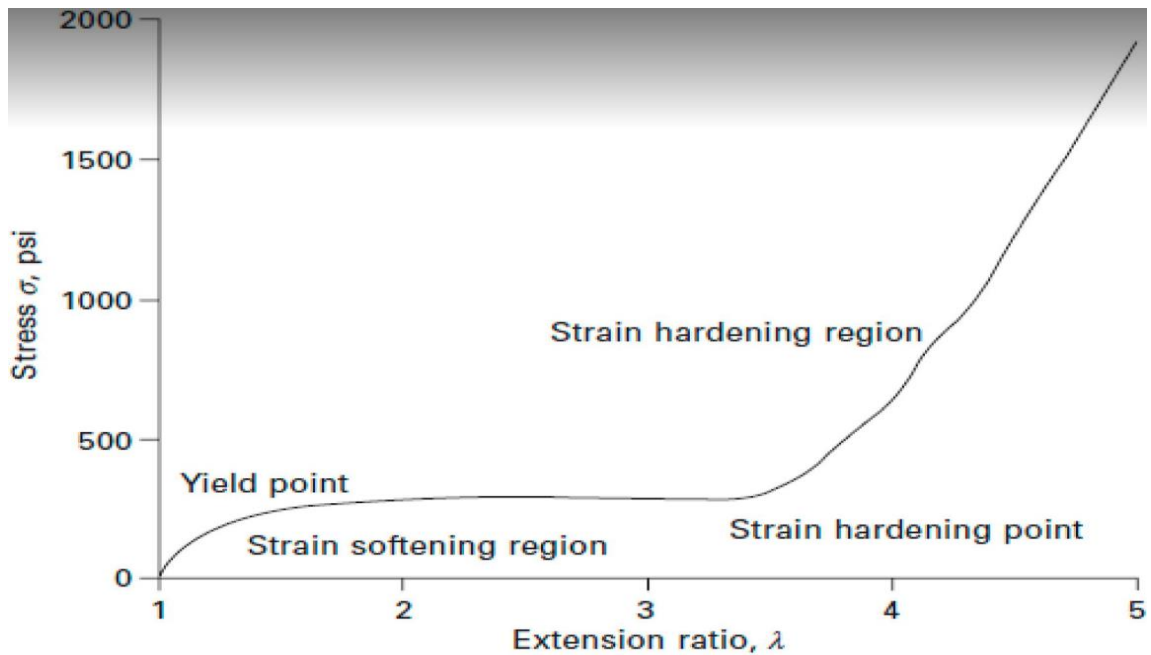
Kasutades kogutud infot, sortisin pudelid, mille materjal on sama, kuid pudeli kuju ja kaal on erinevad. Kaalusin pudelid, mis lähevad teistest sagedamini ümber, et saada teada, millise massiga pudel teist pudelit mõjutab ja kuidas on seotud konveierliinide kiirus pudelite inertsiiga. Impulss = $m \times v$, kus m on mass ja v pudeli joonkiirus

Tabel 1: PET pudeli tõrke sõltuvus materjali kujust ja kaalust

Pudeli nimetus:	Pudeli materjal ja kuju	Tootmisel esinenud väljaviske korrad	Pudeli kaal grammides (jook + pudel)
AURA 0,75 l Mg gaasita	PET õhuke /ümar	3	809 g
Aura 0,5 l gaasiga	PET paksem /piklik	8	493 g
Aura 1,5 l Gaasita	PET paksem/ piklik	7	1475 g

3.6 PET pudeli materjal keemilisest vaatenurgast

Polüetüleentereftalaat ehk PET on üks pakenditööstuses kõige enam kasutatavaid polümeere. Euroopa pakenditööstuses on kasutusel 16 % PET joogipudeleid. PET joogipudelite mehaanilisi omadusi mõjutavad mitmed tegurid. Materjali kristallisuse aste ja deformatsiooni aste määravad ära pudelite paindumise, mida on võimalik jälgida tüve pehendamise piirkonnas (Pilt 8). Graafikul on toodud välja elastsuspiirkond, kus pehendamise piirkond asendub deformatsiooni piirkonnaga. Deformatsiooni pehendamise piirkonnas muutub pinge kuni painepiiriga võrdsele tasemele, saavutades materjali deformatsiooni konstantseks. Materjali paindumus on tingitud spetsiifilistest keemilisest struktuuridest ja estrite olemasolust polümeeri peaahele, mis mõjutavad PET pudeli paindetegurit konveierliinil.

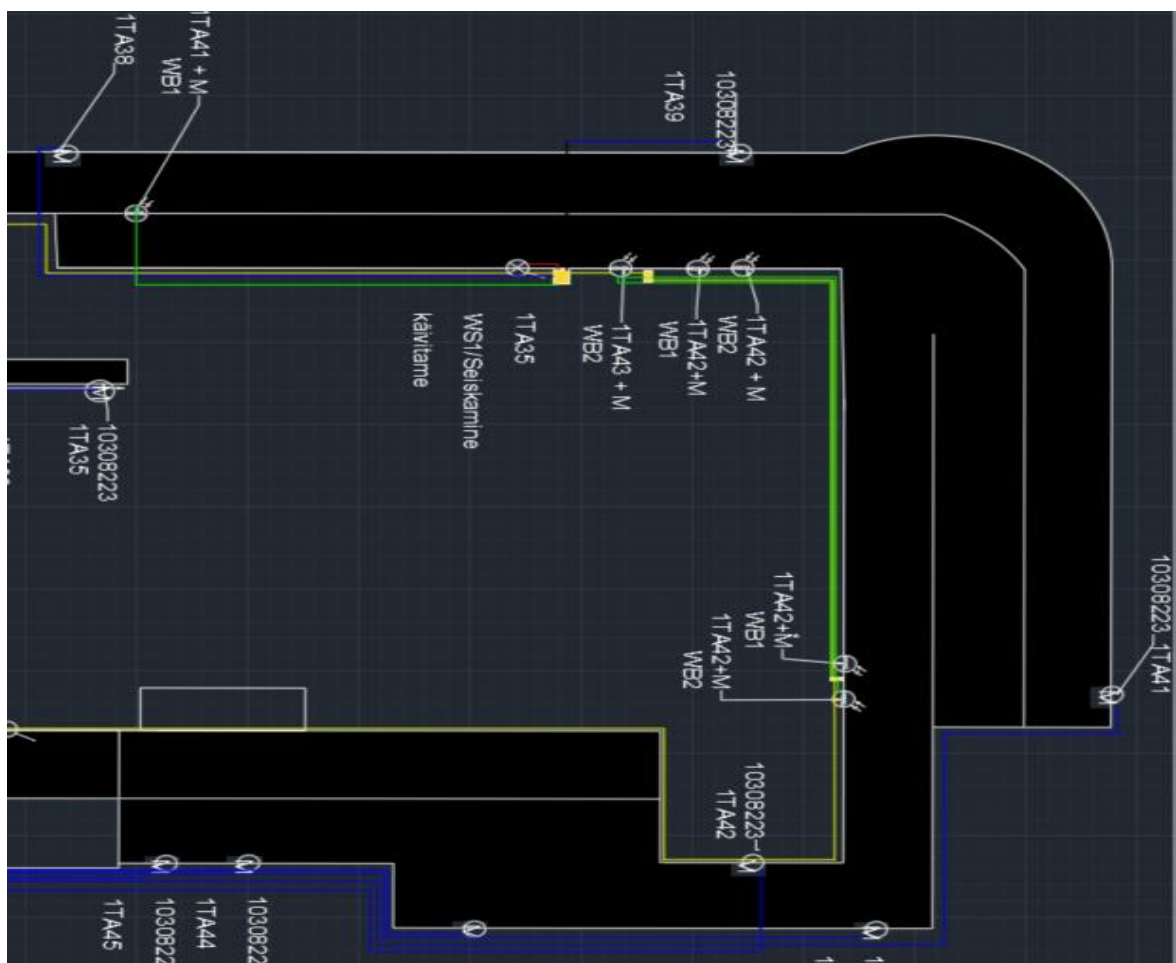


Pilt 8: PET pudeli elastsuspiirkond pehmenduspiirkond [3]

Konveierliinil märkasin materjali ja pudeli raskuskeskme olulist seost. Pudel oma inertsiga põrkab vastu liinil olevat seinat, põrkab vastu teisi pudeleid, haarates kaasa pudeleid, mis ootasid kohaletoometamist järgmisesse piirkonda. (Pilt lisa 1). Pudelid seisavad niikaua püsti kuni raskusekeskmest lähtuv jõuvektor (raskusjõud + muude jõudude resultantjõud) jääb selle keha toetuspinnale sisse. Külgsuunalise jõu osas on tundlikumad väiksema toetuspinnaga ja kõrgel paikneva raskusekeskmega pudeleid. Vedelikega täidetud pudeleid mõjutab vedelike loksumise resonants. Olukorda analüüsid märkasin, kuidas esimesed pudeleid kukuvad, kuna põrkel vastu seinat ei ole toetuda pudelil teisele pudelile. (Lisa 2) Pudelid, mis ei libise kogumispunkti, tekitavad piirkondades ümmistusi (Lisa 3). Pudelid materjali keemiline koostis ning raskuskeskme asukoha muutumine jõudude tõttu, on seoses pudelite kukumisega konveierliinil.

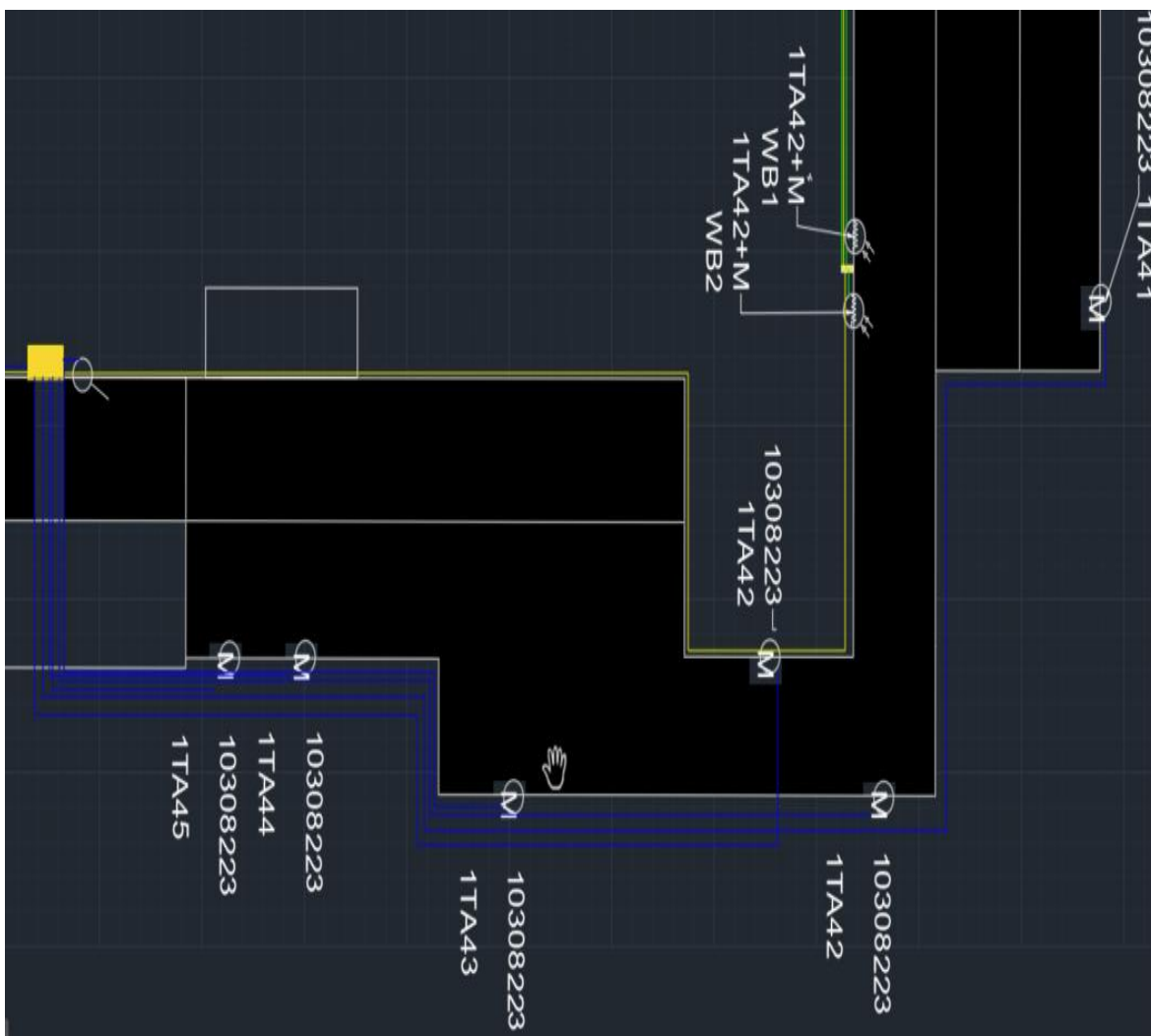
3.7 Konveierliini ummistus

Masskonveieril tekivad pudelite ummistused kohtades, kus rajad pööravad, lisaks saabusid töötlemisele villimise masinast pikali pudelid, mis olid vedelikku täis. Pudelid, mis olid täis ja püsti, juhtisid pikali olevad pudelid kaugemale, tekitades uues pöörakukohas suurema ummistuse, põhjuseks ristised pudelid, kus ei ole võimalik uutel pudelitel läbi pääseda. Teiseks oluliseks faktoriks, miks pudelid kukuvad, on liine vedavate mootorite erinevad pöörlemissagedused. Lintide üleminekukohtades (lindid ei ulatu kogu konveieri ühest otsast teiseni, vaid on mitu lühemat linti järjestikku) on järsud kiiruse muutused ja pudelid kukuvad ümber. Ummistused tekivad mootorite vahemikus 1TA38_1TA41.



Pilt 9: Ummistuste piirkond mootorite vahemikus 1TA38 kuni 1TA45

Teine ummistuse piirkond on vahemikus 1TA42 kuni 1TA45. Põhjuseks on konveierliini rajapiirded, mis on jäigad, erinev mootorite rootorite pöörlemiskiirus ning pudelite kiirus. Pöörakukohal on takistus, mis ei luba 1TA42 kuni 1TA43 mootoritevahelisel liinilõigul piisavalt efektiivselt pudeleid transportida ja pudelid tekitavad ummistuse. Seda põhjust aitab lahendada pudelite alumise pinna karedamaks tegemine või lindi hõõrdetegurite suurendamine. Tulemuseks valmib süsteem, kus esineb vähem ummistusi ning villimise ja etikettimise masina tootmise seisakuid. Masinate mittetöötamine põhjustab energia suuremat tarvet, kuna seadmete käivitamiseks kulub rohkem energiat kui seadmete töös hoidmiseks. (Lisa 5)



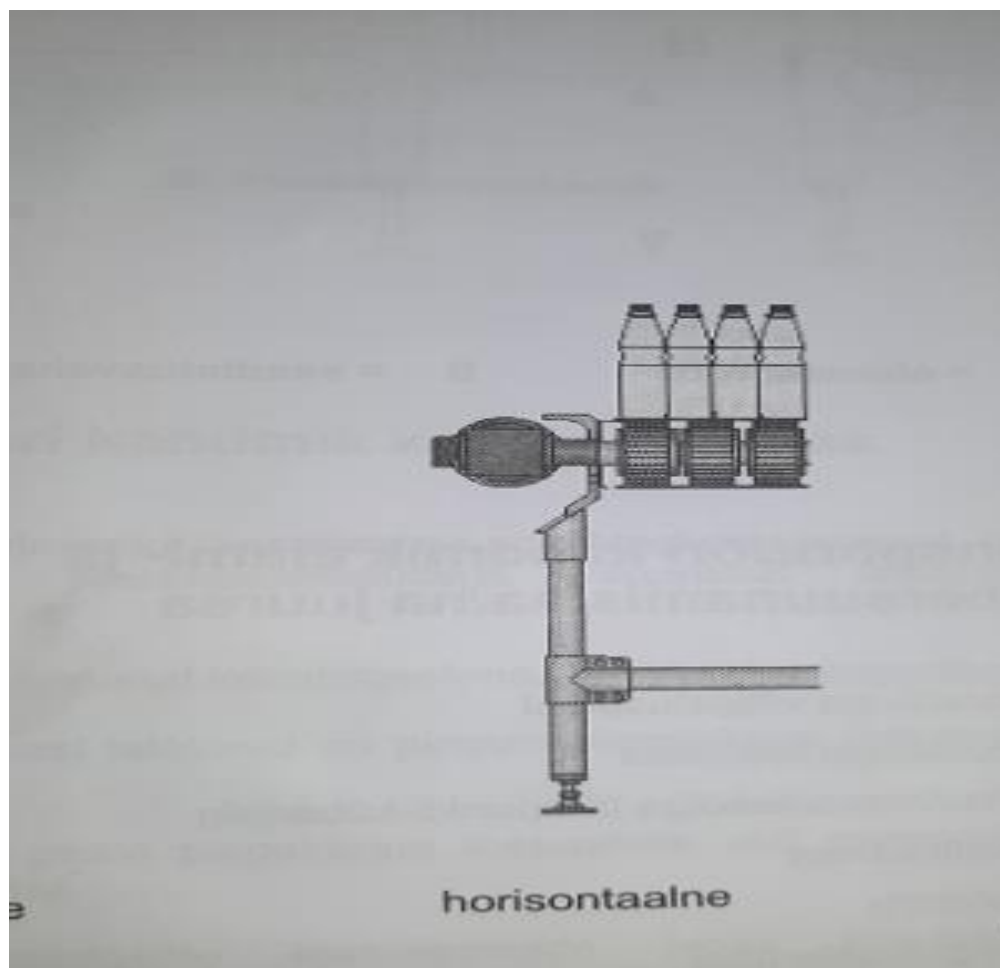
Konveierliini piirkond 1TA42 kuni 1TA43

4 Piirkond 1TA38-1TA45

Tehase tootmiseüksuses „PET 2“ avastati uuendamise käigus oluline viga, mis avaldub tehase majanduslikus toodangu kasulikkuse aruandluses ning tootmise mahus. Konveierliinide piirkond 1TA38–1TA45 on problemaatiline konveierliini osa, mootorite juhtimise ning oluliste seisakute põhjustajaks. Probleemide tekkimises mängivad ilmselt rolli mitmed erinevad tegurid, kuid konkreetset põhjust konveierliini seisakute tekkimisel ei ole tuvastatud. Konveierliini seisakud tekitavad häiringuid villimise töös. Tehasepoolne lahendus hetkel on loodud kasutades kummilinti, mis annab pudelitele võimaluse kiiresti liikuda konveierlindil, kukutamata maha suuremat hulka pudeleid. Piirkonnas (1TA38-1TA45) toimusid seisakud pudelite poolt tekitatud ummistuste ja konveierliinide täitumise tõttu ajahetkel, kui kurvilistes kohtades jäi läbilaskevõimekusest puudu. Läbilaskevõime andur seiskas süsteemi ja villimise masin ning tööprotsess aeglustusid.



Joonis 12: Anumatransportöör koos ümbersuunaja ja ajamiga, (Innoline Kasutusjuhend Anumatrasportöör BTR, KHS 2022)



Joonis 13: Anumtrasportöör koos übersuunaja ja ajamiga , (Kasutusjuhend Anumatrasportöör BTR;11.2022).

4.1 Varasemad lahendused probleemi lahendamiseks

- Kummilindi kasutamine
- Uue programmi tegemine
- Konveiersüsteemi parameetrite korrigeerimine
- Operaatori paneeli ja Profibus süsteemi paigaldamine

4.2 Hüpotees konveierliini parandamiseks

1. (Masskonveierilt) saabuvad ilma gaasita pudelid, mis on pehmed. Pudelid surutakse kokku surve all ning siis vabaneb ja haarab endaga kaasa ka teised lähikonnas olevad pudelid, tuleb uurida pudeli keemilisi koostisosasid.
2. Konveierliinil olevad mootorite kiiruse käivituse seadistused ei ole sünkroonis. Pudelid kukuvad konveierliini lintide üleminekute vahetamisel pikali.
3. Liinile transporditakse pudelid juba villijast pikali. Konveieril olev pudel põrkub teiste pudelite vastu kukutades ka teised plastpudelid pikali.
4. Liin ei ole sirge ja omab pöörakukohti, mille tulemusena erisortimendiga pudelid kukuvad.

4.3 Töö käik

1. Paigaldan kaamerad (2tk), mis võimaldavad jälgida konveierirajal toimuvaid protsesse reaajas, salvestada toodangu videofaili taasesitamise formaadis, tuvastades põhjuse, miks pudelid libisevad rajalt välja.
2. Koostan raja detailse joonise kasutades AutoCAD 2022 tarkavara.
3. Koostan raja 3D mudeli kasutades Sketchupi tarkavara.
4. Koostan mootorite parameetrite tabeli kasutades Microsoft Excelit.
5. Muudan raja kiiruse seadistusi ja leian parameetrid, mis toimivad.
6. Testin süsteemi.

Probleemi eeldatav lahendus

Paigaldame konveierrajale kaamerad, mis võimaldavad meil jälgida rajal toimuvat, ning ka salvestada infot võrdlemiseks.


1. Muudame mootorite parameetreid.
2. Lisame liinile puhverlauda.
3. Paigaldame raja algusesse foori (operaatorile), kus on olemas 3 erinevat värvi töö olekutest (punane = rike, kollane = ummistus, roheline= süsteem toimib korrapäraselt) ning teeme programmi ja seadistame andurid, mis ütleb, kui raja andurid on tõugatud olekusse 1. Tulemuseks operaatori väiksem töökoormus.
4. Jälgime inimeste tööd muudatuste tegemise järel.

4.4 Konveierliini uuendused vahemikus 1TA35–1TA46

- 1) muudetud konveieri ühel poolel piirdeid kõrgemaks
- 2) muudetud tigumootori pöörlemissagedust
- 3) lisatud kaamera (Wi-Fi, juhtmega 1080p)
- 4) vahetatud operaatoripaneel
- 5) lisatud kiirem juhtimise süsteem

4.5

Konveierliini pudelisortimentide päringud vanade andmetega



KHS
Filling and Packaging - Worldwide

Seadistuskorraldused

Parameetrite seadistamine

PG-ga on võimalik seadistada ette kõiki parameetreid. Alternatiivselt saab tähtsaimaid parameetreid seadistada juhtmonitori kaudu. Need kuvatakse menüüpunkti **Parameter => Softcontrol** all.

Põhimõtteliselt tuleb käikuvõtmisel RP-ajamite vastavale sordile kehtivad kiirused ajamite tegurite kaudu DB900 "DB_Type" ühekordselt ette seadistada. Seejuures tuleb jälgida RP-i pudelite liikumist.

Eesmärgiks on seadistada RP ajamid astmeliselt ja ilma reguleerimiseta ette nii, et pudelid sõidaksid mööda RP-d u. 15 kuni 20 mm vahekaugustega.

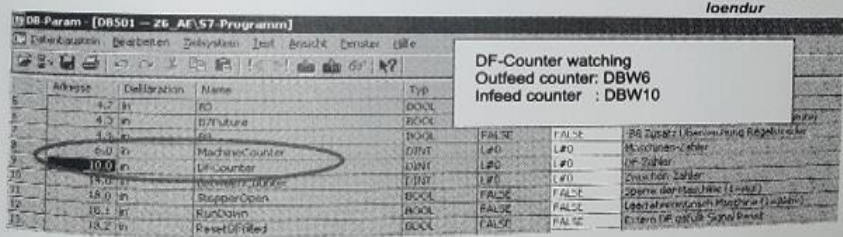
Oluline on parameetriga 1 **MachineCorrectionFactor** (1) (masina sobitustegur) RP masina suhtes kohandada. Analoo signaalide vahetamisel tekib masinakiiruses tihti kerget kõrvalekaldeid, mida on võimalik eelneva abil kompenseerida.

Pärast eelseadistuse läbiviimist saab RP koos reguleerimisega käiku võtta.

Põhiparameetrite abil peaks olema võimalik tagada RP funktsioneerimine keskmisel võimsusel.

Reguleerimise korrektse talitlusfunktsiooni tagamiseks on ülioluline tahtsusega sisestus- ja väljastusloendur üle kontrollida. Üksikuid loendureid on võimalik RP vastaval instantsandmekomponendil jälgida.

Joonis 7-2 :
Instantsandmekomponent DB501 RP loendur



Address	Declaration	Name	Type
4.2 in	EO		BOOL
4.3 in	D7Mutue		BOOL
4.4 in	ES		BOOL
6.0 in	MachineCounter		DINT
10.0 in	DF-Counter		DINT
14.0 in	Downer1-Door		DINT
15.0 in	StopperOpen		BOOL
16.1 in	RunDown		BOOL
18.2 in	ResetUFired		BOOL

Näide: Instantsandmekomponent DB501 RP loendur

Loendurid peavad töötama rahulikult ja ühtlaselt. Ebakorrapärasuste või loendurite ekstreemsete erinevuste korral tuleb väljastusloendur (masinatakt) või sisestusloendur (B1) üle kontrollida. Loendurite hüppamine on üheks märgiks, et FS-B1 või masinatakti signaalid ei ole korrektsed.

7-09

01 SoftControl TR SC

Joonis 14: Parameetrite seadistamine: (Kasutusjuhend Anumatransportöör BTR; KHS 11.2022)

5 Konveierajami parameetrid piirkonnas (1TA38 _1TA45)

"DB_Type02 ACT 1500"

Address	Name	Type	Initial value	Actual value	Comment
1680.0	T52.TypeFactor	INT	100	130	Correction factor type
1682.0	T52.F1	INT	100	140	Factor 1
1684.0	T52.F2	INT	120	80	Factor 2
1686.0	T52.F3	INT	110	95	Factor 3
1688.0	T52.F4	INT	95	0	Factor 4
1690.0	T52.Vmin	INT	200	270	Minimum setpoint
1692.0	T52.StepPlus	INT	5	20	Softstep +
1694.0	T52.StepMinus	INT	5	10	Softstep -
1696.0	T52.AccelerationRamp	INT	20	5	Start ramp frequency converter
1698.0	T52.DesaccelerationRamp	INT	20	20	Stop ramp frequency converter
1700.0	T52.TonB1	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	On-delay -B1
1702.0	T52.ToffB1	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	Off-delay -B1
1704.0	T52.TonB2	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	On-delay -B2
1706.0	T52.ToffB2	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	Off-delay -B2
1708.0	T52.TonB3	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	On-delay -B3
1710.0	T52.ToffB3	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	Off-delay -B3

Joonis 15: konveierajami parameetrid :DB_Type02 ACT 1500

"DB_Type03 Uus 2000"

Address	Name	Type	Initial value	Actual value	Comment
1680.0	T52.TypeFactor	INT	100	100	Correction factor type
1682.0	T52.F1	INT	100	150	Factor 1
1684.0	T52.F2	INT	120	110	Factor 2
1686.0	T52.F3	INT	110	75	Factor 3
1688.0	T52.F4	INT	95	0	Factor 4
1690.0	T52.Vmin	INT	200	500	Minimum setpoint
1692.0	T52.StepPlus	INT	5	20	Softstep +
1694.0	T52.StepMinus	INT	5	10	Softstep -
1696.0	T52.AccelerationRamp	INT	20	5	Start ramp frequency converter
1698.0	T52.DesaccelerationRamp	INT	20	20	Stop ramp frequency converter
1700.0	T52.TonB1	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	On-delay -B1
1702.0	T52.ToffB1	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	Off-delay -B1
1704.0	T52.TonB2	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	On-delay -B2
1706.0	T52.ToffB2	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	Off-delay -B2
1708.0	T52.TonB3	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	On-delay -B3
1710.0	T52.ToffB3	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	Off-delay -B3

Joonis 16: konveierajami parameetrid : DB_Type03 Uus 2000

"DB_Type04 ALC / RC 500"

Address	Name	Type	Initial value	Actual value	Comment
1680.0	T52.TypeFactor	INT	100	115	Correction factor type
1682.0	T52.F1	INT	100	150	Factor 1
1684.0	T52.F2	INT	120	90	Factor 2
1686.0	T52.F3	INT	110	0	Factor 3
1688.0	T52.F4	INT	95	0	Factor 4
1690.0	T52.Vmin	INT	200	1000	Minimum setpoint
1692.0	T52.StepPlus	INT	5	15	Softstep +
1694.0	T52.StepMinus	INT	5	10	Softstep -
1696.0	T52.AccelerationRamp	INT	20	20	Start ramp frequency converter
1698.0	T52.DesaccelerationRamp	INT	20	20	Stop ramp frequency converter
1700.0	T52.TonB1	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	On-delay -B1
1702.0	T52.ToffB1	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	Off-delay -B1
1704.0	T52.TonB2	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	On-delay -B2
1706.0	T52.ToffB2	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	Off-delay -B2
1708.0	T52.TonB3	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	On-delay -B3
1710.0	T52.ToffB3	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	Off-delay -B3

Joonis 17: konveierajami parameetrid : DB_Type04 ALC / RC 500

"DB_Type05 ALC 1500"

Address	Name	Type	Initial value	Actual value	Comment
1680.0	T52.TypeFactor	INT	100	120	Correction factor type
1682.0	T52.F1	INT	100	140	Factor 1
1684.0	T52.F2	INT	120	80	Factor 2
1686.0	T52.F3	INT	110	95	Factor 3
1688.0	T52.F4	INT	95	0	Factor 4
1690.0	T52.Vmin	INT	200	1000	Minimum setpoint
1692.0	T52.StepPlus	INT	5	20	Softstep +
1694.0	T52.StepMinus	INT	5	10	Softstep -
1696.0	T52.AccelerationRamp	INT	20	5	Start ramp frequency converter
1698.0	T52.DesaccelerationRamp	INT	20	20	Stop ramp frequency converter
1700.0	T52.TonB1	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	On-delay -B1
1702.0	T52.ToffB1	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	Off-delay -B1
1704.0	T52.TonB2	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	On-delay -B2
1706.0	T52.ToffB2	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	Off-delay -B2
1708.0	T52.TonB3	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	On-delay -B3
1710.0	T52.ToffB3	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	Off-delay -B3

Joonis 18: Konveierajami parameetrid : DB_Type05 ALC 1500

"DB_Type06 LN 500"

Address	Name	Type	Initial value	Actual value	Comment
1680.0	T52.TypeFactor	INT	100	100	Correction factor type
1682.0	T52.F1	INT	100	180	Factor 1
1684.0	T52.F2	INT	120	90	Factor 2
1686.0	T52.F3	INT	110	0	Factor 3
1688.0	T52.F4	INT	95	0	Factor 4
1690.0	T52.Vmin	INT	200	900	Minimum setpoint
1692.0	T52.StepPlus	INT	5	15	Softstep +
1694.0	T52.StepMinus	INT	5	10	Softstep -
1696.0	T52.AccelerationRamp	INT	20	20	Start ramp frequency converter
1698.0	T52.DesaccelerationRamp	INT	20	20	Stop ramp frequency converter
1700.0	T52.TonB1	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	On-delay -B1
1702.0	T52.ToffB1	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	Off-delay -B1
1704.0	T52.TonB2	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	On-delay -B2
1706.0	T52.ToffB2	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	Off-delay -B2
1708.0	T52.TonB3	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	On-delay -B3
1710.0	T52.ToffB3	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	Off-delay -B3

Joonis 19: Konveierajami parameetrid : DB_Type06 LN 500

"DB_Type07 1L"

Address	Name	Type	Initial value	Actual value	Comment
1680.0	T52.TypeFactor	INT	100	140	Correction factor type
1682.0	T52.F1	INT	100	120	Factor 1
1684.0	T52.F2	INT	120	80	Factor 2
1686.0	T52.F3	INT	110	95	Factor 3
1688.0	T52.F4	INT	95	0	Factor 4
1690.0	T52.Vmin	INT	200	270	Minimum setpoint
1692.0	T52.StepPlus	INT	5	20	Softstep +
1694.0	T52.StepMinus	INT	5	10	Softstep -
1696.0	T52.AccelerationRamp	INT	20	5	Start ramp frequency converter
1698.0	T52.DesaccelerationRamp	INT	20	20	Stop ramp frequency converter
1700.0	T52.TonB1	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	On-delay -B1
1702.0	T52.ToffB1	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	Off-delay -B1
1704.0	T52.TonB2	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	On-delay -B2
1706.0	T52.ToffB2	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	Off-delay -B2
1708.0	T52.TonB3	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	On-delay -B3
1710.0	T52.ToffB3	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	Off-delay -B3

Joonis 20: Konveierajami parameetrid : DB_Type07 1L

"DB_Type08 RC 1500"

Address	Name	Type	Initial value	Actual value	Comment
1680.0	T52.TypeFactor	INT	100	100	Correction factor type
1682.0	T52.F1	INT	100	175	Factor 1
1684.0	T52.F2	INT	120	85	Factor 2
1686.0	T52.F3	INT	110	100	Factor 3
1688.0	T52.F4	INT	95	0	Factor 4
1690.0	T52.Vmin	INT	200	270	Minimum setpoint
1692.0	T52.StepPlus	INT	5	20	Softstep +
1694.0	T52.StepMinus	INT	5	10	Softstep -
1696.0	T52.AccelerationRamp	INT	20	5	Start ramp frequency converter
1698.0	T52.DesaccelerationRamp	INT	20	20	Stop ramp frequency converter
1700.0	T52.TonB1	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	On-delay -B1
1702.0	T52.ToffB1	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	Off-delay -B1
1704.0	T52.TonB2	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	On-delay -B2
1706.0	T52.ToffB2	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	Off-delay -B2
1708.0	T52.TonB3	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	On-delay -B3
1710.0	T52.ToffB3	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	Off-delay -B3

Joonis 21: Konveierajami parameetrid : DB_Type08 RC 1500

"DB_Type09 ALC 750"

Address	Name	Type	Initial value	Actual value	Comment
1680.0	T52.TypeFactor	INT	100	140	Correction factor type
1682.0	T52.F1	INT	100	110	Factor 1
1684.0	T52.F2	INT	120	50	Factor 2
1686.0	T52.F3	INT	110	0	Factor 3
1688.0	T52.F4	INT	95	0	Factor 4
1690.0	T52.Vmin	INT	200	900	Minimum setpoint
1692.0	T52.StepPlus	INT	5	15	Softstep +
1694.0	T52.StepMinus	INT	5	10	Softstep -
1696.0	T52.AccelerationRamp	INT	20	20	Start ramp frequency converter
1698.0	T52.DesaccelerationRamp	INT	20	20	Stop ramp frequency converter
1700.0	T52.TonB1	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	On-delay -B1
1702.0	T52.ToffB1	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	Off-delay -B1
1704.0	T52.TonB2	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	On-delay -B2
1706.0	T52.ToffB2	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	Off-delay -B2
1708.0	T52.TonB3	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	On-delay -B3
1710.0	T52.ToffB3	S5TIME	S5T#3S	S5T#3S	Off-delay -B3

Joonis 22: Konveierajami parameetrid : DB_Type09 ALC 750"

5.1 Konveierliini pudelisortimentide päringud muutes mootori parameetreid (katsed)

Tehases konveierliinil korraldasin tulemuste saamiseks ja võrdlemiseks katseid, mille parameetreid jälgiti koheselt, analüüspäevade lõikes ning vahetuse jooksul. Korraldasin rea katseid, kus erinevate toodete pudelite korral muutsin konveierliini veomootorite parameetreid protsentides ja lugesin kokku ümberkukkunud pudelid. Minu muudetud parameetrid avalduvad ajalistes parameetrites, kus masin arvutab välja kiirendamise ja vähendamise protsessi protsendi (%) sisestatud väärtustele.

KATSE number	Mootor 1TA41 Faktor1	Mootor 1TA42 Faktor 2	Mootor 1TA43 Faktor 3	Mootor 1TA44 Faktor 4
1	400 %	400%	200%	150%
2	400%	390%	180%	150%
3	400%	380%	220%	145%
4	400%	380%	227%	145%
5	400%	380%	228%	145%

Tabel 1: Mootorite parameetrid Aura Active pudelite transportimise tarbeks Uued Aura Active 0,5 l Pet pudeli mootorite parameetrid Kogus 19992TK (Roheline riba näitab sobivaid muudatusi konveierliinil)

Katsed number 1 ja 2: Tähelepanekuid ei olnud.

Katse number 3: Konveierliinide süsteemis vahemikus 1TA41–1TA44 on märgata, kuidas konveierlindil toodang liigub ühtlaselt, kuid ei ole optimaalne süsteem tehase täismahu tootmisele. Kahe tootmisprodukti vahel on vahe, kuhu mahuvad väiksemad pudelid kuhu oma diameetri poolest mahuksid väiksemad pudelid.

Katse number 4: Muudan konveierliini mootorite (42;43;44) parameetreid. Tulemuseks on ühtlased toodanguvahed ning pudelid ei kuku ega libise konveierilindilt välja kogumiskasti.

Katse number 5: Muudan konveierliini mootorite (42;43;44) parameetreid, omistan uued parameetrid konveierliinile. Märkan pudelite (toodete) kukkumist liinil massiliselt. Enne induktsioonadurit on pudelid tihedalt koos.

Katse number	Mootor 1TA41 Faktor 1	Mootor 1TA42 Faktor 2	Mootor 1TA43 Faktor 3	Mootor1TA44 Faktor 4
1	200%	400%	200%	200%
2	200%	350%	250%	200%
3	200%	375%	275%	200%
4	190%	380%	275%	190%
5	195%	350%	260%	180%

Tabel 2 : Uued Energy Beat 1.0 Pet pudeli parameetrid Kogus 18100 tk /h

Katse number 1: Tulemused ei muutunud ja ebakorrapäraseid muutusi süsteemis ei toimunud.

Katse number 2: Konveierliinide süsteemis vahemikus (1TA41–1TA44) valmistades toodangut Energy Beat on märgata, kuidas süsteem omistab endale uued parameetrid ja pudelid liiguvad ühtlaselt süsteemis ning enne andurit on ühtlaste vahedega koos.

Katse number 3: Konveiersüsteemis (määramispiirkonnas 1TA41–1TA44) on märgata pudelite ummistumist ja kukkumist konveierliini lindil. Liin seiskub täitumisveaga operaatoripaneelis.

Katse 4: Konveierliinil on märgata pudelite ummistust ja kukkumist lindil.

Katse number 5: Konveierliin töötab aeglasemalt ja süsteem ummistub, kuna villijast tuleb konveierliinide süsteemi rohkem toodangut kui lint jõuab ära teenindada.

KATSE number	Mootor 1TA38 Faktor 1	Mootor 1TA39 Faktor 2	Mootor 1TA41 Faktor 3	Mootor 1TA42 Faktor 4	Mootor 1TA43 Faktor 5	Mootor 1TA44 Faktor 6
1			400%	400%	200%	150%
2			400%	375%	215%	155%
3			395%	375%	215%	147%
4			395%	375%	215%	151%
5	402%	402%	395%	375%	217%	156%
6	402%	402%	395%	375%	217%	158%
7	402%	402%	395%	375%	217%	160%
8			405%	375%	220%	160%

Tabel 3: Uued VM Power Tallink 0.75 Pet pudeli parameetrid kogus 5328 tk/h

Katse 1: Tulemused ei muutunud ja ebakorrapäraseid muutusi süsteemis ei toimunud.

Katse number 2: Konveierliini süsteemis määramispiirkonnas (1TA38–1TA44) on märgata, kuidas transporditakse toodangut 6 pudelit rivis. Ummistusi ei esine ning pudeleid ei kogune kogunemiskasti, kuid pole optimaalne lahendus kiirust arvestades.

Katse number 3: Konveierliini süsteemis on jaotatud 5 kaupa ning ebaühtlaselt jõuab pudelikolonn andurini.

Katse number 4: Konveierliinil liiguvad pudeleid 8 kaupa liinil, on märgata liinil libisevaid pudeleid.

Katse number 6: Määramispiirkond (1TA38–1TA44) on süsteemis märgata juba pikali tulevaid pudeleid. Pudelite vahed on väga väikesed, mis on optimaalne tootmisele.

Katse number 7: Määramispiirkond (1TA38–1TA44) on pudeleid konveiersüsteemis 8 kaupa reas ning vahed on väikesed. Kurvilistes kohtades on pudelite puhvrid poolenisti täitunud.

Katse number 8: Konveierliinile parameetrid omistades liiguvad pudeleid ummikutesse ja tekitavad kurvides blokeeringud, tootmine seiskub.

KATSE	Mootor 1TA38 Faktor 1	Mootor 1TA39 Faktor 2	Mootor 1TA41 Faktor 3	Mootor 1TA42 Faktor 4	Mootor 1TA43 Faktor 5	Mootor 1TA44 Faktor 6
1	400%	400%	395%	375%	217%	160%
2	400%	400%	395%	375%	217%	162%
3	400%	400%	395%	375%	220%	164%
4	400%	400%	395%	377%	222%	166%
5	400%	400%	395%	377%	222%	168%
6	400%	400%	395%	377%	222%	170%
7	400%	400%	395%	377%	222%	172%

Tabel 4: Uued Vitaminal Power 0,75 Pet parameetrid 39996 tk/h

Katsete 1, 3, 4 ja 5 puhul ei tähendanud suuri muutusi

Katse number 2: Konveiersüsteemis andes uusi väärtusi mootoritele (1TA38–1TA44) märkan, kuidas enne etikettijat on suured vahed pudeliedastusel, enne andurit tulevad pudelid 2 kaupa ning on puhervahed sees.

Katse number 6: Konveierliinide süsteemis vahemikus (1TA342–1TA44) on pudelid enne andurit ja etikettijat ühtlaselt jaotunud. Keerakukohtades on puhvrid ühtlased ja ummistusi ei esine, pudelid konveierlindilt maha ei kuku.

Katse number 7: Konveierliinil vahemikus 1TA42–1TA43 pudelid kukuvad pikali ummistuse tekkimisel ning olemasolev kummist lint pörkab pudel vastu teisi pudeleid haarates kaasa ka teised samas vahemikus olevad pudelid. Etikettija ei jõua pudeleid vastu võtta.

KATSE	Mootor 1TA38 Faktor 1	Mootor 1TA39 Faktor 2	Mootor 1TA41 Faktor 3	Mootor 1TA42 Faktor 4	Mootor 1TA43 Faktor 5	Mootor 1TA44 Faktor 6
1	380%	390%	400%	402%	180%	145%
2	400%	400%	400%	400%	200%	150%
3	400%	400%	395%	375%	215%	165%
4	390%	395%	410%	360%	200%	160%

Tabel 5: Uued Artic Sport 0,75 l Pet parameetrid

Katse number 1, 2: On näha vahede tekkimist konveierliinil katse 4 tekib ummistused

Katse number 3: Märkan, kuidas pudelid liiguvad ühtlaselt ning keerukohad on stabiilsemalt pudelitega täidetud. Vahemikus 1TA43–1TA44 pudelite ummistusi ega pörkumisi ei esine.

KATSE	Mootor 1TA38 Faktor 1	Mootor 1TA39 Faktor 2	Mootor 1TA41 Faktor 3	Mootor 1TA42 Faktor 4	Mootor 1TA43 Faktor 5	Mootor 1TA44 Faktor 6
1	400%	400%	400%	400%	258%	150%
2	400%	400%	400%	396%	254%	152%
3	400%	400%	400%	396%	300%	154%
4	400%	400%	400%	396%	305%	160%

Tabel 6: Uued Kelluke 0,5 l Pet parameetrid kogus 6000 tk/h

Katse 1 ei näidanud tulemusi. Katse 3 ja 4 muutusid kiiruse, tootmisel seisakuid ei esinenud, kuid oli näha, et uued väärtused muudavad liini ebaühtlasemaks vahed konveierliinil.

Katse number 2: Pudelid liiguvad konveierlindil ühtlaselt, pudelite vahed on väiksed ning ummistusi ei esine, pudeleid koguneb kogumiskasti 2 (põhjus: villijast väljus pikali). Pudelid enne andurit ühtlaselt ning kurvides puhvrid stabiilselt pooltäitunud. Pudelid on pidevas liikuvuses ja tootmisseisakuid ei esine.



joonis 25: Ühtlaselt jaotunud Kellukese pudelid

KATSE	Mootor 1TA38 Faktor 1	Mootor 1TA39 Faktor 2	Mootor 1TA41 Faktor 3	Mootor 1TA42 Faktor 4	Mootor 1TA43 Faktor 5	Mootor 1TA44 Faktor 6	Mootor 1TA45 Faktor 6
1	300%	400%	400%	375%	150%	168%	200%
2	300%	400%	390%	380%	165%	170%	200%
3	300%	400%	390%	380%	165%	170%	200%
4	300%	400%	390%	380%	165%	175%	200%
5	300%	400%	390%	380%	165%	180%	200%
6	300%	400%	390%	365%	170%	175%	200%

Tabel 7: Uued Kellukese parameetrid DR Active õun + Münt 1,5 Pet 600TK / h

Katsed 1, 2 ja 3 ei andnud soovitud tulemust .

Konveierliini süsteemis mootorite vahemikus (1TA38–1TA45) märkan katsel number 4 muutust: pudelid liiguvad piirkonnas ühtlaselt, kuid vahed on väikesed mootoripiirkonnas 1TA44–1TA45, piirkonnas 1TA43 on ebaühtlane koormus liinilindil.

Katse number 5: Vahemikus (11TA38–1TA45) Toodang on ühtlane kuni mootorini 1TA43, 1TA44–1TA45 oli märgata pudelite kukkumist teise pudeli poolt kinnijäämisest, mis liikus rajal edasi põrkega haarates ka teised pudelid endaga kaasa. Enne etikettijat kogunes ummik.

Katse 6: Pudelid konveiersüsteemis liiguvad ühtlaselt, pudelite kukkumist ei tähelda, ning pudelite vahel on vahed minimaalsed.

KATSE	Mootor 1TA38	Mootor 1TA39	Mootor 1TA41	Mootor 1TA43	Mootor 1TA43	Mootor 1TA44
1	400%	400%	500%	400%	150%	150%
2	400%	400%	500%	400%	175%	125%
3	400%	400%	500%	400%	175%	170%
4	400%	400%	500%	390%	180%	175%
5	390%	395%	490%	400%	200%	180%

Tabel 8: Uued Aura Fruit 1,5 l parameetrid

Katsetel 1, 3 ja 5 ei tähelda muutusi konveierliini töös

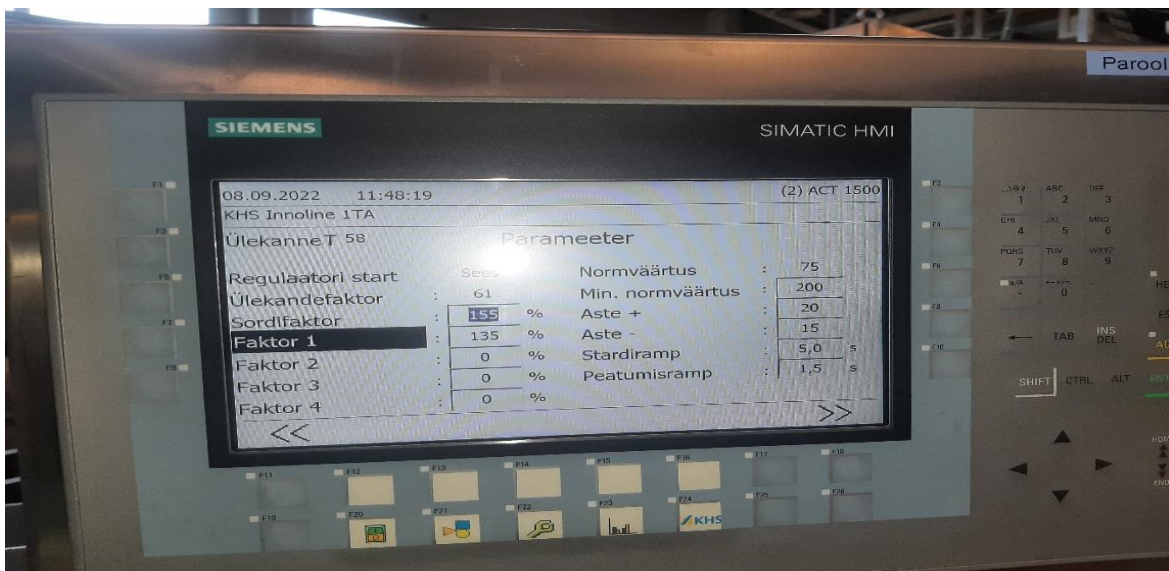
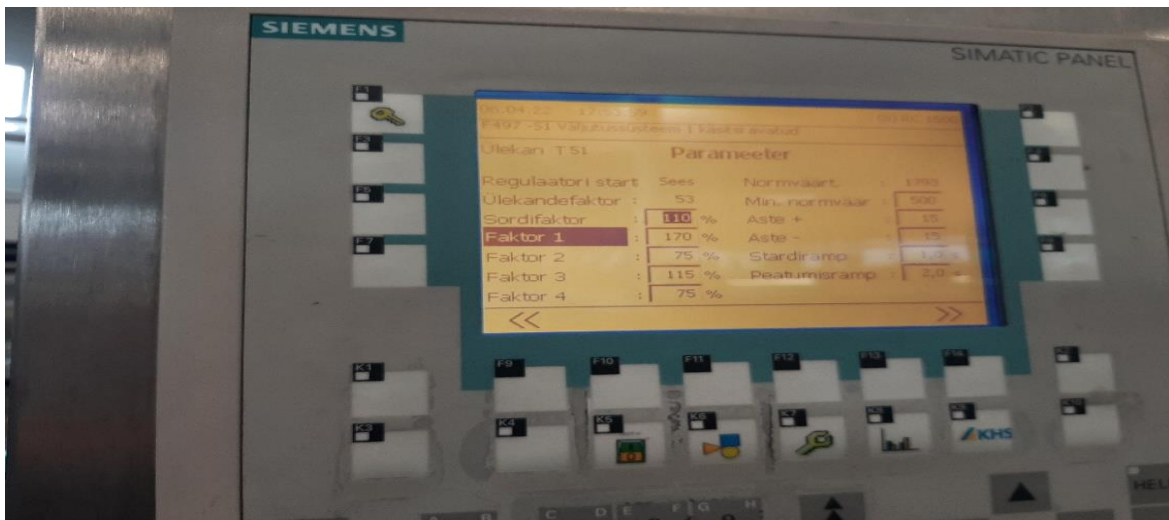
Konveiersüsteemis enne etikettijat katsel number 2 on märgata, kuidas rajal tekitab mootor 1TA444 parameetritega 150 ummistust ja süsteemi blokeeringut, mis tekitab olukorra, kus pudelid jõuavad etikettijani 2 kaupa lindil.

Katse number 4 näitab, et süsteem on stabiilne ning pudelid ei libise ja kukkumist konveierliinil ei tähelda. Pudelid liiguvad sujuvamalt ja enne etikettijat on ühekapa rivis. Pudelid ei libise vaatesektoris (1TA42–1TA44) kogumiskasti.

6 Tehasepoolsed arendused ja uuendused konveierliinil „PET 2“

Aktsiaselts A.Le.Coq on teostanud tööd, mis võimaldavad optimeerida ja juhtida konveierliini tõhusamalt ja säästlikumaid töövõtteid kasutada. Konveierliini juhtimise süsteemi ruumi on paigaldatud kaamerad.

Konveierliini jälgimissüsteemid võimaldavad operaatoril vaadata ja hinnata olukorda. Salvestist on võimalik vaadata hetkel ja ka taasesitada. Asendatud on varasem vanem juhtimise operaatoripaneel Siemens Simatic panel, mis nüüd on kasutajasõbralikum.



Joonis 10: (Simens Simatic juhtimise ja näidupaneel operaatorile)

6.1 HMI Paneel

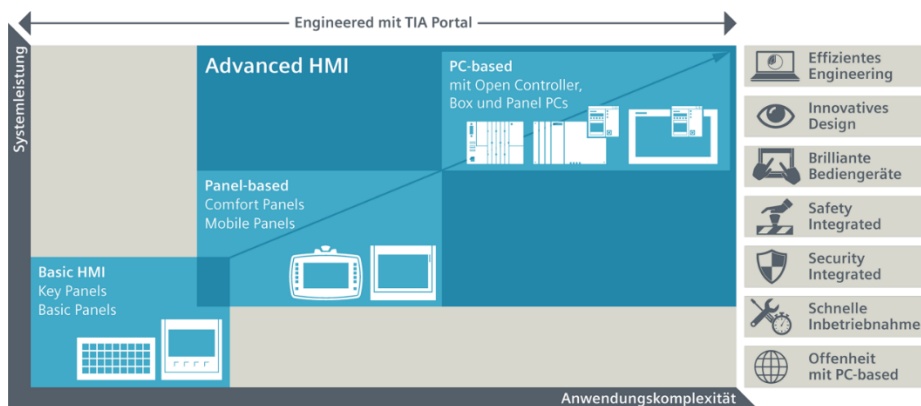
6.1.1 inseneritarkvarast

Õige töö- ja seireseadme valikul kehtivad järgmised kriteeriumid: See peaks olema kindel, paindlik, integreeritav kõrgema taseme võrkudesse ning suutma täita järjest kasvavaid läbipaistvus- ja andmeedastusnõudeid. HMI riistvara sobib juhtpaneeliga selliseks masinapõhiseks tööks.

[4]

6.2 HMI

Inglise keelsest väljendist *Human- Machine interface* on kasutajaliides, mis ühendab inimest ja masina süsteemi või seadmete komplekti. HMI võimaldab inimesel suhelda süsteemiga, vajutades mis tahes ekraanile. HMI on kõige sagedamini kasutatav tööstusliku protsessi infoedastamise allikas. Tööstuslikes seadetes saab HMI-sid kasutada andmete visualiseerimiseks, tootmisaja ja siltide jälgimiseks, masina sisendite ja väljundite jälgimiseks. [4]



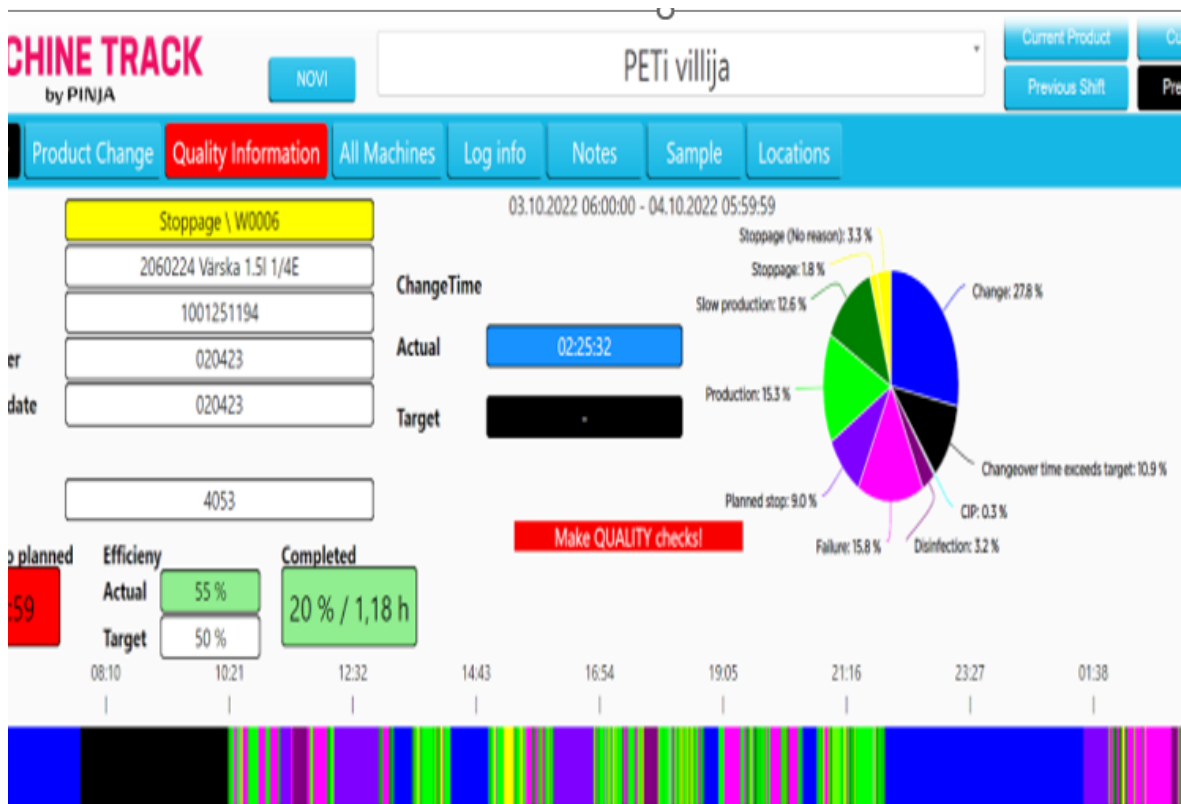
Joonis 11: Simatic HMI operaatori juhtpaneel.

[4]

7 Energiakulu

Rohepööre on aastal 2022 üks olulisemaid tegureid, mis mõjutab inimkonda nii kaudselt kui ka otseselt. See, kui efektiivselt liinid töötavad, muudab tootmise kiirust ja mõjutab lõppkokkuvõttes toodangu mahu kaudu ka tarbijat. Konveierliinil mootorivahemikus (1TA38–1TA46) suudab tark süsteem koguda andmeid mootorite töötamise ja töö efektiivsuse kohta ning koostada hinnangulise analüüsi. Mida vähem on villija seiskumisi välisjõudude tõttu, seda suurem on energia kokkuhoid. Sektoris, mis tarbib pidevalt energiat (lambid, pidevad süsteemi käivitamised, üleminekuperioodid ja maksimaalse kiirusega mootorite töötamised), toodavad märkamatu kahju kogu tehasele. Optimeerides konveierliinil mootorite ja andurite parameetreid, on võimalik saavutada optimaalne ja säästlik lahendus energia kokkuhoiu aspektist, kuna süsteem töötab ühtlasemalt töögraafikut jälgides.

Pilt26 : Machine Track : seadme seisundite ajaline trend koos erinevate seisunditele kulunud koguaja jaotuse sektorgrammiga



8 KOKKUVÕTE.

Antud töö tulemusel sain kogemused konveierliinidega töötamisest ja nende tulemuste analüüsimisest. Töö tulemusel kaardistasin A.Le Coq Tartu tootmisüksuse konveierliinide süsteemi vahemikus 1TA35–1TA45. Kaardistamise tulemusel kogusin kokku senised uuendused ja parameetrid, millega konveierliinide süsteem hetkel toimetas. Küsitlesin töötajaid, kes töötavad tootmisüksuses ning ka automaatikuid, kes haldavad ja hooldavad konveierliinide süsteeme. Analüüsisin tulemusi ning valmis konveierliinide süsteemi uute parameetritega. Süsteemi uute parameetritega pudelid ei libise enam konveierliinilt välja. Ei teki tihedaid ummistusi puhveraladele tööpiirkondades. Tootmise protsess on sujuvam ning operaatoreid ei koormata pidevalt seiskamistega. Hooldustööde käigus tuleb alati kontrollida üleminekukohtasid konveierliinide vahelises alas. Tööde käigus tuleb seadistada uuesti konveierliinide mootoritele fikseeritud parameetrid ja testida lõtkusid. Uute plastikpudelite kasutamisel tuleb seadistada käsitsi konveierliini parameetrid.

Käesoleva lõputöö ülesanne sai täidetud, mille tulemusel on kõrvaldatud viga ning see aitab kaasa energia kokkuhoiule tehases. Tootmises esineb vähem tööseisakuid ja tootmise protsent on suurem. Konveierliinide töömaht oli 59% ning kasvas 62 % - le . Seega oli toodangu kasv 3 %.

ABSTRACT

As a result of this work, I gained experience working with conveyor lines and analysing their results. As a result of the work, I mapped the pipeline line system of the A.Le Coq Tartu production unit between 1TA35–1TA45. As a result of the mapping, I gathered the current updates and parameters with which the conveyor line system is currently delivering. I interviewed staff who work in the production unit, as well as automaticians who manage and maintain conveyor line systems. I analyzed the results and completed a system on the conveyor belt with new parameters. Bottles with new system parameters will no longer slip off the conveyor line. There will be no dense jams on buffer areas in work areas. The production process is smoother and operators are not constantly burdened with shutdowns. During maintenance the transition points in the area between the conveyor lines must always be checked. During the works the parameters fixed for the motors of the conveyor lines must be set up again and slack tests must be performed. When using new plastic bottles manual conveyor line parameters must be set up.

The task of this thesis has been completed, which has resulted in the elimination of the error and will contribute to energy savings in the plant. There are fewer stoppages in production and the percentage of production is higher. The work volume of the conveyor lines was 59% and increased to 62%. The conclusion was a 3% increase in production.

8 KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] S. I. Mall, Siemens Industry, 12 01 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/us/Catalog/Products/9300201#>. [Kasutatud 10 12 2022].
- [2] D. Kurasjov, 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://digikogu.taltech.ee/et/Download/b6ad62a9-6e33-413a-9177-dfd49f0357fc>. [Kasutatud 12 11 2022].
- [3] R. Nisticò, „ScienceDirect,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142941820310333>. [Kasutatud 04 11 2022].
- [4] S. AG, „Siemens Products & Services,“ Siemens Corporate PKI, [Võrgumaterjal]. Available: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/simatic-hmi/panels.html>. [Kasutatud 11 10 2022].
- [5] L. S. Sterling, The Art of Agent-Oriented Modeling, London: The MIT Press, 2009.
- [6] P. & P. International, „Profibus.com,“ PROFIBUS & PROFINET International, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.profibus.com/technology/industrie-40/profinet-robot-interfaces>. [Kasutatud 10 10 2022].

LISAD

Pudelite põrkumised vastu konveierliini seina.



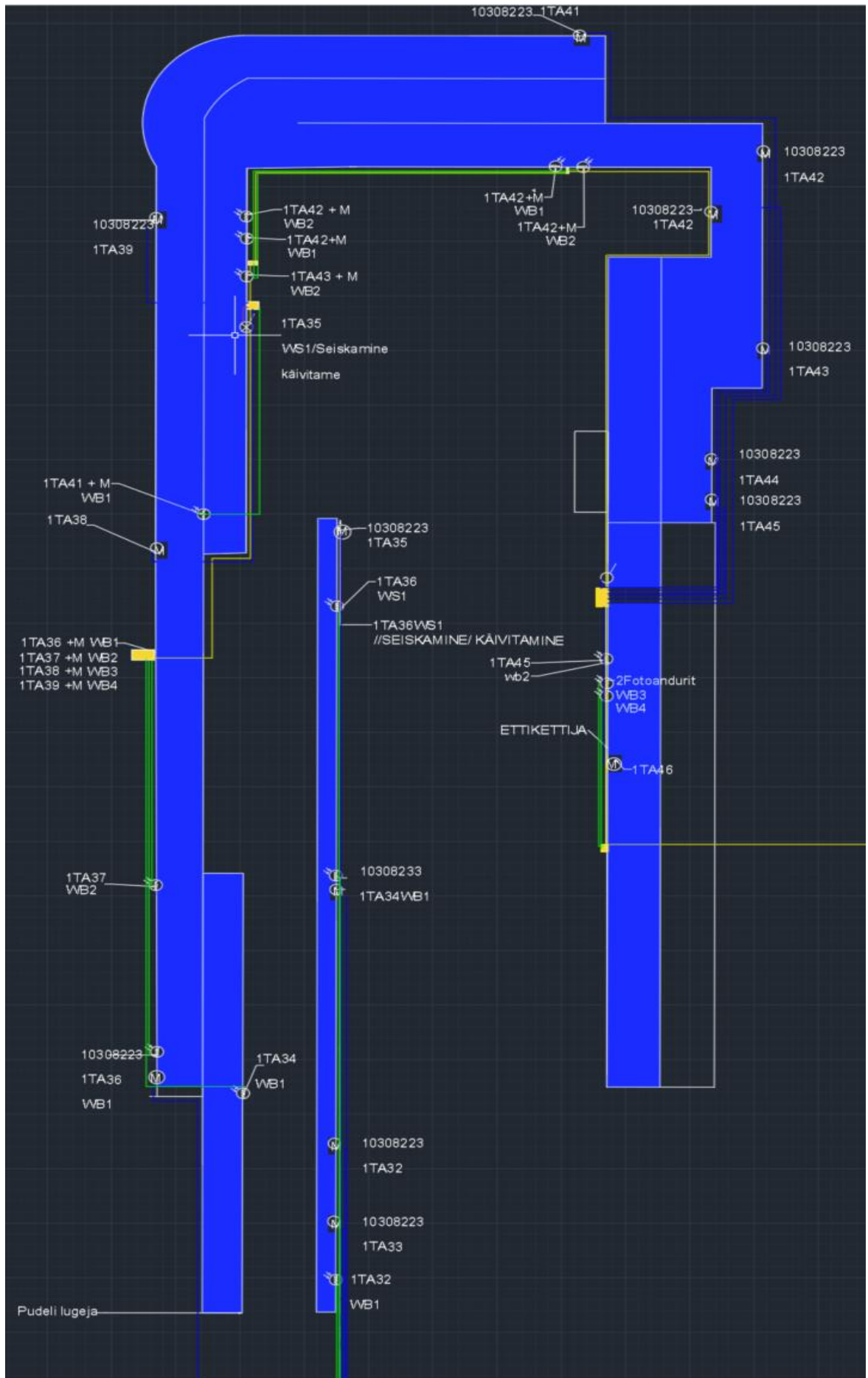
Pilt 1: Pudelik jõuavad kurvini, haarates inertsiga kaasa ka teise pudeli.



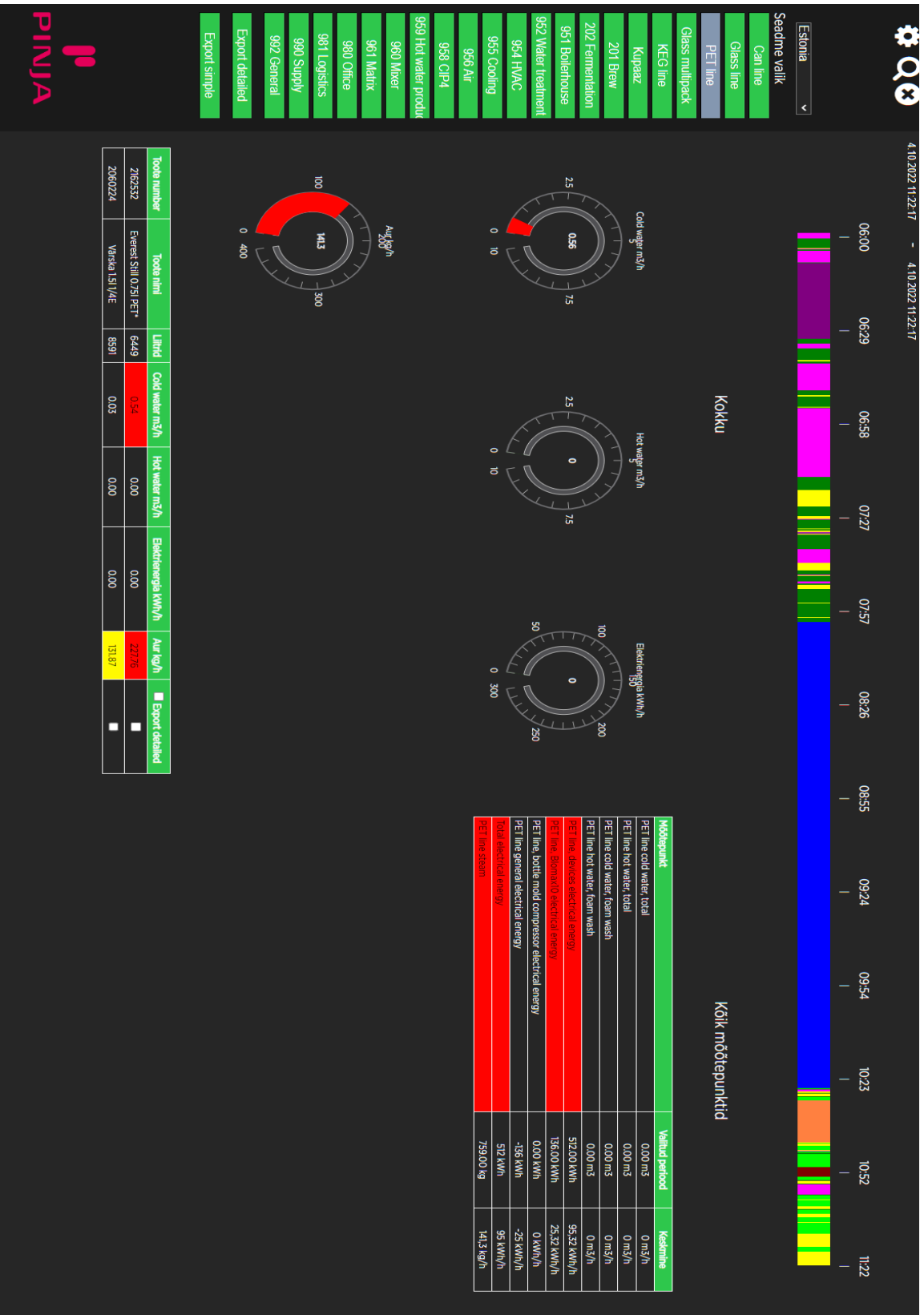
Pilt 2: Pudelik on rajalt kõrvaldatud kogumiskasti



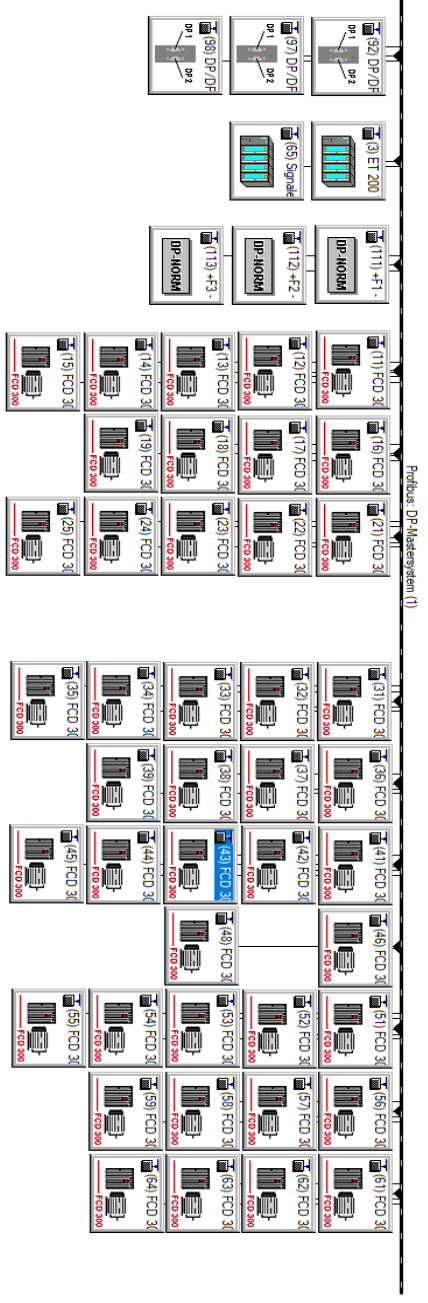
Pilt 3: Pikali olevad pudelid tekitavad ummistust



Lisa 4 konveierliini piirkond 1TA35- 1TA46



1	UR
2	CP317-2
XY	DP
XY2	DP
3	
4	DI16xDC24V
5	DI16xDC24V
6	DI16xDC24V
7	DO16xDC24V/0.5A
8	DO16xDC24V/0.5A
9	DO16xDC24V/0.5A
10	EM250-2 COUNTER
11	



Slot	DP ID	Order Number / Designation	I Address	Q Address	Comment
1	4AX	FCD Top 2 word consistent FCD	968.. 967	968.. 967	
2	117	FCD Top 2 word consistent FCD	968.. 959	968.. 959	

Lisa 6: Danfosi andmeparing.

Lisa 7 :Danfossi programmi juhtimise parameetrid

