



Karelia-ammattikorkeakoulu
Konetekniikka (AMK)

Tärysyöttimen käyttöönotto

Dmitry Myöhänen

Opinnäytetyö, toukokuu 2023

www.karelia.fi



Karelia
AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2023
Konetekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä(t)
Dmitry Myöhänen

Nimeke
Tärysyöttimen käyttöönotto

Katko Oy
Casper Meriluoto

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli toteuttaa tärymaljasyöttimen päivitys vanhan syöttölaitteen tilalle Katko Oy:n yrityksessä. Vanha syöttölaite aiheutti merkittävän määrän häiriöitä ja virheitä, minkä vuoksi päivitys oli tarpeen. Lisäksi opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja valmistaa lisäsyöttölaitteisto, joka mahdollistaisi syöttöjärjestelmän kokonaiskapasiteetin kasvattamisen.

Opinnäytetyön teoriaosiossa tutkittiin tuotekehitystä, sen käytettäviä prosessimalleja ja suunnitteluperiaatteita. Lisäksi perehdyttiin tärysyöttölaitteiden suunnitteluprosessiin, toimintaperiaatteisiin ja komponentteihin. Projektin aikana käytettiin systemaattisen koneensuunnittelun VDI 2221 standardia, ja pyrittiin noudattamaan sen suosituksia sekä vaiheita. Prototyypit ja 3D-mallit tehtiin käyttämällä tietokonemallinnusohjelmaa Creo 6, ja rakenteen varmuuden tarkistamiseksi suoritettiin FEM-analyysit.

Opinnäytetyön lopputulos täytti laitteen kehittämistavoitteen ja lisävaatimukset. Optimaalinen ratkaisu saavutettiin, joka varmisti tehokkaan ja helppokäyttöisen osien kuljetuksen. Toimeksiantajan vaatimukset täytettiin täysin ja lopputuloksena oli laadukas ja toimiva syöttöjärjestelmä.

Kieli
suomi

Sivuja 50
Liitteet 5
Liitesivumäärä 5

Asiasanat
tuotekehitysprosessi, tärysyötin, FEM-analyysi



THESIS
May 2023
Degree Programme in Mechanical Engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author (s)
Dmitry Myöhänen

Title
Commissioning of a vibratory feeder

Katko Oy
Casper Meriluoto

Abstract

The purpose of this thesis was to implement an upgrade of a vibratory bowl feeder to replace the old feeding device at Katko Oy. The old feeding device caused significant amount of productions halts and feeding mistakes, which made the upgrade necessary. Another aim of the thesis was to design and manufacture an additional feeding unit which would allow increasing the overall capacity of the feeding system.

In the theoretical part of the thesis product development, its process models and design principles were researched. Furthermore, the design process, operating principles, and components of vibratory bowl feeders were studied. During the project, the systematic machine design VDI 2221 standard was used, and its recommendations and stages were followed. Prototypes and 3D models were created using computer modelling program Creo 6 and FEM analyses were performed with the same software to verify the safety of the structure.

The final outcome of the thesis fulfilled the development goal of the device and additional requirements. An optimal solution was achieved, ensuring efficient and user-friendly transportation of parts. The requirements of the commissioning party were fully met, and the result was a high-quality and functional feeding system.

Language
Finnish

Pages 50
Appendices 5
Pages of Appendices 5

Keywords
product development, vibratory feeder, FEM analysis

Sisältö

1	Johdanto	6
1.1	Opinnäytetyön tausta	6
1.2	Yritysesittely	7
2	Käsittelytekniikka	8
2.1	Käsittelytekniikan historia	9
3	Kuljettimet	9
3.1	Hihnakuuljetin	10
3.2	Rullakuuljettimet	11
3.3	Lamellikuuljettimet	13
3.4	Luisu- tai liukukuuljettimet	14
3.5	Tärykuuljettimet	15
4	Tärysyöttimet ja niiden toiminta	16
4.1	Lineaarisyötin	16
4.1.1	Sähkömekaaninen eli epäkeskokoneisto tärymoottori	17
4.1.2	Sähkömagneettinen tärymoottori	17
4.1.3	Pneumaattinen tärymoottori	18
4.2	Maljasyöttimet	19
4.2.1	Osien orientointi	21
5	Tuotekehitysmetodiikka	22
5.1	Systemaattinen suunnittelumetodi VDI 2221	23
5.1.1	Tehtävänasettelu	25
5.1.2	Luonnostelu	26
5.1.3	Kehittely	26
5.1.4	Viimeistely	27
5.2	CAD	27
6	Suunnittelutyö	28
6.1	Vaatimusmäärittely	29
6.2	Luonnostelu	29
6.3	Komponenttien valinta ja suunnittelu	31
6.3.1	Suppilo	31
6.3.2	Tärymoottori	32
6.3.3	Kuljetinkouru	33
6.3.4	Tärinänvaimentimet	34
6.3.5	Runko ja sen paikka tuotantosolussa	35
6.3.6	Tärymoottorin ohjaus- ja säätölaitteet	39
6.4	Viimeistely	40
7	Opinnäytetyön tulokset	41
8	Pohdinta	43
	Lähteet	45

Liitteet

Liite 1 Täryjärjestelmän kokoonpanopiirustus

Liite 2 Tärykuljettimen kokoonpanopiirustus

Liite 3 Runkojalustan kokoonpanopiirustus

Liite 4 Tärymoottorin OMW 516 002 piirustus

Liite 5 BALLUF- BCS G34VVM2 tasoanturin tuotekortti

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön tausta

Opinnäytetyön tehtävänä oli toteuttaa tärymaljasyöttimen käyttöönotto vanhan syöttölaitteen tilalle sähkökytkimien valmistusyritys Katko Oy:n muoviosastolla.

Muoviosasto koostuu 16 muoviruiskuvalukoneesta, joista 5 on varustettu robo-tein ja täysin automatisoitu. Tuotanto toimii kahdessa vuorossa, joista yövuorossa koneet toimivat automaattisesti ilman valvontaa.

Tärymaljasyöttimen päivityksen syynä oli huomattava määrä virheitä ja häiriöitä vanhan syöttölaitteen toiminnassa. Uuteen syöttimeen on suunniteltu ja rakennettu mekanismi, joka poistaa käyttökelvottomat osat radalta. Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja valmistaa lisäsyöttölaitteisto, jolla voidaan kasvattaa syöttimen kokonaiskapasiteettia.

Opinnäytetyön suunnitteluprosessin aikana tuli esille ehdotus tuplata kokonaiskapasiteetti, jotta osat riittäisivät ilta- ja yövuoron automaattiseen toimintaan. Tämä ehdotus perustuu siihen, että tiettyinä ajankohtina tuotannossa on ylikuormitusta. Esimerkiksi perjantai-illat ja lauantain yövuorot toimivat myös miehettöminä.

Tärymaljasyötin on tärkeä osa ruiskuvaluprosessia, jossa valmistetaan Katko Oy:n sähkökytkinkoteloita, kotelotyypit M2. Tuotantoa käytetään kolmessa eri M2:n koteloversiossa, joissa on 0-2 liitintä. Maksimissaan yöaikaan kulutus on 1040 liitintä. Syöttimissä käytetään värähtelytekniikkaa osien (sähköliittimien) orientoimiseen ja syöttöön robotin rataa. Robotin avulla liittimet asetetaan oikeaan paikkaan kotelossa ja ne kiinnitetään paikoilleen pneumaattisella puristimella. Tärysyöttimen päivittämisen tavoitteena on edistää tuotantoprosessin tehokkuutta ja optimoida laadunvarmistus, jolloin voidaan varmistaa korkea tuotantotaso ja vähentää hävikkiä.

1.2 Yritysesittely



Kuva 1. Katko Oy (Kuva: Katko Oy:n www-nettisivu).

Katko on turvakytкимиin, kuormankytкимиin ja kytkinvarokkeisiin erikoistunut suomalainen perheyrittys yli 70 vuoden kokemuksella.

Yrityksessä valmistetaan kaikki kytkimet ja liittimet tuotantolaitoksissa Helsingissä ja Puolassa. Palveluksessa on noin 140 työntekijää, joista kaksi kolmasosaa työskentelevät Suomessa. (Katko Oy:n nettisivu 2023)

Katkon edeltäjä, Auto-Koneistamo Oy, perustettiin vuonna 1938 korjaamaan auton moottoreita. Yrityksen alkuvuosina ei vielä tiedetty kytkimistä. Yrityksen perustajat Kauko ja Tauno Hyryläinen olivat kiinnostuneita uusista valmistusmenetelmistä ja onnistuivat automatisoimaan sellaisia työvaiheita, jotka olivat olleet käsityötä aiemmin. Kun Katkon toimitilat valmistuivat Vantaalle vuonna 1972, yritys oli jo keskittynyt valmistamaan kytkimiä ja niihin liittyviä tarvikkeita. (Katko Oy:n nettisivu 2023)

Vuonna 1989 tehtyjen laiteinvestointien myötä samoissa tiloissa alkoi nykyaikaisen automaation aika. Ensimmäiset vientituotteet lähtivät Ruotsiin vuonna 1960, mutta todellinen kansainvälistyminen alkoi 1980-luvun lopulla. Vuonna 2006

avattiin Nidzicassa sijaitseva Puolan tehdas ja vuonna 2007 Dubain myyntikonttori. Vuonna 2019 Katkon tehdas ja pääkonttori siirtyivät Helsingin Konalaan. Tänäpäin Katkon tuotteita myydään yli 60 maassa, kaikissa maanosissa. (Katko Oy:n nettisivu 2023)

Vuonna 2022 yhtiön Katko Oy liikevaihto oli 22,64 miljoonaa ja tilikauden tulos 617 tuhatta. Edellisenä vuonna liikevaihto oli 22,8 miljoonaa ja tilikauden tulos 3,6 miljoonaa. (Katko Oy:n nettisivu 2023)

2 Käsittelytekniikka

Käsittelytekniikka on monialainen tekninen ala, joka käsittelee materiaalien, tuotteiden ja komponenttien manipulointia. Se tarkoittaa erilaisten materiaalien, tuotteiden ja komponenttien käsittelyyn liittyvien prosessien suunnittelua, toteutusta ja kehittämistä. (Hesse 1999, 5.)

Käsittelytekniikka kattaa kaikki menetelmät ja prosessit, joita käytetään geometrisesti määrättyjen kappaleiden (esineiden) käsittelyyn työpisteen välittömässä läheisyydessä, erityisesti mekaanisesti.

Käsittelytekniikkaan kuuluu monia erilaisia teknologioita ja laitteita, kuten kuljettimia, syöttölaitteita, annostelulaitteita, seuloja, sekoittimia, murskaimia, kuivauslaitteita ja pakkauskoneita. (Hesse 1999, 5.)

Käsittelytekniikan tavoitteena on parantaa prosessien tehokkuutta ja luotettavuutta, vähentää materiaalien hävikkiä ja varmistaa, että lopputuote vastaa laatuvaatimuksia. Käsittelytekniikka voi myös parantaa tuotantolinjan turvallisuutta ja vähentää ympäristövaikutuksia.

Käsittelytekniikkaa voidaan soveltaa monilla eri aloilla, kuten kemian-, kaivos-, rakennus-, metallurgia-, elektroniikka-, elintarvike- ja lääketieteellisyydessä. (Hesse 1999, 5.)

2.1 Käsittelytekniikan historia

Käsittelytekniikan historia juontaa juurensa muinaiseen aikaan, jolloin ihmisten tarve käsitellä ja muokata erilaisia materiaaleja synnytti ensimmäiset työkalut.

Teollinen vallankumous, joka alkoi 1700-luvulla, toi mukanaan merkittäviä teknologisia edistysaskeleita ja käsittelytekniikan kehitys kiihtyi. Ensimmäiset tehtaalliset massatuotantolinjat syntyivät ja koneellinen käsittely yleistyi. Erityisesti metallien käsittelyssä tapahtui merkittävää kehitystä uusien menetelmien ja koneiden myötä.

Ensimmäiset esimerkit löytyvät edellisiltä vuosisadoilta, kuten seuraavat esimerkit osoittavat:

- Vuonna 1873 Spencer (USA) rakensi automaattisia sorveja, joissa oli magneettinen syöttö.
- Vuonna 1880 Worley valmisti revolverisorveja tanko-ohjaimilla.
- Vuonna 1923 Morris Motors (Iso-Britannia) käynnisti mekaanisesti ohjatun indeksointilinjan sylinterinkansien työstämistä varten.
- Vuonna 1924 kiertopöytäkoneet automaattisella osan syötöllä otettiin käyttöön lampputeollisuudessa.
- Vuonna 1958 kehitettiin ensimmäinen teollisuusrobotti Yhdysvalloissa. (Hesse 1999, 6.)

3 Kuljettimet

Kuljettimet ovat laitteita, joita käytetään erilaisten materiaalien ja kappaletavaran siirtämiseen yhdestä paikasta toiseen teollisissa prosesseissa. Kuljettimia voidaan käyttää tuotannon eri vaiheissa, logistiikassa, varastoinnissa ja jake- lussa.

Kuljettimet ovat tärkeitä teollisuusprosesseissa, koska ne mahdollistavat tehokkaan materiaalien käsittelyn ja siirtämisen. Kuljettimien avulla voidaan myös vähentää henkilötyövoiman tarvetta ja nopeuttaa tuotantoprosesseja. Lisäksi kuljettimilla voidaan vähentää materiaalien hävikkiä ja parantaa tuotteiden laatua.

On olemassa useita erilaisia kuljetintyyppjejä, jotka on suunniteltu erilaisiin tarkoituksiin ja sovelluksiin. Ne voivat olla hyvin yksinkertaisia, kuten esimerkiksi rullakuljettimia tai monimutkaisia järjestelmiä, joissa on useita erilaisia kuljettimia yhdessä linjassa.

3.1 Hihnakuuljetin

Hihnakuuljetin on merkittävin ja yleisimmin käytetty kuljetinlaite teollisuudessa. Se on soveltuva sekä massojen että kappaletavaran kuljettamiseen. Hihnakuuljettimen avulla voidaan toteuttaa jatkuva kuljetusprosessi, jossa kuljetettava tavara lastataan ja puretaan kuljetinliikkeen aikana.



Kuva 2. Hihnakuuljetin (Kuva: Dmitry Myöhänen).

Hihnakuljettimet ovat yksi yleisimmistä kuljettimien tyypeistä, joita käytetään monilla eri teollisuuden aloilla. Hihnakuljettimissa materiaalit kuljetetaan pyöri-
vien rumpujen liikuttaman hihnan avulla.

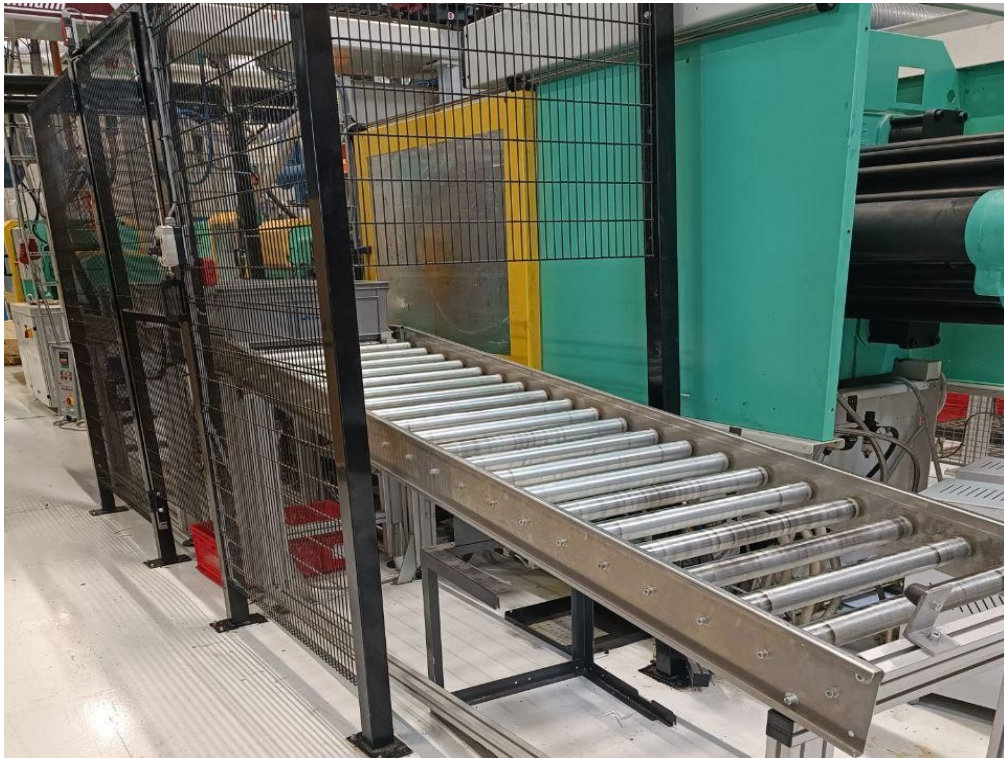
Hihnakuljettimet koostuvat yleensä hihnapyörästä, sekä kuljettimen rungosta, joka tukee hihnaa ja varmistaa sen oikean kulun. Kuljettimen hihna on yleensä valmistettu kumista, PVC:stä tai muusta kestävästä materiaalista. Hihnat voivat olla eri levyisiä ja paksuisia, ja nämä ominaisuudet valitaan käytettävän materiaalin mukaan. (Fonselius, Laitinen, Pekkola & Suosara 1988, 40–59; Kotimäki & Nyberg 1992, 58)

Hihnakuljettimet ovat myös erittäin tehokkaita kuljettamaan materiaaleja pitkiä matkoja, koska ne voivat kuljettaa suuria määriä materiaalia nopeasti ja tehokkaasti.

3.2 Rullakuljettimet

Rullakuljettimet ovat toinen yleinen kuljetinlaitetyyppi. Rullakuljetin koostuu pyörivästä rullaketjusta, jota käytetään kuljettamaan tavaraa. Rullakuljetin toimii pyörittämällä rullia, jotka on kiinnitetty runkoon tietyn etäisyyden päähän toisistaan. Rullien pyöriminen luo liikkeen, joka siirtää esineitä kuljettimen päällä.

Rullakuljettimen rullat voivat olla joko vapaita pyörimään tai kytketty moottoriin, joka ohjaa niiden pyörimisnopeutta. Rullakuljettimen toiminta vaatii vähintään kolmea rullaa tukemaan kuljetettavaa kappaletta samanaikaisesti, jotta kuljetin toimii moitteettomasti. (Kotimäki & Nyberg 1992, 58–59.)



Kuva 3. Vapaasti pyörivä rullakuljetin (Kuva: Dmitry Myöhänen).

Vapaasti pyöriviä rullakuljettimia voidaan käyttää esimerkiksi varastoinnissa ja välivarastona tuotantolinjalla.



Kuva 4. Moottoroitu rullakuljetin (Kuva: Dmitry Myöhänen).

Rullakuljetin voidaan myös moottoroida, jolloin kuljetettavat esineet liikkuvat moottorin avulla vaakatasossa tai loivassa nousussa. Yleisin tapa siirtää voima rullille on käyttää ketjuvälitystä, jossa rullien päissä on ketjupyörät ja ketju välittää voiman rullalta toiselle. (Fonselius, Laitinen, Pekkola & Suosara 1988, 40–59; Kotimäki & Nyberg 1992, 58–59)

Rullakuljettimia käytetään laajalti varastojen ja jakelukeskusten sisällä tavaroiden siirtämiseen ja käsittelyyn. Rullakuljettimet soveltuvat erityisesti raskaan kappaletavaran kuljetukseen, koska kitkahäviöt ovat pieniä. (Kotimäki & Nyberg 1992, 58–59.)

3.3 Lamellikuljettimet

Lamellikuljettimet ovat kuljettimia, joissa kuljetettava materiaali kulkee eteenpäin lamellien päällä. Kuljettimien sisäpuolella on hammaspyörät, jolloin vetorulla liikuttaa kiinnitettyjä lamelleja. Lamellikuljettimet soveltuvat erityisesti kuumien, raskaiden, kulmikkaiden ja epäsäännöllisten kappaleiden kuljettamiseen. Lamellit voidaan valmistaa erilaisista materiaaleista, kuten teräksestä, muovista, puusta, kivistä tai keraamista. Kun käytetään kuumankestäviä materiaaleja, lamellikuljettimia voidaan käyttää myös uuneissa. (Fonselius, Laitinen, Pekkola & Suosara 1988, 40–59)



Kuva 5. Lamellikuljetin (Kuva: Atrima).

Lamellikuljettimien etuihin kuuluu niiden suhteellisen hiljainen toiminta, kestävyys ja helppo puhdistettavuus. Toisaalta verrattuna muihin kuljettimiin, lamellikuljettimilla on korkeampi energiankulutus.

3.4 Luisu- tai liukukuljettimet

Luisu- tai liukukuljettimet ovat kuljetinlaitteita, joissa materiaali siirretään painovoiman avulla alaspäin kaltevalla pinnalla. Luisukuljetin koostuu usein kaltevassa asennossa olevasta metallisesta kanavasta, kotelosta tai putkesta.

Tämä kuljetinlaite soveltuu erityisesti sellaisten materiaalien kuljettamiseen, joilla on hyvä liukkaus ja jotka eivät vaadi erityistä varovaista käsittelyä.

Liukukuljettimet ovat yksinkertaisia ja niillä on useita etuja, kuten energiatehokkuus, turvallisuus, vähäinen huollon tarve, kestävyys ja helppo asennus. (Fonselius, Laitinen, Pekkola & Suosara 1988, 40–59; Kotimäki & Nyberg 1992, 61)



Kuva 6. Liukukuljetin (Kuva: Dmitry Myöhänen).

3.5 Tärykuljettimet

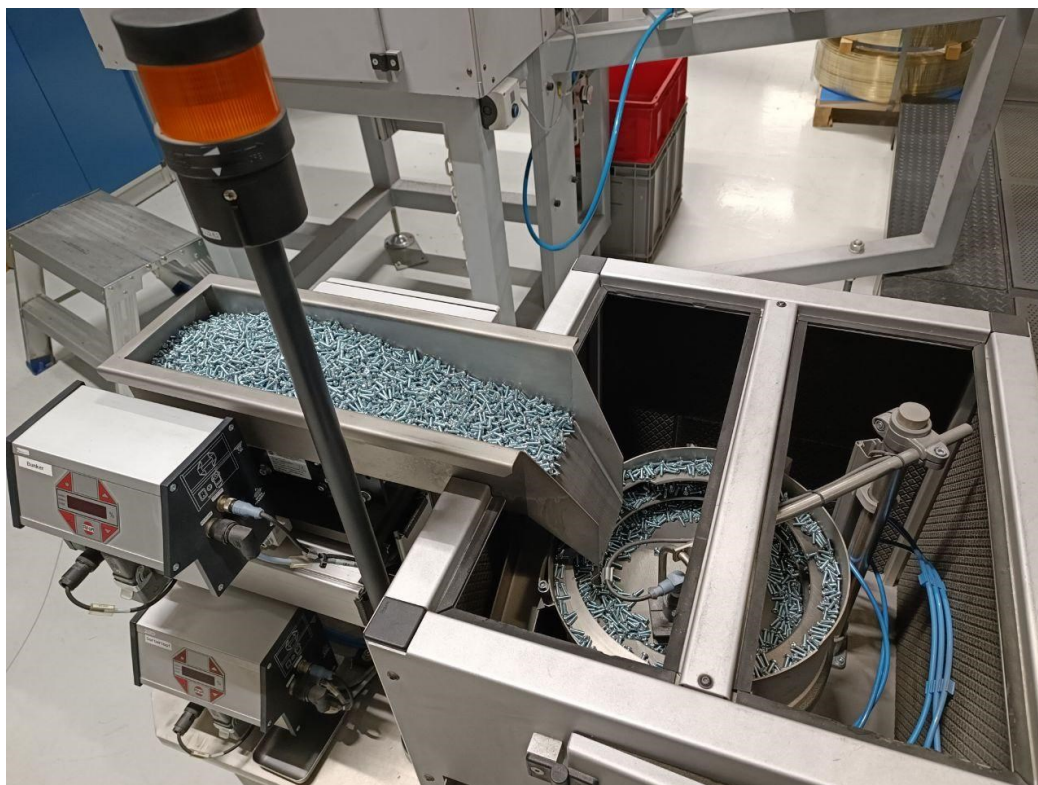
Tärykuljettimet ovat kuljetinlaitteita, jotka käyttävät värähtelyä jauhemaisen ja raemaisen aineen sekä kappaletavaran syöttöön ja siirtoon.

Tärykuljettimen toimintaperiaate on melko yksinkertainen: se koostuu kuljetuspinnasta, joka on yleensä tasainen tai loiva ylämäki, ja kuljetuspinnan alle kiinnitetystä tärymoottorista. Tärymoottori luo värähtelyä kuljetuspinnalle, jolloin tavarat tai materiaalit siirtyvät eteenpäin. (Chelomey 1981, 316.)

Tärykuljettimilla on useita etuja, kuten korkea kapasiteetti, helppo huollettavuus, monipuolisuus ja tehokkuus. Tärykuljettimet vaativat yleensä vain vähän huoltoa, mikä tekee niistä erittäin käteviä ja helppokäyttöisiä. Niiden avulla voidaan kuljettaa monenlaisia materiaaleja, kuten jauhoja, rakeita, hiukkasia ja nesteitä. Tärykuljettimien energiankulutus on yleensä suhteellisen pieni ja ne ovat myös melko hiljaisia käytössä. (Chelomey 1981, 316.)

4 Täräsyöttimet ja niiden toiminta

Täräkuljetinta voidaan käyttää myös syöttölaitteena, jossa sen täräiliike auttaa kappaleita kääntymään tai asettumaan haluttuun asentoon. Syöttölaitteet voivat olla suoria lineaarisyöttimiä tai maljamaisialieriösyöttimiä.



Kuva 7. Täräsyöttimet (Kuva: Dmitry Myöhänen).

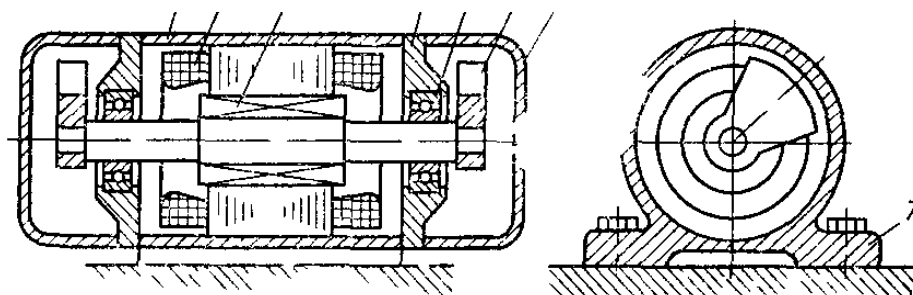
4.1 Lineaarisyötin

Tärälineaarisyötin on laite, joka käyttää värähtelyä siirtämään kappaleita eteenpäin suorassa linjassa eli lineaarisesti. Syöttökuljetinrunko on yleensä suora kouru tai putki, joka on valmistettu kestävästä metallista, kuten teräksestä tai alumiinista.

Lineaarisyöttimen tärämoottori on yleensä sähkömekaaninen (epäkeskoneisto), sähkömagneettinen tai pneumaattinen tärämoottori. (Chelomey 1981, 304–308.)

4.1.1 Sähkömekaaninen eli epäkeskokoneisto tärymoottori

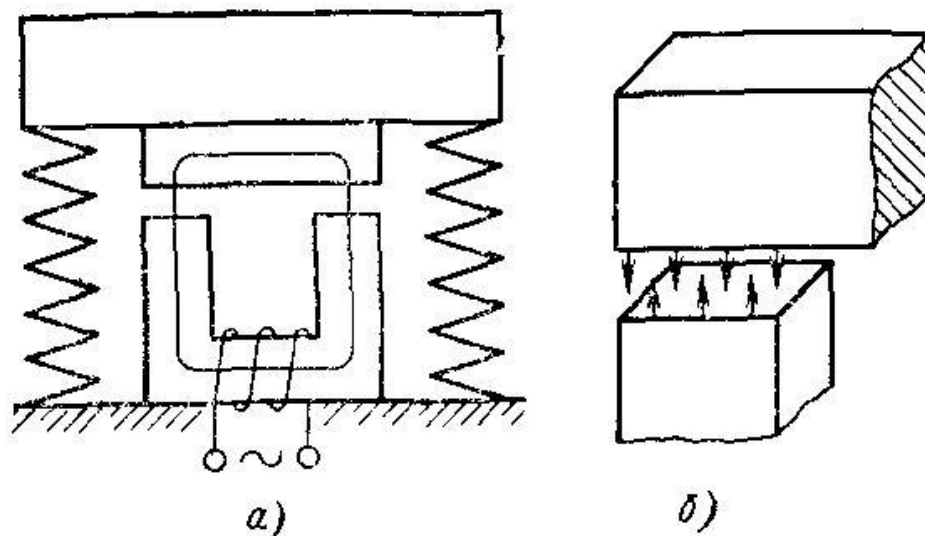
Sähkömekaaninen eli epäkeskokoneisto tärymoottori on yleinen tyyppi tärymoottoreissa. Se koostuu sähkömoottorista ja epäkeskosta, joka on kiinnitetty sähkömoottorin akseliin. Epäkesko aiheuttaa moottorin pyörimisliikkeen muuttumisen värähtelyliikkeeksi. Tämä värähtely siirtyy moottorin runkoon. Epäkeskokoneistolla varustetut tärymoottorit ovat yleensä kompakteja ja kevyitä. Ne ovat myös melko hiljaisia ja niitä voidaan käyttää monenlaisissa soveluksissa. (Chelomey 1981, 233.)



Kuva 8. Epäkeskokoneisto tärymoottori. (Chelomey 1981, 233.)

4.1.2 Sähkömagneettinen tärymoottori

Sähkömagneettinen tärymoottori on laite, joka muuntaa sähköenergiaa mekaaniseksi värähtelyliikkeeksi. Moottorissa on sähkömagneettinen kela, joka generoi vaihtovirtaa käyttämällä magneettikenttää. Tämä kenttä saa liikkeelle käämin, joka on kiinnitetty moottorin runkoon jousella. Liikkuvan käämin liike synnyttää värähtelyliikkeen, joka siirretään laitteen ulkopuolelle. Käämin liikkeen voimakkuus ja taajuus voidaan säätää muuttamalla kelojen jännitettä tai taajuutta. (Chelomey 1981, 257.)



Kuva 9. Sähkömagneettinen tärymoottori. (Chelomey 1981, 257.)

4.1.3 Pneumaattinen tärymoottori

Pneumaattisen tärymoottorin rakenne on yleensä hyvin yksinkertainen ja koostuu usein vain muutamasta osasta. Pneumaattisen tärymoottorin keskeinen osa on pyörivä massa, joka on asennettu akseliin. Akseli on yleensä kiinnitetty moottorikoteloon, joka toimii tukirakenteena. Massan kiinnityspiste on aina epäkeskeinen, mikä tarkoittaa sitä, että massa pyörii aina epäkeskeisesti, kun moottori käynnistetään. (Chelomey 1981, 292.)

Kun paineilma syötetään moottoriin, se liikuttaa moottorin sisällä olevaa männänvarren päätä, joka on kytketty pyörivän massan akseliin. Tämä liike saa massan pyörimään epäkeskeisesti, mikä aiheuttaa voimakasta värähtelyä. Värähtelyn voimakkuutta voidaan säätää paineilman syötön määrää säätämällä. Pneumaattiset tärymoottorit ovat erittäin kestäviä ja luotettavia, koska niissä ei ole liikkuvia osia, jotka voisivat kulua tai vaurioitua käytön aikana. Niitä käytetään laajalti monissa teollisuuden sovelluksissa. (Chelomey 1981, 292.)

4.2 Maljasyöttimet

Maljasyötin on toinen tyyppi syöttölaitteista, joita käytetään usein teollisuudessa. Maljasyöttimet ovat värähteleviä laitteita, joita käytetään syöttämään ja suuntaamaan pieniä osia ja komponentteja. Maljasyöttimet ovat kestävä ja luotettava ratkaisu, jolla käsitellään ja lajitellaan suuria materiaalmääriä ja käytetään kokoonpanotarkoituksiin.



Kuva 10. Maljasyötin (Kuva: Dmitry Myöhänen).

Maljasyöttöjärjestelmässä kulho istuu jousitettulle pohjalle, joka liikkuu pystysuunnassa. Pienet osat ja komponentit liikkuvat ylöspäin maljan sisäseinällä rakennettua rataa pitkin värähtelyn avulla. Yleensä maljasyötin käyttää mekaanista värähtelyä tai keskipakovoimaa siirtääkseen osia kuljetusradan avulla kokoonpanoon, lähetykseen, tarkastuslinjaa ja muihin toimintoihin. (Iqsdirectory www-sivut 2023)

Maljasyöttimet voivat käsitellä hyvin pieniä osia. Maljasyöttimet ovat kompakteja ja tehokkaita ja säästävät tilaa tuotantosolussa. (Iqsdirectory www-sivut 2023)

Maljasyöttimen keskeinen osa on malja, jotka voivat olla eri kokoisia ja muotoisia. Yleisimpiä maljatyyppejä ovat sylinterimäinen, lieriömaljainen, porrasmaljainen ja polyamidimalja:

- Sylinterimäiset maljat tarjoavat tasaisen ja sujuvan syötön. Ne sopivat erityisesti pienille komponenteille.



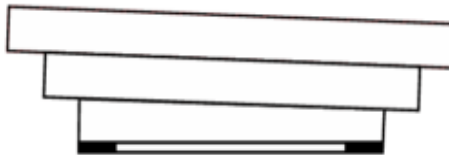
Kuva 11. Sylinterimäinen malja. (Kuva: Rnaautomation).

- Lieriömäiset kulhot ovat suuremmalla kapasiteetilla varustettuja kuin sylinterimäiset kulhot. Ne sopivat erityisesti painaville, teräväkärkisille komponenteille ja suuremmille täyttömäärille. Niissä voi olla useampia kiskoja ja eri leveyksiä.



Kuva 12. Lieriömäinen malja. (Kuva: Rnaautomation).

- Porrasmaljassa syöttökisko on leveämpi, mikä tekee siitä ihanteellisen esiorientoituneille osille. Suurempi kulho estää osia juuttumasta.



Kuva 13. Porrasmalja. (Kuva: Rnaautomation).

- Polyamidimaljat on valmistettu muovista, mikä mahdollistaa osien liukumisen helpommin. Muovin ominaisuudet mahdollistavat suuremman joustavuuden kulhon muotoilussa ja vähentävät melua. (Rnaautomation [www-sivut](http://www.rnaautomation.com) 2023)

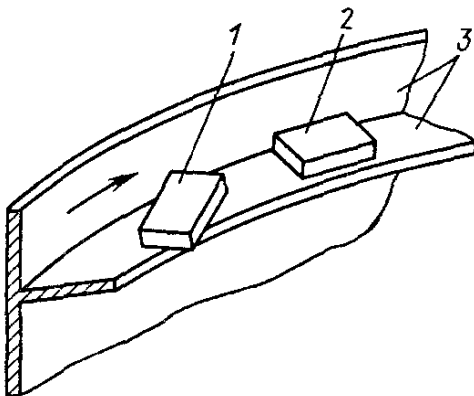


Kuva 14. Polyamidimalja. (Kuva: Rnaautomation).

4.2.1 Osien orientointi

Osien orientointi maljasyöttölaitteessa voidaan jakaa kahteen vaiheeseen: ensisijaiseen ja toissijaiseen orientointiin. Ensisijaisen orientoinnin aikana osat poistetaan suuresta massasta ja erotellaan yksittäisen riviin. Tämän jälkeen ne asetetaan syöttimelle yhteen tai useampaan vakaaseen asentoon, menettäen viisi vapausastetta prosessissa. (Chelomey 1981, 316–318.)

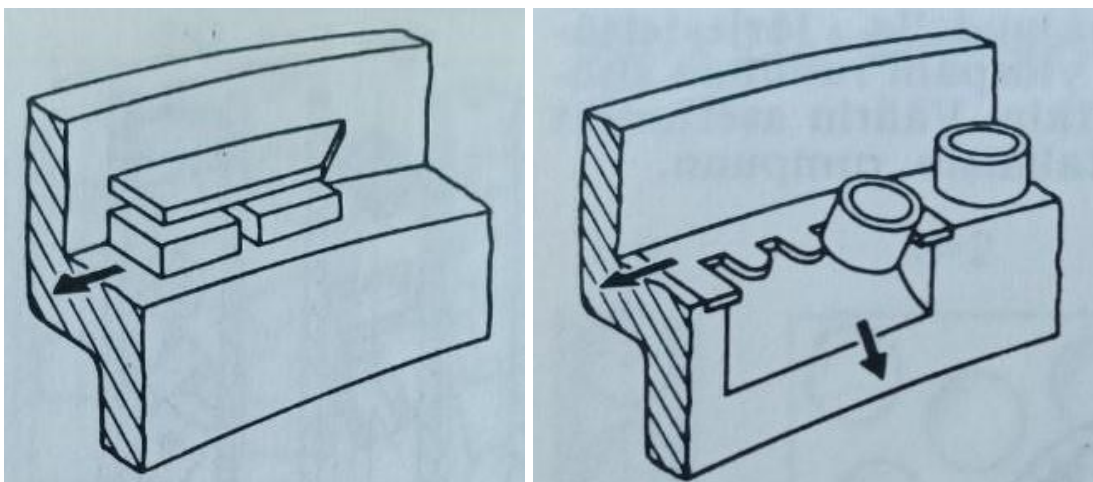
Syöttimen tukipinta (eli rata tai johde) on hieman kalteva sivupintaan päin osien orientointia helpottaakseen. Osalla on vain kaksi vapausastetta [1], kun se tulee kosketuksiin tukipinnan kanssa [3]: liike radan pitkin ja pyöriminen sivupinnan kosketuskohdan ympäri. Kosketuksen jälkeen osa menettää toisen vapausasteensa ja saavuttaa vakaan asennon [2], joka säilyy tärykuljetuksessa. Osien orientoinnin vaiheet on esitetty kuvassa 15. Ensisijaisen orientoinnin jälkeen osa voi olla yhdessä tai useammassa vakaassa asennossa. (Chelomey 1981, 316–318.)



Kuva 15. Osien orientoinnin vaiheet. (Chelomey 1981, 317.)

Toissijainen orientointi on prosessi, jossa osien asentojen määrä vähennetään yhteen tarvittavaan asentoon. Sitä voidaan suorittaa passiivisesti tai aktiivisesti. Passiivisessa orientoinnissa virheellisesti orientoidut osat poistetaan rivistä takaisin kulhoon. Aktiivinen orientointi saavutetaan pyörittämällä osat haluttuun asentoon. (Chelomey 1981, 316–318.)

Passiivisessa orientoinnissa hyödynnetään osien konfiguraation eli muodon erityispiirteitä ja painopistettä virheellisen orientaation poistamiseksi. Tämä saavutetaan käyttämällä "heittämiä", jotka poistavat väärässä asennossa olevat osat (kuva 16). Käytetään myös profiloituja leikkauksia syöttimessä, jotka sallivat oikein orientoituneiden osien kulkea yli niiden. (Chelomey 1981, 316–318.)



Kuva 16. Passiivinen orientointi. (Leskinen 1973, 410.)

Aktiivinen osan orientointi voidaan suorittaa käyttämällä painovoimaa tai muita voimia, kuten paineilmoimaa tai sähkömagneettisia kenttiä. (Chelomey 1981, 316–318.)

5 Tuotekehitysmetodiikka

Tuotekehitys on erittäin tärkeä osa yrityksen menestystä ja selviytymistä markkinoilla. Tuotteiden elinikä on useilla aloilla lyhenemässä, joten yrityksen on huolehdittava jatkuvasti tuotekehityksestä pysyäkseen kilpailukykyisenä ja tarjotakseen asiakkailleen uusia ja innovatiivisia tuotteita. (Jokinen 2021, 9.)

Tuotekehitys on monivaiheinen prosessi, joka sisältää tuoteidean etsimisen, kehitysnäkymien, markkinoiden ja muiden tarvittavien tietojen selvittämisen, varsinaisen tuotteen suunnittelun, yksityiskohtaisen suunnittelun, optimoinnin, työpöytärustusten tekemisen, käyttöohjeiden laatimisen sekä tuotantomenetelmien kehittämisen. Tuotekehityksessä pyritään täyttämään asetetut tavoitteet niin hyvin kuin on teknisesti ja taloudellisesti mahdollista ja tarkoituksenmukaista. (Jokinen 2021, 9.)

Tuotekehitys vaatii monipuolista osaamista ja kykyä luovaan käytännön työhön. Se on risteyskohta, johon kulttuuri ja tekniikka vaikuttavat. Tuotekehityksessä joudutaan tekemisiin lähes kaikkien ihmiselämän alueiden kanssa, ja luonnontieteen hyvä tuntemus on tärkeää. (Jokinen 2021, 9.)

Tuotekehitys voi kattaa täysin uuden tuotteen suunnittelun, olemassa olevan tuotteen edelleen kehittämisen tai tunnetun järjestelmän sovittamisen toiseen tarkoitukseen. Tavoitteena on yleensä kehittää teknisesti parempi ja valmistuskustannuksiltaan halvempi tuote, joka vastaa asiakkaiden tarpeita ja odotuksia. (Jokinen 2021, 9.)

Kaiken kaikkiaan tuotekehitys on tärkeä prosessi, joka vaatii huolellista suunnittelua ja toteutusta, jotta yritys voi menestyä kilpailluilla markkinoilla ja tarjota asiakkailleen innovatiivisia ja laadukkaita tuotteita. (Jokinen 2021, 9.)

5.1 Systemaattinen suunnittelumetodi VDI 2221

VDI 2221 on saksalaisen insinööriliiton VDI:n julkaisema suositus tuotekehityksen prosesseihin. Sen virallinen nimi on "Systematic Development of Technical Products and Systems" eli suomeksi "Teknisten tuotteiden ja järjestelmien systemaattinen kehitys".

Vuonna 1993 VDI 2222 -standardi korvattiin VDI 2221-standardilla, joka käsittelee järjestelmällistä lähestymistapaa teknisten järjestelmien ja tuotteiden kehittämiseen ja suunnitteluun [VDI-Richtlinie 2221 1993]. Standardi perustuu edelleen VDI 2222:een. Sen tavoitteena on ehdottaa yleistä metodologiaa teknisten järjestelmien ja tuotteiden suunnittelulle ja tukea menetelmällistä ja systemaattista suunnittelua, jotta tuottavuutta voidaan lisätä. Ohje on riippumaton toimialasta ja käsittelee suunnittelun sisältöä ja organisatorisia näkökohtia. Se korostaa soveltuvuuttaan laajasti koneenrakennuksessa, tarkkuusmekaniikassa, kytkimissä ja ohjelmistokehityksessä sekä prosessiteollisuuden suunnittelussa. (Jänsch & Birkhofer 2006, 5.)

VDI 2221 määrittelee järjestelmällisen prosessin uusien tuotteiden ja järjestelmien kehittämiseen alkaen konseptista ja päättyen tuotteen valmistukseen ja käyttöönottoon. Suositus sisältää useita vaiheita ja toimenpiteitä, joiden tarkoituksena on varmistaa tuotteen toimivuus, laatu, turvallisuus ja kestävyys.

VDI 2221 -standardin mukaan järjestelmällinen tuotekehitys on prosessi, jossa tuotekehitys jaetaan neljään päävaiheeseen: tehtävänasettelu, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. Tuotekehityksen prosessi eteneminen ei ole suoraviivaista, ja jo aiemmin tehtyä työtä joudutaan tarkastelemaan kriittisesti ja tekemään muutoksia uuden tiedon ja paremman ymmärryksen saavuttamiseksi. Prosessi on luonteeltaan iteratiivinen. (Airila 1993, 13.)

Yksinkertaisemmissa tuotteissa neljän päävaiheen noudattaminen on riittävää, mutta monimutkaisemmissa tuotteissa kannattaa ottaa käyttöön hienojakoisempi seitsenportainen kehitysmalli, joka kattaa useamman vaiheen ja eri vaiheista saatavat tulosteet. (Airila 1993, 13.)

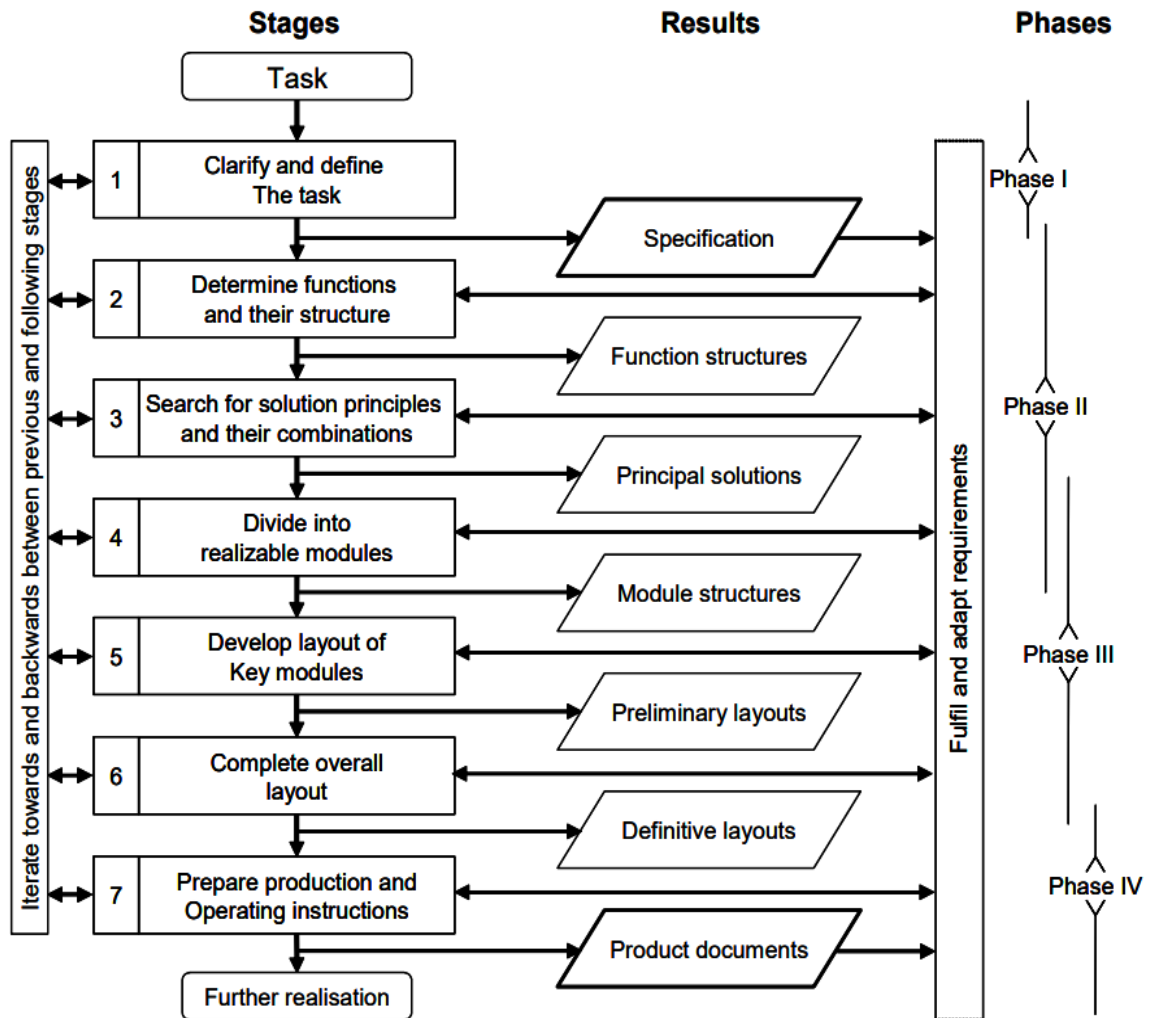


Figure 4. Guideline VDI 2221

Kuva 17. VDI 2221 (Jänsch & Birkhofer, 5.)

5.1.1 Tehtävänäsettelu

Tehtävänäsettelu on VDI 2221 -standardin ensimmäinen päävaihe, joka keskittyy tuotekehityksen tavoitteiden ja vaatimusten määrittämiseen. Tehtävänäsetteluvaiheessa määritellään tuotekehityksen tavoitteet ja vaatimukset sekä selvitetään, millaisia resursseja on käytettävissä. Tärkeää on myös selvittää, millaiset ovat asiakkaan tarpeet ja odotukset tuotteelle sekä kerättävä tietoa markkinoista ja kilpailijoista. Tässä vaiheessa suunnitellaan myös kehitysprojektin aikataulu, kustannukset ja vastuuhenkilöt. Tämän lisäksi on tärkeää arvioida teknisiä, taloudellisia ja ajallisia rajoitteita sekä arvioida riskejä ja mahdollisia ongelmia. (Airila 1993, 13.)

5.1.2 Luonnostelu

Luonnosteluvaihe on toinen päävaihe systemaattisessa tuotekehityksessä.

Tämä vaihe keskittyy luonnostelun eli konseptisuunnittelun tekemiseen. Tässä vaiheessa etsitään useita erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja tehtävänasettelun pohjalta, jotka vastaavat tehtävänasettelussa määriteltyjä vaatimuksia ja tavoitteita. Tämän vaiheen tarkoituksena on löytää useita erilaisia konsepteja, jotka voivat olla teknisesti toteutettavissa ja taloudellisesti kannattavia.

Luonnosteluvaiheessa ei yleensä tehdä tarkkoja teknisiä suunnitelmia, vaan keskitytään enemmän yleisiin konsepteihin ja ideointiin. Tämä vaihe on kuitenkin tärkeä, sillä se vaikuttaa merkittävästi tuotteen lopulliseen muotoon ja toiminnallisuuteen ja antaa pohjan tuleville vaiheille. Luonnosteluvaiheessa tehtyjen virheiden korjaaminen myöhemmissä vaiheissa voi olla hyvin kallista ja aikaa vievää. Siksi on tärkeää käyttää tarvittavaa aikaa ja resursseja luonnosteluvaiheessa. (Jokinen 2001, 21–22; Pahl & Beitz 1990, 48–49)

5.1.3 Kehittely

Kehittely on tärkeä osa teknisen tuotteen konstruointia, jossa suunnitellaan kokonpanorakenne teknisten ja taloudellisten näkökohtien mukaan. Usein kehittämissä vaiheissa joudutaan tekemään useita alustavia ehdotuksia, jotta voidaan arvioida eri muunnelmien etuja ja haittoja nähden korkeammalle informaatiotasolle.

Kehittämissä vaiheen jälkeen suoritetaan teknis-taloudellinen arviointi, joka tuottaa uutta tietoa. Tämä vaihe auttaa syventämään ymmärrystä asiasta. Usein tässä vaiheessa jokin tietty muunnelma näyttää selvästi parhaalta vaihtoehdolta. Kuitenkin sitä voidaan vielä parantaa hyödyntämällä muiden ehdotusten osia, vaikka ne vaikuttaisivat aluksi heikommalta vaihtoehdolta. Yhdistämällä erilaisia ratkaisuja ja hyödyntämällä niitä toisiinsa voidaan päästä lopulliseen ratkaisuun. Samalla korjataan havaittuja heikkouksia arvioinnissa. Tämä auttaa tekemään päätöksen lopullisen kokonaiskehittelyn rakentamisesta. (Pahl & Beitz 1990, 49.)

Lopullinen kokonaiskehitelmä sisältää tarkistetut toiminnot, kestävyuden, tilankäytön sopivuuden ja täyttää kustannuksia koskevat vaatimukset. Kehittely on siis tärkeä osa teknisen tuotteen suunnittelua, joka varmistaa lopullisen ratkaisun toimivuuden ja kustannustehokkuuden. Vasta tämän jälkeen siirretään viimeistelyvaiheeseen. (Pahl & Beitz 1990, 49.)

5.1.4 Viimeistely

Viimeistely on konstruoinnin viimeinen vaihe, jossa teknisen rakennelman kokonpanorakenne täydentyy lopullisilla yksityiskohdilla, kuten lopullisilla muodoilla, mitoituksella, pinnanlaadulla, materiaaleilla, valmistusmahdollisuuksilla ja lopullisten kustannusten tarkistuksilla. Tässä vaiheessa laaditaan myös sitovat piirustukset ja muut asiakirjat toteutusta varten. (Pahl & Beitz 1990, 50.)

Tämä vaihe vaatii suunnittelijalta tarkkaavaisuutta ja yksityiskohtien huomiointia, sillä virheiden korjaaminen voi johtaa uudelleen läpikäyntiin aikaisempien työvaiheiden kanssa. On siis tärkeää ymmärtää, että detaljien määrittäminen on yhtä tärkeää kuin kokonaisratkaisun suunnittelu. (Pahl & Beitz 1990, 50.)

5.2 CAD

CAD (Computer-Aided Design) on tietokoneavusteinen suunnittelu, joka on tärkeä työkalu tuotekehityksessä. CAD-ohjelmistojen avulla voidaan luoda tarkkoja ja monimutkaisia 2D- ja 3D-malleja, joita voidaan käyttää tuotteiden suunnittelussa, prototyyppien valmistuksessa ja valmistusprosessin hallinnassa.

CAD-ohjelmiston käyttö suunnittelussa vähentää huomattavasti prototyyppien valmistuskustannuksia ja nopeuttaa tuotekehitysprosessia. CAD-ohjelmistoissa on myös erilaisia työkaluja, kuten simulointityökaluja ja 3D-tulostuksen tukitoimintoja, jotka mahdollistavat suunnittelijoiden testaavan eri skenaarioita ja arvioivan, miten muutokset vaikuttavat tuotteen suorituskykyyn ja toimivuuteen.

CAD-ohjelmistoissa on usein myös monipuolisia työkaluja, jotka mahdollistavat erilaisten mallien, piirustusten ja visualisointien luomisen. Tämä auttaa suunnittelijoita kommunikoimaan ja jakamaan suunnitelmiaan tiiminsä ja muiden sidosryhmien kanssa.

Tuotekehityksessä CAD-ohjelmistojen käyttö onkin nykypäivänä välttämätöntä, sillä ne mahdollistavat suunnittelun nopean ja tehokkaan prototyyppien valmistuksen välttämättä fyysisen prototyypin tekemistä. Näin ollen CAD-ohjelmistojen käyttö suunnittelussa lisää tuotekehityksen nopeutta, tehokkuutta ja tarkkuutta.

Projektissamme käytettiin tuotekehityssuunnittelussa CAD-ohjelmana Creo 6:ta. Tämä ohjelmisto mahdollisti 3D-mallinnuksen, piirustusten ja dokumenttien luomisen sekä simulointien suorittamisen. Creo 6 tarjosi myös kattavan valikoiman työkaluja suunnittelun optimointiin ja tuotannon tehokkuuden parantamiseen. Ohjelmisto oli erittäin käyttäjäystävällinen ja mahdollisti helpon yhteistyön muiden projektitiimin jäsenten kanssa.

6 Suunnittelutyö

Edellisissä kappaleissa tutustuttiin koneensuunnittelun periaatteisiin ja erilaisten laitteiden ja osakomponenttien toiminnan teoriaan, jonka jälkeen siirryttiin tuotekehitysprojektiin. Projektissa pyrittiin hyödyntämään mahdollisuuksien mukaan VDI 2221 -kehittelymetodiikkaa, jotta lopputuloksena syntyisi laadukas ja toimiva syötinlaite. Tämä hyödyllinen metodi varmistaa suunnitteluprosessin systemaattisuuden, tehokkuuden ja toiminnallisuuden, jolloin tuotteen hinta-laatusuhde on paras mahdollinen.

6.1 Vaatimusmäärittely

Tuotekehityssuunnittelun ensimmäinen vaihe oli laatia tuotteelle vaatimusluettelo. Tämä luettelo määrittäi tuotekehitysprosessin tuloksille asianmukaiset toiveet ja vaatimukset, joita seurattiin tarkasti projektin aikana. Luetteloa päivitettiin tarvittaessa, kun uusia tavoitteita ilmaantui tai jostain ideasta luovuttiin.

Rakenteelle asetetut vaatimukset pohdittiin yhdessä toimeksiantajan kanssa, jotta voitiin saavuttaa halutut tulokset vaatimusluettelon muodossa. Vaatimuslistassa jaettiin oleellisia asioita kolmeen luokkaan, kiinteä vaatimus KV, vähimmäisvaatimus VV ja toivomus T. Taulukko 1 sisälsi nämä arvot ja auttoi meitä priorisoimaan tavoitteita suunnitteluprosessin aikana.

Muutos pvm.	KV, VV, T	VAATIMUS	ARVO
16.1.2023	KV	Kapasiteetti	1040 kpl
16.1.2023	KV	Rungon enimmäisleveys	270 mm
16.1.2023	VV	Paikka tuotannonsolussa	
16.1.2023	T	Helppokäyttöisyys	
30.1.2023	VV	Tuplattu kapasiteetti	2080 kpl
20.2.2023	T	Käytetään tärymoottoreita, jotka ovat jo varastossa	

Taulukko 1. Vaatimusluettelo

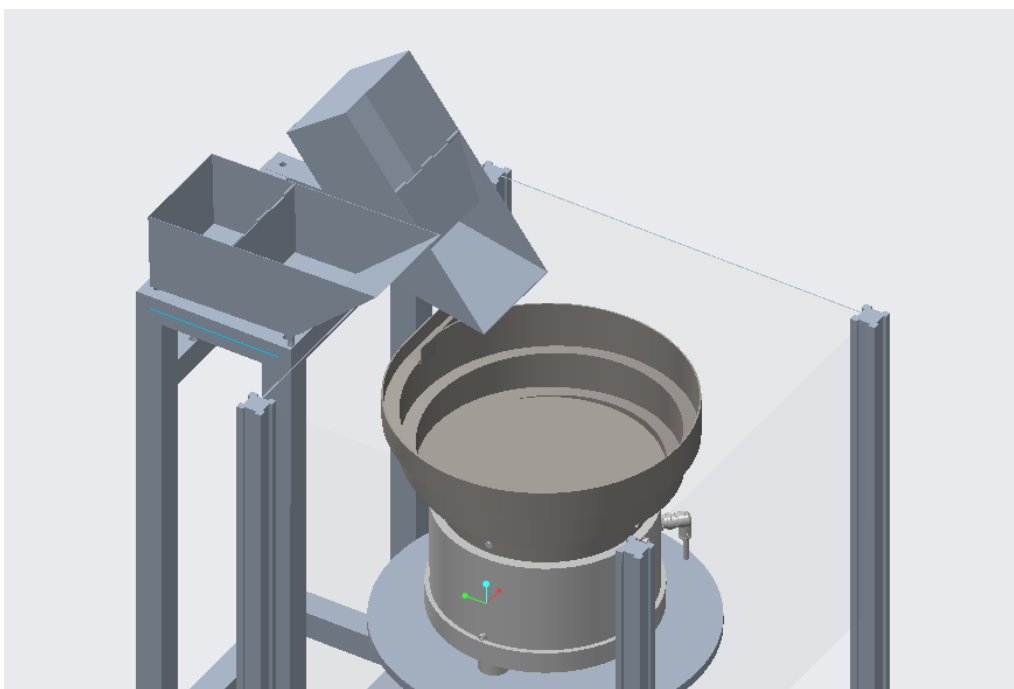
6.2 Luonnostelu

Tuotekehitys suunnitteluprosessissa on tärkeää löytää optimaalinen ratkaisu syöttölaitteen valinnassa, jotta voidaan varmistaa tehokas materiaalikuljetus ja samalla täyttää asiakkaan vaatimukset.

Alussa toimeksiantaja asetti tavoitteen kehittää uusi lisäsyöttölaite, joka pystyisi käsittelemään yhteensä 1040 osaa. Useiden vaihtoehtojen joukosta valittiin

syöttölaite, joka koostui kahdesta 350 osan säiliöstä, jotka kaadettiin kulhoon pneumaattisilla sylintereillä. Kulhoon tilavuus on 350 kpl.

Suunnitteluprosessin aikana toimeksiantaja pyysi syöttölaitteen kokonaistilavuuden kasvattamista 2080 osaan, eli kaksinkertaiseen. Ratkaisuna säiliön tilavuuden lisäämiseen 700 kpl ja päätettiin jakaa se väliseinällä, joka myös avautuu pneumaattisella sylinterillä (kuva 18). Kuitenkin pneumaattisten sylintereiden automaattinen ohjaus aiheutti haasteita, koska sen piti sopia robotin ohjausjärjestelmään laskuri-komennon kautta. Tämä vaati paljon muutoksia robottiohjelmaan ja sen seurauksena saattoi aiheuttaa monia virheitä. Lisäksi tämä ratkaisu vaati jatkuvaa valvontaa käyttäjiltä, mikä ei täyttänyt yhtä helppokäyttöisyyden vaatimuksista.



Kuva 18. Syötin, versio #1 (Kuva: Dmitry Myöhänen).

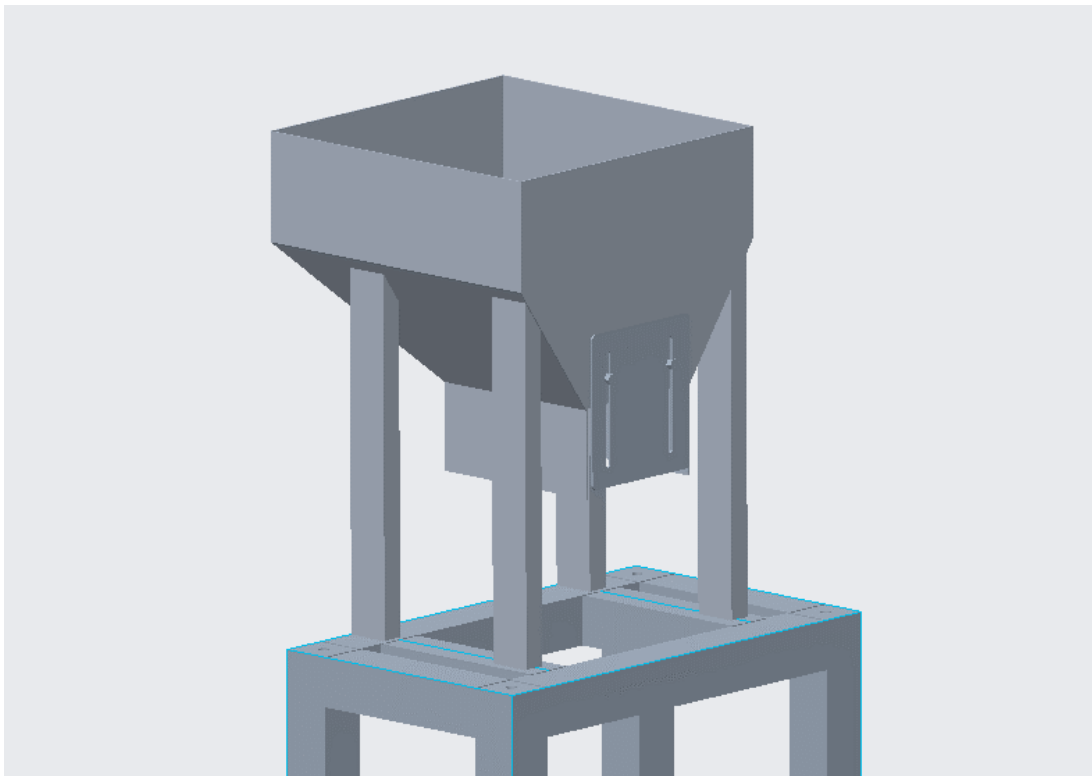
Lopullinen ratkaisu oli käyttää lineaarista tärysyöttölaitetta, joka mahdollisti optimaalisen syötön ja varmisti tehokkaan materiaalinkuljetuksen, jossa käytettiin olemassa olevia varastossa olevia tärymoottoreita. Tämä ratkaisu oli myös helppokäyttöinen, joten se täytti asiakkaan vaatimukset täydellisesti.

6.3 Komponenttien valinta ja suunnittelu

6.3.1 Suppilo

Empiirisen mittauksen perusteella havaittiin, että yhteinen tilavuus on 14700 cm³, kun 2080 osaa on kasassa. Yksittäisen osan paino on 13,56 g, joten kaikkien osien yhteispaino on noin 28,2 kg. Näin ollen, jotta kaikki osat mahtuisivat kuljettimelle, sen mittojen on oltava riittävän suuret.

Tästä syystä päätettiin käyttää puolisuunnikkaan muotoista suppiloa, joka on kiinnitetty alustaan ja joka ei altistu tärinälle (kuva 19). Tämä ratkaisu mahdollistaa kuljettimen koon pienentämisen ja käyttöpainon sekä linjakuljettimen ja moottorin kuormituksen vähentämisen. Bunkkerin kokonaistilavuus suunniteltiin pienellä marginaalilla noin 15000 cm³.



Kuva 19. Suppilo (Kuva: Dmitry Myöhänen).

Osien virtauksen säätämiseksi suppiloon asennettiin sulkulevy, jonka avautumiskorkeutta voidaan säätää kahdella pultilla. Sulkulevyn avautumiskorkeus on tärkeä säätöparametri, joka voi vaikuttaa osien syöttönopeuteen ja -määrään.

Suppilon materiaaliksi valittiin 1,5 mm paksu teräs, joka on kestävä ja luotettava materiaali tärinän ja painonkestävyyden varmistamiseksi. Tällä tavoin suppilo pystyy kestämaan pitkäaikaisen käytön ja kulutuksen, mikä lisää järjestelmän käyttöikää ja vähentää huoltotarvetta.

6.3.2 Tärymoottori

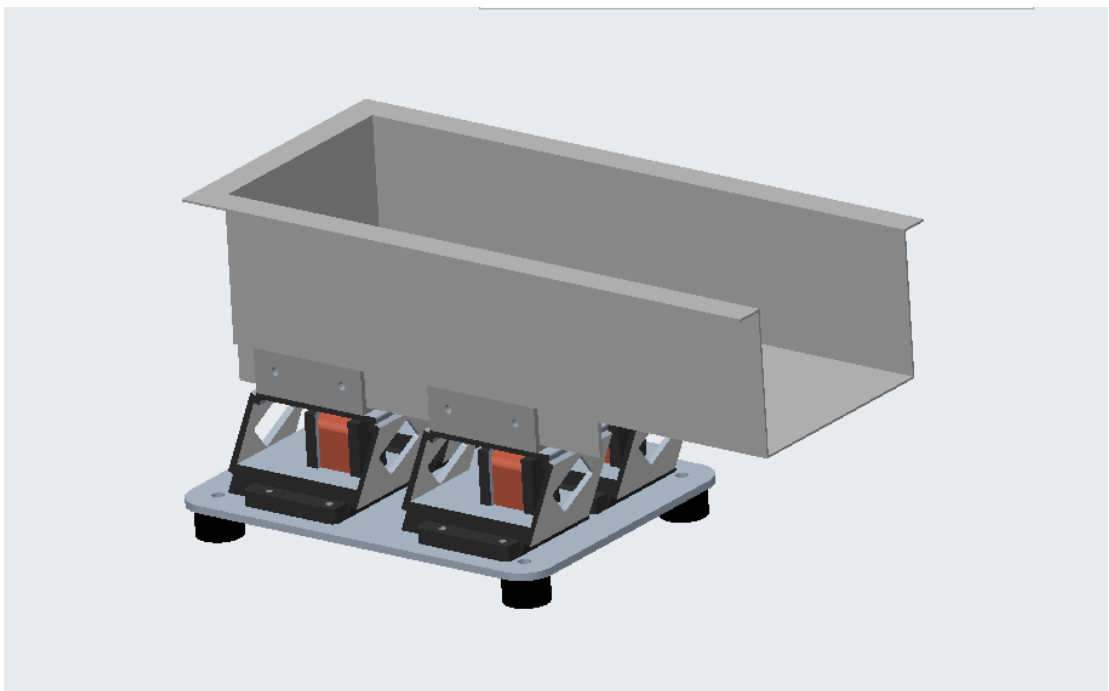
Yksi toimeksiantajan asettamista vaatimuksista tärysyöttimen suunnittelussa oli käyttää mahdollisuuksien mukaan varastossa olevia tärymoottoreita. Se on Binder OMW 516 002 tärinämoottori, joka toimii 50 hertsin taajuudella ja saavuttaa keskimääräisen amplitudin 1,5 mm.

Kyseisen tyyppisiä tärymoottoreita käytetään laitoksessa jo monissa muissa tärysyöttöjärjestelmissä, joissa vaaditaan sekä vastaavia suorituskykyominaisuuksia että erilaisia ominaisuuksia. Yleisesti ottaen Binder OMW 516 002 -tärinämoottorin ominaisuudet vastaavat hyvin vaatimuksiamme, joten sen valitseminen oli järkevä ratkaisu.

Suunnitellun tärysyöttimen mitat ja työpaino huomioiden, päätettiin käyttää useita tärinämoottoreita samanaikaisesti tarvittavan värähtelyvoiman saavuttamiseksi. Tärinämoottorin suunnittelun ansiosta jousien lukumäärä voidaan säätää yhdestä kolmeen kummallakin puolella, mikä mahdollistaa vaaditun jäykkyyden säätämisen. Tämä tarkoittaa, että voimme optimoida tärysyöttimen suorituskyvyn ja säätää sen tarpeen mukaan.

6.3.3 Kuljetinkouru

Rakenteen vakauden takaamiseksi suunniteltiin käytettäväksi neljää moottoria, jotka kiinnitettiin kahteen riviin paksulle metallilevylle. Moottoreiden liikkuvaan osaan kiinnitettiin kiinnitysalustat, joille asennettiin kuljetuskouru (kuva 20). Kiinnitysalustat ja kuljetuskouru suunniteltiin siten, että pulttiliitokset eivät vaikuttaisi kuljetuskourun työpintaan ja varmistettaisiin sen kiinteä rakenne osien sujuvaa kuljetusta varten. Lisäksi moottoreiden kiinnitys oli suunniteltu siten, että niiden liikkuva osa ja kiinnitysalustat olivat tiukasti kiinni toisissaan, mikä minimoi liikkeen värähtelyn ja varmisti kuljetuskourun tasaisen liikkeen. Kiinnitysalusta suunniteltiin joustavaksi, jotta siihen voidaan halutessa kiinnittää kolme tai vain kaksi moottoria.



Kuva 20. Täräsyötin (Kuva: Dmitry Myöhänen).

Kuljetinkourun materiaaliksi valittiin 2 mm paksu teräs, joka tarjoaa tarvittavan kestävyuden kuljetettavan materiaalin painon ja muiden parametrien kanssa. Työpinnalle lisättiin polyuretaanipinnoite, joka parantaa kourun käyttöikä ja suojaa sitä kulumiselta ja korroosiolta. Tämä pinnoite myös auttaa vähentämään kitkaa kuljetettavan materiaalin ja alustan välillä, mikä lisää tehokkuutta ja vähentää vaurioiden riskiä. Lisäksi polyuretaanipinnoite on kestävä ja helppo puhdistaa, mikä helpottaa huoltoa ja ylläpitoa.

Koko tärymoottoreilla varustettu rakenne kiinnitettiin pulteilla yhteiseen jalustaan vaimentimin avulla, jotta työvärähtelyt siirtyisivät vain kuljetettavaan materiaaliin kourun kautta. Tämä varmistaa kuljetettavan materiaalin sujuvan ja vakaan liikkeen ilman liiallisia värähtelyjä, jotka saattaisivat vaikuttaa haitallisesti kuljetusjärjestelmän toimintaan. Myös tämä lisäsi kuljetusjärjestelmän tehokkuutta ja luotettavuutta.

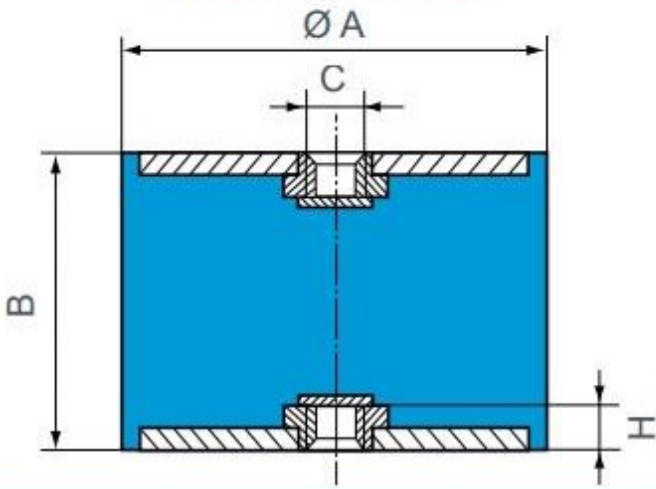
6.3.4 Tärinänvaimentimet

Tärinänvaimentimet ovat tärkeä osa tärysyöttimen suunnittelua, sillä ne auttavat vähentämään tärinän aiheuttamaa melua ja haitalista värähtelyä. Tärinänvaimentimien valintaan vaikuttaa useat tekijät, kuten tärysyöttimen koko ja massa, tärinän voimakkuus ja käyttöympäristön olosuhteet. On erittäin tärkeää valita oikea tyyppi ja määrä tärinänvaimentimia, jotta tärysyöttimen toiminta on vakaata, tehokasta ja turvallista.

Suunnitteluprojektissamme päätettiin käyttää elastomeeritärinänvaimentimia, jotka ovat helppoja asentaa ja tarjoavat ihanteelliset vaimennusominaisuudet. Niiden merkittävin haittapuoli on kuitenkin heikko kemikaalien, öljyjen ja korkeiden lämpötilojen kestävyys, joihin tärysyöttölaite ei kuitenkaan altistu.

Valmistajan tuoteluetteloista valittiin sopivat tärinänvaimentimet vaadittujen ominaisuuksien perusteella (kuva 21). RADIAFLEX #520516 valittiin, sillä ne täyttivät kaikki vaatuksemme, ja niiden suurin sallittu puristusvoima on 80 kg tärinänvaimenninta kohti, mikä on täysin yhteensopiva ominaisuuksiemme kanssa.

2 threaded holes



Ø A (mm)	B (mm)	C	H (mm)	Compression		Shear*		Ref.
				Max. load (daN)	Deflec- tion (mm)	Max. load (daN)	Deflec- tion (mm)	
30	22	M8	6	80	4	11	4	520516
	30			70	7,5	11	6	520517
	40			60	9	11	7,5	520518

Kuva 21. RADIAFLEX tuoteluettelo (Kuva: Paulstra-industry).

6.3.5 Runko ja sen paikka tuotantosolussa

Tärkeä osa tärysyöttimen suunnittelua oli sen sovittaminen olemassa olevaan tuotantosoluun, jotta robotin syöttörata pysyisi samana ja osien hakupisteet olisi mahdollista samoilla koordinaateilla ja asetuksilla. Tämä yksinkertaisti merkittävästi kehitysprosessia ja mahdollisti vanhan tuotantolinjan hyödyntämisen.

Tämän vuoksi päätettiin jättää vanha alusta tärysyöttimelle ja muuttaa vain jalokojen pituutta, koska uuden laitteen korkeus oli 7 mm matalampi kuin edellisen.

Syöttölaitteen sijoitus oli myös tärkeä tekijä suunnitteluprosessissa, sillä sen oli sovittava robottisolun suojaverkon ja maljasyöttölaitteen väliin (kuva 22). Tämä takaisi tuotantosolujen välisen vapaan kulun sekä pelastustien toimivuuden. Sen vuoksi on tärkeää huomioida, että pohjan leveys ei ylitä enimmäismittaa 270 mm.



Kuva 22. Syöttölaitteen sijoitus (Kuva: Dmitry Myöhänen).

Uuden suunnitellun tärysyöttölaitteen mitat otettiin huomioon jalusta-rakennekorkeuden valinnassa siten, että kuljettimen kourun ja äänieristysalustan väliin jätettiin 5–15 mm rakoväli, mikä vastasi kokonaispituutta 1200 mm. Pohjan pituudeksi valittiin 450 mm. Järjestelmän tasapainon ja vakauden varmistamiseksi runkojalusta on kiinnitetty suoraan lattiaan.

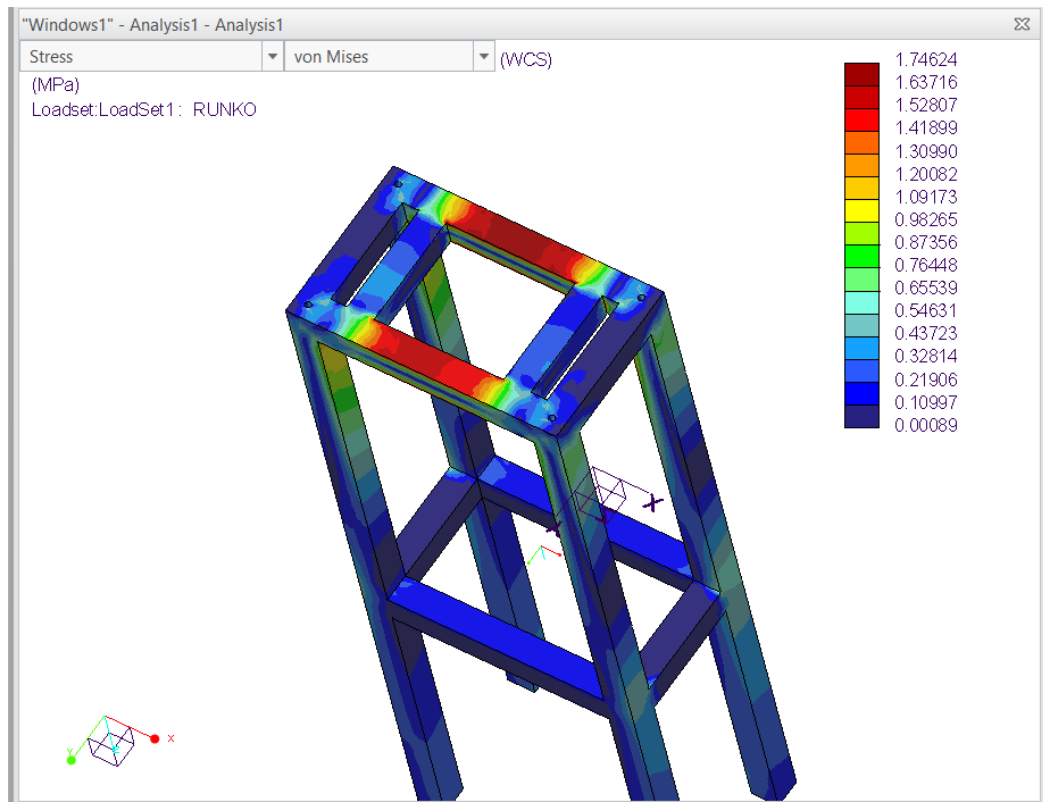
Rakenteellisen vakauden ja kokoamisen helpottamiseksi päätettiin käyttää alumiiniprofiilia 45 x 45 mm, joka oli jo käytössä suurimmassa osassa muita apurakenteita niin tässä tuotantosolussa kuin koko tehtaassa. Tämä yhtenäinen käyttö antaa laitoksen laitteista yhtenäisen ja ytimekkään kokonaiskuvan.



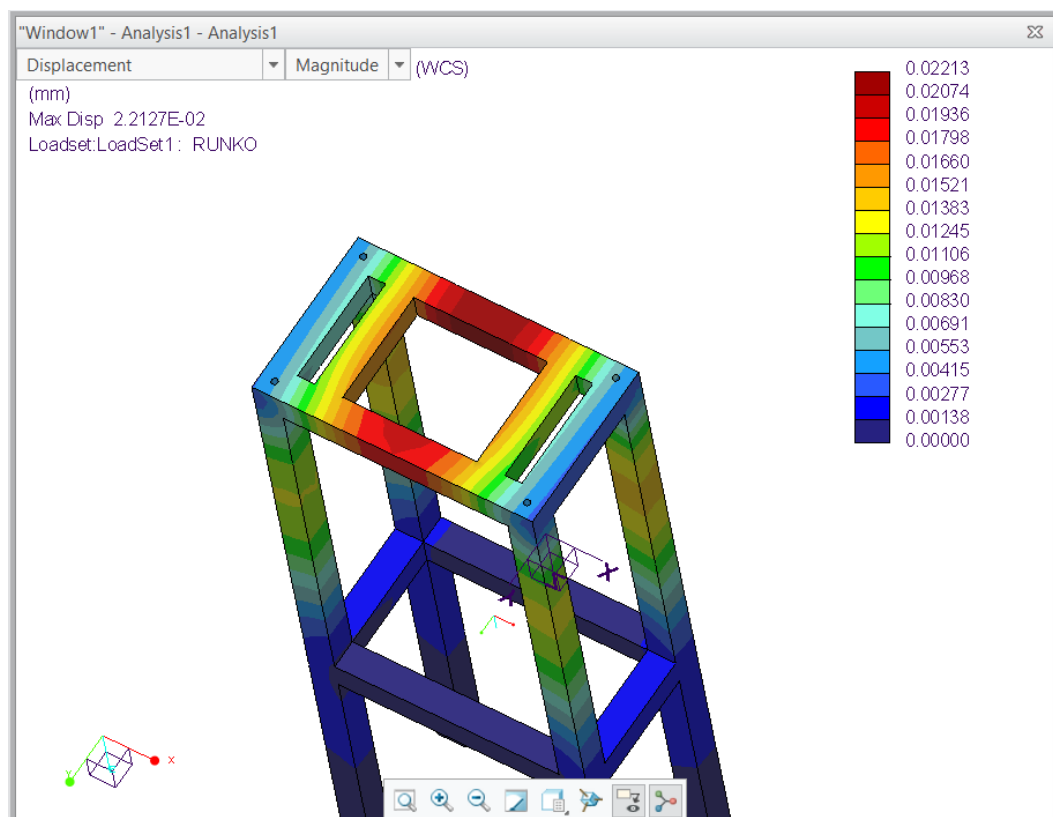
Kuva 23. Alumiiniprofiili (Kuva: Dmitry Myöhänen).

Runkojalustan luotettavuuden ja kestävyuden varmistamiseksi suoritettiin rakenteen FEM-analyysi, joka on erittäin tehokas työkalu rakenteiden mekaanisen suorituskyvyn arvioimiseen. Analyysissä huomioitiin tärkeimmät parametrit, kuten rakenteen von Mises -vertailujännitys ja siirtymä.

Valittiin 160 kg:n kuormitus, joka on useita kertoja suurempi kuin tärysyöttölaitteen todellinen massa täydellä kuormalla. Tällöin varmistetaan sen kestävyys ja turvallisuus.



Kuva 24. Runkojalustan von Mises -vertailujännitys (Kuva: Dmitry Myöhänen).



Kuva 25. Runkojalustan siirtymä (Kuva: Dmitry Myöhänen).

FEM-analyysin tulosten perusteella voidaan todeta, että suunniteltu runkojalusta on äärimmäisen luotettava ja kestävä myös lisääntyneillä kuormituksilla. Tämä tarkoittaa, että tärysyöttölaite voi toimia luotettavasti ja tehokkaasti myös raskaiden kuormien alla, mikä on tärkeää sen käyttökohteessa.

6.3.6 Tärymoottorin ohjaus- ja säätölaitteet

Täryttimien käyttöohjaimien ja säätimien valinta riippuu käytettävästä tärymoottorityypistä, sovelluksesta ja halutuista ominaisuuksista. Useita erilaisia ohjaimia on käytettävissä, ja yleisesti käytetyt ohjaimet ovat monipuolisia ja tehokkaita.

Tärymoottorien ohjaus- ja säätötekniikka on kehittynyt huomattavasti viime vuosikymmeninä, ja nykyaikaiset ohjaimet mahdollistavat tarkan ja vakionopeuden säädön sekä erinomaisen suorituskyvyn ja toiminnan luotettavuuden. Monet ohjaimet sisältävät palautetunnistimen, joka ylläpitää tarkkaa säätöä verkko- ja kuormitusvaihteluiden vaikutuksista huolimatta.

Projektissamme päätettiin käyttää kahta Brovind-säädintä CFF 6A, jotka on suunniteltu erityisesti sähkömagneettisten moottorien ohjaamiseen ja sopivat ihanteellisesti lineaariseen tärykuljettimeen ja maljatärysyöttölaitteeseen. Säädin toimii taajuudella 3000 tai 6000 värähdystä minuutissa ja sen syöttöjännitealue on 110–230 V. Takaisinkytkentäanturin avulla säädin tarjoaa erinomaisen värähtelynopeuden säädön ja pitää sen vakiona ajan kuluessa, mukaan lukien sähköverkon ja kuorman vaihtelut. Brovind-säätimet ovat tunnettuja luotettavuudesta ja tarkkuudesta, ja niitä käytetään laajalti monissa teollisissa sovelluksissa.

Tärysyöttöjärjestelmän automaattisen toimivuuden varmistamiseksi käytettiin kapasitiivinen tasoanturi, jolla mitattiin syöttömaljan osien tasoa. Valittiin kapasitiivinen tasoanturi BALLUF- BCS G34VVM2, jotka kykenevät havaitsemaan jopa 1–25 millimetrin mittaisia signaaleja.

Anturit perustuvat kapasitanssin muutokseen, joka syntyy, kun anturin ja mitattavan kohteen väliin syntyy kapasitanssi. Tämä muutos tulkitaan sitten signaaliksi, jota käytetään ohjaamaan syöttöjärjestelmää.

6.4 Viimeistely

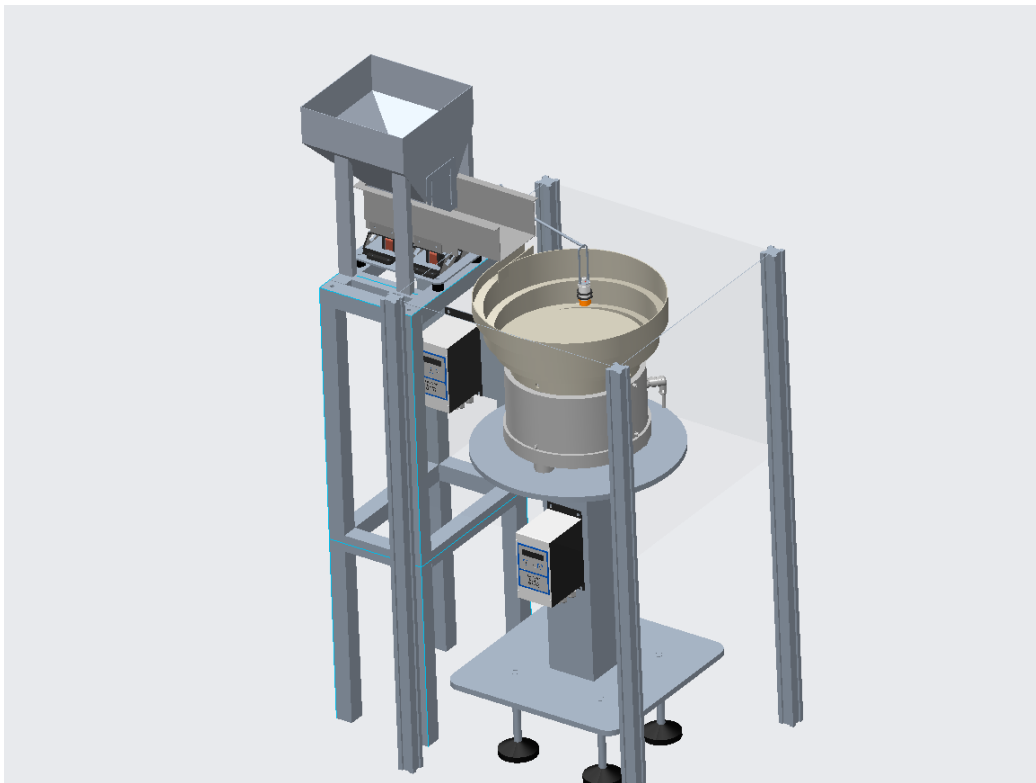
Tärysyöttimen suunnitteluprosessin viimeistelyvaiheessa tehtiin muutoksia runkojalustan korkeuteen ja kuljetinkuoren pituuteen yhteensopivuuden parantamiseksi. Tasoanturin asentoa ja kiinnitystapaa muutettiin myös jäykemmäksi, joka mahdollistaa tarkempien tietojen siirtymisen tärysyöttimen osien lukumäärästä.

Nämä muutokset toteutettiin vastaamaan tarkempia teknisiä vaatimuksia ja optimoimaan laitteen suorituskykyä. Viimeistelyvaiheessa tehtiin myös yksityiskohtaisia analyyseja muutosten vaikutuksista tärykuljettimen yleiseen toimivuuteen ja tehokkuuteen. Tarkistettiin myös, että muutokset ovat yhteensopivia muiden laitteen osien kanssa, jotta tärykuljetin toimii optimaalisesti.

Kaikki osat ja mekanismit tarkastettiin täsmällisesti, ja tarvittavat muutokset tehtiin 3D-malleihin ja kokoonpanoon varmistaen niiden sopivuuden ja toimivuuden. Valmistuspiirustukset ja kokoonpanopiirustukset laadittiin huolellisesti ja tarkasti, jotta ne olisivat selkeitä ja helposti ymmärrettäviä valmistusprosessin eri vaiheissa. Kaikki valmistuspiirustukset toimitettiin suoraan toimeksiantajalle, joten tässä opinnäytetyössä on esitelty ainoastaan kokoonpanopiirustukset. Lisäksi laadittiin kaikki prototyypikokoonpanon lopulliset kuvat.

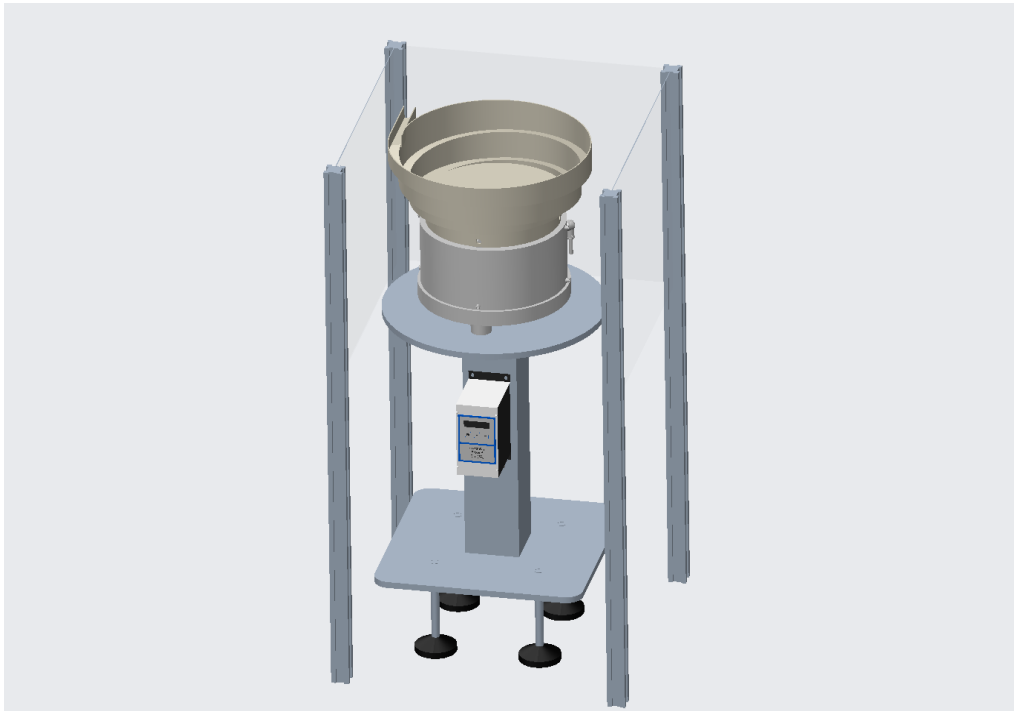
7 Opinnäytetyön tulokset

Opinnäytetyön tuloksena saatiin toteutettua tärysyöttimen prototyyppi, joka täyttää täysin toimeksiantajan kaikki vaatimukset ja soveltuu saumattomasti olemassa olevaan syöttöjärjestelmään. Prototyyppi suunniteltiin ja toteutettiin tarkasti, ottaen huomioon laitteen tekniset vaatimukset sekä optimointimahdollisuudet.



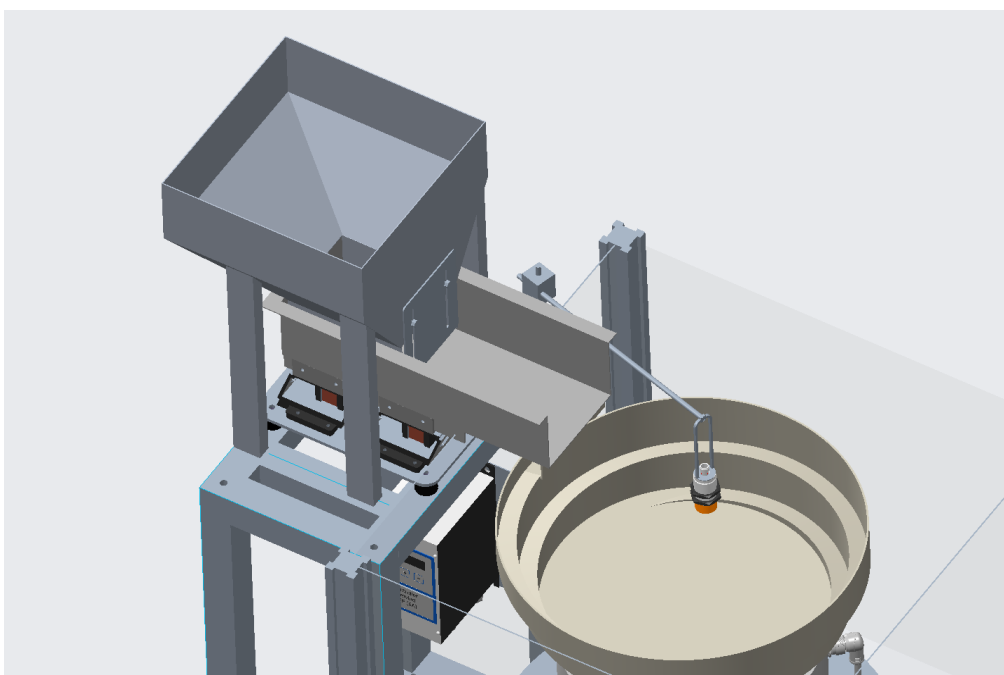
Kuva 26. Koko järjestelmän kokoonpano (Kuva: Dmitry Myöhänen).

Tärysyöttölaitteen vanha kulho vaihdettiin uuteen Browind OB 500 -malliin, joka tarjoaa paremman ja tarkemman toiminnan. Lisäksi ohjausyksikkö uusittiin varmistuen optimaalisen suorituskyvyn. Tärysyöttimen ohjauslogiikka säilytettiin ennallaan ilman muutoksia, ja se aktivoituu robotin syöttöradalla sijaitsevalla induktiivisella anturilla.



Kuva 27. Maljasyötin kokoonpano (Kuva: Dmitry Myöhänen).

Lisättiin toimeksiantajan toiveiden mukaisesti puolisuunnikkaan muotoinen suppilo lineaariseen tärysyöttöön, joka lisää kokonaiskapasiteettia. Suppilo ja anturin kiinnitysjärjestelmä kiinnitettiin suoraan runkojalustaan ja eristettiin tärinämooottoreista tärinänvaimentimilla, mikä parantaa koko järjestelmän vakautta ja kestävyyttä (kuva 28). Lisäksi rakenteen varmuuden tarkistamiseksi suoritettiin FEM-analyysit.



Kuva 28. Lineaarisyötin kokoonpano (Kuva: Dmitry Myöhänen).

Yrityksen tiukan aikataulun ja pitkällisen rahoituksen harkintaprosessin vuoksi projektin valmistus on ajoitettu loppukesään ja alkusyksyyn 2023. Tulevaisuudessa voidaan tehdä tarvittaessa pieniä muutoksia ja päivityksiä projektiin ensimmäisten testien jälkeen.

8 Pohdinta

Tässä opinnäytetyössä tavoitteena oli ottaa käyttöön maljatärysytölaite ja kehittää siihen lisäsyötölaite. Laitteen suunnittelussa käytettiin systemaattisen koneensuunnittelun VDI 2221 standardia, ja pyrimme noudattamaan sen suosituksia ja vaiheita mahdollisimman tarkasti.

Opinnäytetyön lopputuloksessa olen tyytyväinen siihen, että laitteen kehittämistavoite täyttyi täysin myös lisävaatimuksineen ja saavutettiin optimaalinen ratkaisu, joka täytti toimeksiantajan vaatimukset ja varmisti tehokkaan ja helppokäyttöisen osienkuljetuksen. Vaikka projektin valmistaminen on suunniteltu myöhempään ajankohtaan, ja se ei enää kuulu tähän opinnäytetyöhön.

Työn suurimpiin haasteisiin kuului tiukka aikataulu, sillä projektin kehittämiseen ja opinnäytetyön tekemiseen oli varattu vain noin 2,5 kuukautta. Myös osien orientoinnista tärysytölaiteessa ja tärymoottoreista yleensä löytyi vain vähän suomenkielistä tietoa.

Prototyypin ja 3D-mallien tekemiseen käytin tietokonemallinnusohjelmaa Creo 6. Projektin kehittämisen aikana oppimani ohjelman käyttötaito on kasvanut huomattavasti, vaikka olin käyttänyt sitä jo aikaisemmin.

Lisäksi opinnäytetyön aikana tutkin ja tutustuin tärysytölaiteiden suunnittelu- prosessiin ja niiden toimintaperiaatteeseen. Käytännössä perehdyin myös tuotteen suunnittelun ja kehitysprosessin kaikkiin vaiheisiin, mikä antoi minulle arvokasta tietoa ja kokemusta tulevia projekteja varten.

Kaiken kaikkiaan olen tyytyväisiä saavutuksiin tässä projektissa, vaikka se olikin haastava ja vaati paljon työtä ja omistautumista. Työ tarjosi erinomaisen tilaisuuden ammatilliseen kasvuun ja kehitykseen. Siinä voitiin soveltaa oppimisen aikana hankittua osaamista ja laajentaa sitä monilla tavoilla. Uskon, että tämän projektin vaikutus yrityksen automaatioon tulee olemaan merkittävä ja positiivinen. Projekti mahdollisti syöttöjärjestelmän kapasiteetin kasvattamisen, mikä parantaa tuotannon tehokkuutta ja vähentää manuaalisen työn tarvetta. Tämä puolestaan vähentää virheiden riskiä parantaa yrityksen kilpailukykyä tulevaisuudessa.

Lähteet

Airila, M. 2004. Mekatroniikka. Helsinki: Valopaino.

Atrima. 2023. Lamellar conveyor for bottles and cans. <https://www.atrima.cz/en/produkt/lamellar-conveyor-for-bottles-and-cans>. 5.5.2023.

Chelomey, V. 1981. Värähtelyt teknologiassa, osa 4: Värähtelyprosessit ja koneet. Moskova: Konetekniikka.

Hesse, S. 1999. Rationalization with Handling Technology. Esslingen: Festo AG & Co.

Iqsdirectory. 2023. Bowl Feeders. <https://www.iqsdirectory.com/articles/vibratory-feeder/bowl-feeder.html>. 5.5.2023.

Fonselius, J.;Laitinen, E.;Pekkola, K.;& Suosara, E. (1988). Koneautomaatio. Helsinki: Valtion painatuskeskus.

Jokinen, T. 2001. Tuotekehitys. <http://lib.tkk.fi/Reports/2010/isbn9789526033204>. 5.5.2023.

Jänsch, J. & Birkhofer, H. 2006. The Development of The Guideline VDI 2221 - The Change of Direction. <https://www.designsociety.org/publication/18983/THE+DEVELOPMENT+OF+THE+GUIDELINE+VDI+2221+-+THE+CHANGE+OF+DIRECTION>. 5.5.2023.

Katko Oy. 2023. Yritys. <https://www.katko.com/fi/yritys>. 5.5.2023.

Kotamäki, M.; & Nyberg, T. 1992. Koneautomaatio 2000. Helsinki: Valtion painatuskeskus.

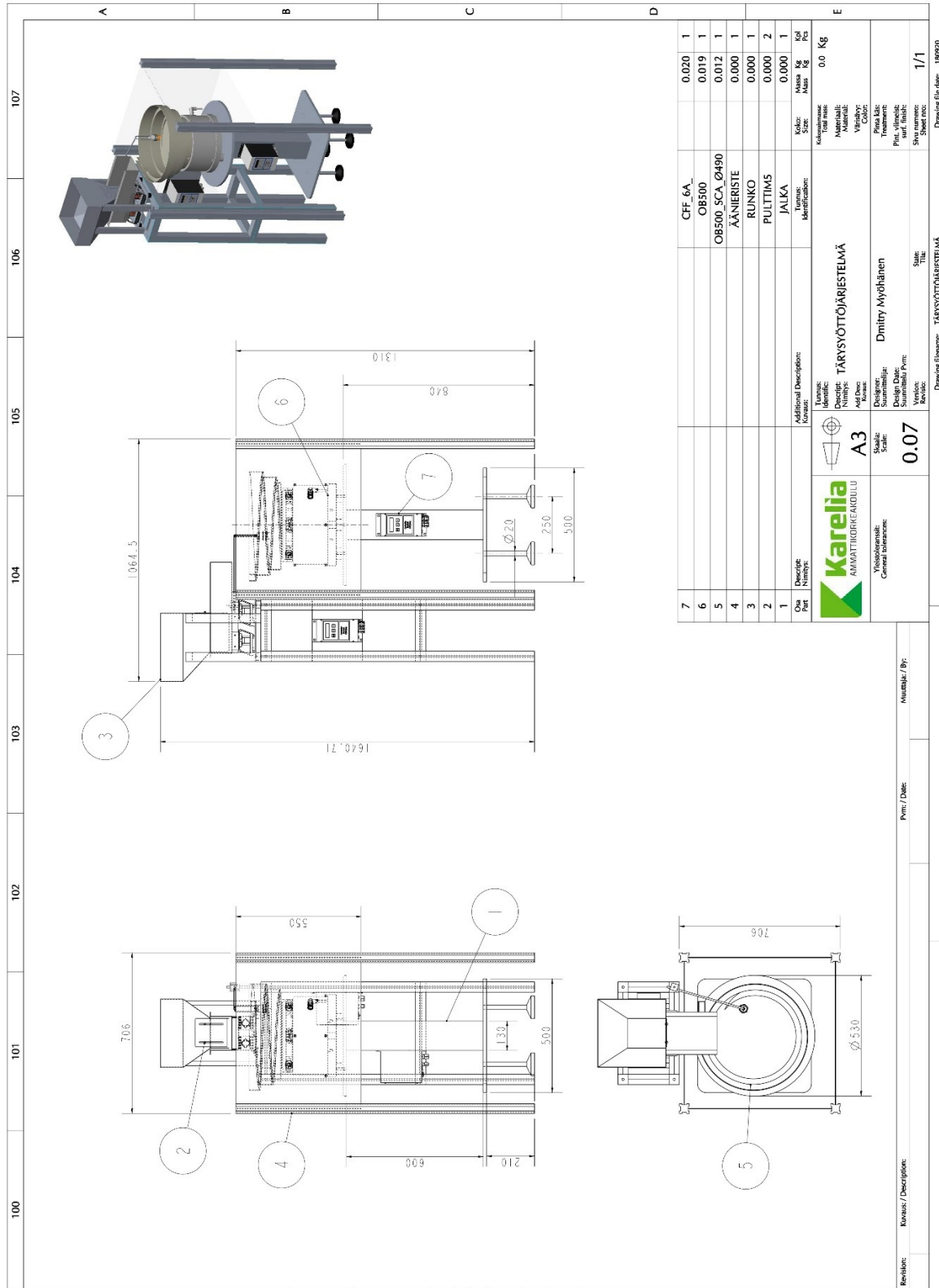
Leskinen, U. 1973. Tekniikan käsikirja 8 Koneensuunnitteluoppi. Jyväskylä: Gummerus Osakeyhtiö.

Paulstra - industry. 2023. Radiaflex and radiaflex inox plot and cylindrical support in elastomer. <https://www.paulstra-industry.com/en/ranges/elastomer-mounts/radiaflex-and-radiaflex-inox-plot-and-cylindrical-support-in-elastomer>. 5.5.2023.

Pahl, G. & Beitz, W. 1990. Koneensuunnitteluoppi. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

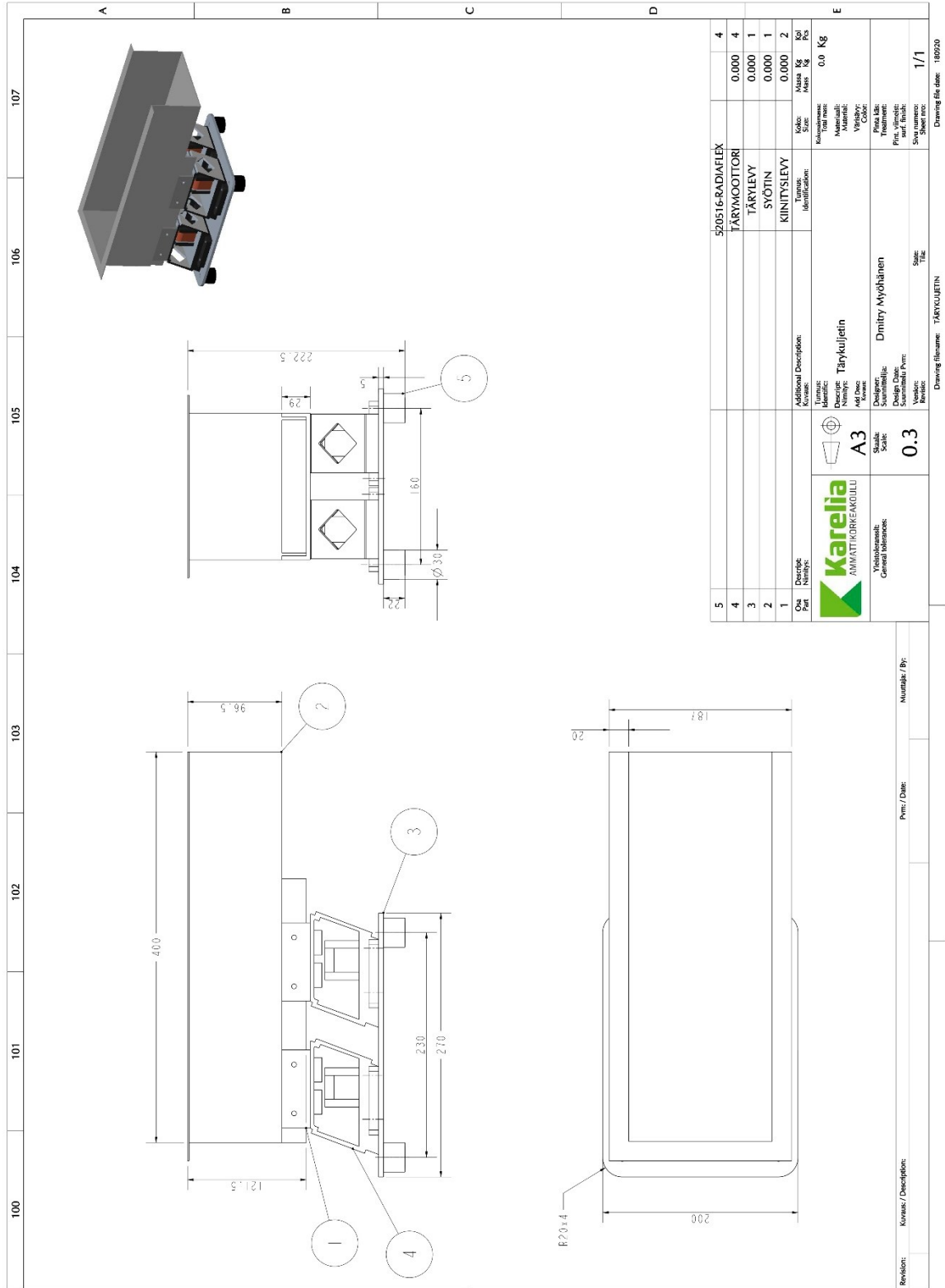
Rnaautomation. 2023. Bowl Tops. <https://www.rnaautomation.com/products/feeding-and-handling/spares-standard-equipment/bowl-tops>. 5.5.2023

Täryjärjestelmän kokoonpanopiirustus



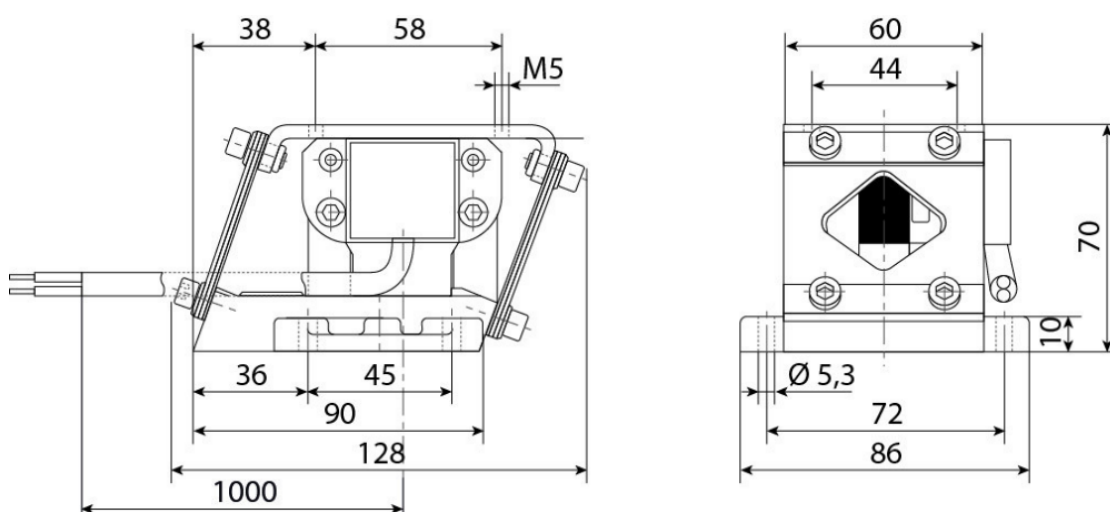
Tämä dokumentti on osa etä ohjelmistoa, jota ei saa kopioida, jäljentää tai muokata ilman kirjallista lupaa omistajalta.
 This document is part of a software package and may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base, without the written permission of owner.

Tärykuljetin kokoonpano



Tämä dokumentti sisältää sen osan, jota ei saa kopioida, uudelleenjulkistaa tai muokata ilman kirjallista lupaa omistajalta. / This document contains parts that may not be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base, without the written permission of owner.

Tärymoottorin OMW 516 002 piirustus

OMW 516 002

BALLUF- BCS G34VVM2 – tuotekortti

Capacitive Sensors for Object Detection
 Standard sensors, cylinder designs, DC 3-wire,
 M30×1.5, Ø 34 mm



M30×1.5	M30×1.5	Ø 34 mm	Ø 34 mm
Flush	Flush	Flush	Flush
2...15 mm	2...15 mm	1...25 mm	1...25 mm
BCS00NA ②	BCS00NM ①		
BCS M30BBI2-PSC15D-S04K	BCS M30BBI1-PSC15D-EP02		
BCS00NC ⑥	BCS00NN ⑤		
BCS M30BBI2-POC15D-S04K	BCS M30BBI1-POC15D-EP02		
		BCS004Z ②	BCS004W ①
		BCS G34VVM2-PPM20C-S04G	BCS G34VVM3-PPM20C-EP02
BCS00NE ④	BCS00NP ③		
BCS M30BBI2-NSC15D-S04K	BCS M30BBI1-NSC15D-EP02		
BCS00NF ⑥	BCS00NR ⑥		
BCS M30BBI2-NOC15D-S04K	BCS M30BBI1-NOC15D-EP02		
		BCS0050 ④	BCS004Y ③
		BCS G34VVM2-NPM20C-S04G	BCS G34VVM3-NPM20C-EP02
10...30 V DC	10...30 V DC	10...35 V DC	10...35 V DC
≤ 1.5 V	≤ 1.5 V	≤ 1.8 V	≤ 1.8 V
75 V DC	75 V DC	75 V DC	75 V DC
100 mA	100 mA	300 mA	300 mA
≤ 15 mA	≤ 15 mA	≤ 15 mA	≤ 15 mA
Yes/Yes/Yes	Yes/Yes/Yes	Yes/Yes/Yes	Yes/Yes/Yes
-25...+85 °C	-25...+85 °C	-30...+70 °C	-30...+70 °C
100 Hz	100 Hz	100 Hz	100 Hz
Green LED/Yellow LED	Green LED/Yellow LED	Green LED/Yellow LED	Green LED/Yellow LED
IP 67	IP 67	IP 64	IP 64
PBT	PBT	PVC	PVC
PBT	PBT	PVC	PVC
PA 12, PBT	PA 12, PBT	PBT, PE	PBT, PE
M12 connector, 4-pin	2 m PUR cable, 3×22 AWG	M12 connector, 4-pin	2 m PUR cable, 3×22 AWG
BCC M415-0000-1A-003-VX44T2-050-0013		BCC M415-0000-1A-001-PX43T2-050	

