



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Veli-Matti Vertanen

PITSAROBOTIN SYÖTTÖLAITE

Tekniikka
2022

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	6
2	TUOTEKEHITYS.....	7
3	SYÖTTÖLAITTEEN HAASTEET – KONSEPTISUUNNITTELU	8
	3.1 Mahdolliset muuttujat	8
	3.2 Ideointi ja luonnostelu	9
	3.3 Evaluointi ja pisteyttäminen	11
4	ARKKITEHTUURI – SYSTEEMISUUNNITTELU	12
	4.1 Tuotteen valmistustekniikka	13
	4.1.1 Syöttöruuvi.....	14
	4.1.2 Säiliö	14
	4.1.3 Tiputustunneli	15
5	DETALJISUUNNITTELU	17
	5.1 DFM-analyysi.....	17
	5.2 Säiliön DFM-analyysi	17
	5.3 Syöttöruuvien DFM-analyysi.....	18
	5.4 Tiputustunnelin DFM-analyysi	18
6	MOOTTORIN MITOITTAMINEN	19
	6.1 Moottoreiden valinta.....	20
7	LOPPUPOHDINTA.....	23
	LÄHTEET	24

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Tuotekehitysprosessi Ulrich-Eppinger-mallissa. /1, s. 42/.....	7
Kuva 2. Spesifikaatiot.....	11
Kuva 3. Syöttölaitteen toimintolista.....	12
Kuva 4. Syöttöruuvien tuoterakenne.....	14
Kuva 5. Säiliön tuoterakenne.....	15
Kuva 6. Tiputustunnelin tuoterakenne.....	16
Kuva 7. Ulkoisten voimien muunto laakerivoimiksi /5/.	20
Kuva 8. SKS askelmoottorit. /6/.	21
Kuva 9. NEMA34-askelmoottorin momenttitaulukko. /8/	22

1 JOHDANTO

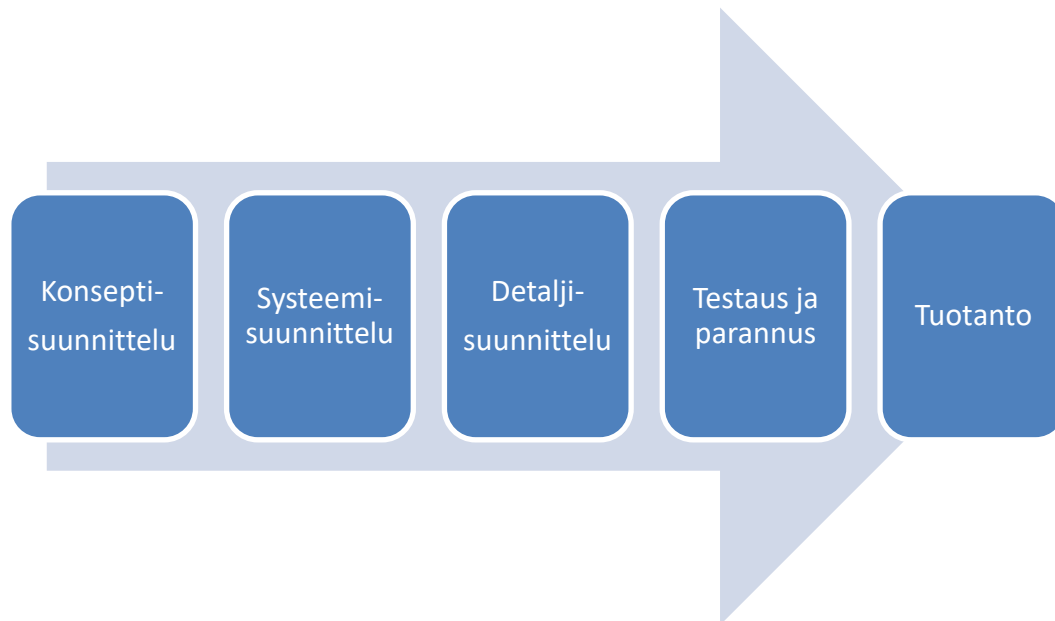
Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää mahdollinen konsepti tai prototyyppi PizzaRobot Oy:lle syöttölaitteiden valinnasta. PizzaRobot Oy on vuonna 2021 perustettu, kehittyvä yritys. Yrityksen tarkoituksena on tuoda helpotutusta arkeen ja tarjota kuluttajille autonomisesti valmistettuja pitsoja, missä tilauskäyttöliittymänä toimii internet sivusto.

Työn pohjalla on tuotekehitysprojekti toimeksiantajan antamien raja-arvojen mukaisesti. PizzaRobot Oy halusi opinnäytetyön keskittyvän kolmeen ominaisuuteen: Toimivuus, yksinkertaisuus sekä kunnossapito.

Theseukseen julkaistua raporttia opinnäytetyöstä on lyhennetty liikesalaisuuksien takia.

2 TUOTEKEHITYS

Tuotekehitystyössä on käytetty Ulrich-Eppinger-mallia, joka jakautuu viiteen osaan tuotekehityksen kannalta.



Kuva 1. Tuotekehitysprosessi Ulrich-Eppinger-mallissa. /1, s. 42/

Opinnäytetyössä keskitymme pääosin neljään ensimmäiseen osaan. Koska tuotekehitysprosessi on mahdollista toistaa ja tehdä useampi iteraatio, eivät ensimmäiset kierrot aina päädy tuotantoon asti.

3 SYÖTTÖLAITTEEN HAASTEET – KONSEPTISUUNNITTELU

Kyseessä oleva tuotekehitysprojekti oli haastava monelta kannalta. Täytteiden käyttäytymistä paineen, lämpötilan ja muiden mahdollisten muuttujien kannalta oli vaikea arvioida pelkästään fysiikkamallinnuksen tai teorian pohjalta.

Ulrich-Eppinger-tuotekehitysprojektit lähtevät konseptisuunnittelusta. Kyseisen vaiheen tarkoituksena on selvittää asiakastarpeen toimintalauseet, eliikä eräänlaiset ominaisuudet tai spesifikaatiot, millä selvitetään luonnosten soveltuvuus asiakkaan tarpeisiin. Projektissa on myös syytä pitää mielessä myös elintarvikkeiden hyvät käsittelytavat. Puristaminen, lämpötilavaihtelut, muodot mihin bakteerit voivat kerääntyä ovat ongelmia, mitä voi suunnittelun aikana vähentää tai mahdollisesti välttää kokonaan. Konseptisuunnitteluun kuuluu myös vaihe, missä luonnokset pisteytetään ja päätetään malli mitä lähdetään suunnittelemaan pidemmälle.

3.1 Mahdolliset muuttujat

Huomioon otettavia asioita täytteiden suhteen on aineiden ominainen kaatumiskulma, eliikä materiaalin tai täytteen suurin kaltevuus missä se pysyy kasassa sortumatta tai vierimättä. Kaatumiskulman arvo ottaa siis kantaa aineen valuvuuteen ja on tärkeä ominaisuus syöttölaitteen suunnittelun suhteen. Erilaiset ratkaisut saattavat sopia paremmin täytteille, jonka kallistuskulma on pieni, eliikä aine on erittäin valuvaa /3/.¹ Vastaavasti myös täytteen kosteus ja pintojen väliset kitkat ovat vaikeita selvittää ilman testaamista prototyypin avulla.

¹ Luonnollisen kaatumiskulman ollessa pieni syntyy samasta määrästä ainetta matalampia kasoja kuin isoilla kulman arvoilla.

3.2 Ideointi ja luonnostelu

Koska kyseessä on muuttuvat täytteet olisi syöttölaitteen tarkoitus olla mahdollisimman muokattava erilaisiin muotoihin. Mahdollisesti syöttöruuvi, joka kuljettaa täytettä eteenpäin säiliön pohjalla. Hyvänä puolena olisi soveltuvuus monelle erilaiselle täytteelle, sekä ruuvin helppo muokattavuus nousun ja pituuden kannalta.

Materiaalivirtaus on helppo laskea vaikkapa tilavuuden kannalta. Syöttöruuvin halkaisija d_k on 80 mm. Syöttöruuvin nousu on 40 mm, korkeus 30 mm, leveys 1 mm sekä ruuvin sisemmän sylinterin halkaisija d_2 on 20 mm. Otetaan esimerkiksi V_t = Tilavuusvirta ja V_1 = ruuvilehden viemä tilavuus, sekä V_2 = sisemmän sylinterin viemä tilavuus ja V_k = Kokonaistilavuus. Näin ollen voimme esimerkiksi laskea tilavuusvirran yhdellä syöttöruuvin kierroksella. Vastaavasti sylintereiden korkeus kaavoissa on silloin yhden nousun verran, 40 mm.

$$V_t = V_k - V_1 - V_2 \quad (1)$$

Kaavassa 2 laskettuna kokonaistilavuus.

$$V_k = \pi r^2 h, \text{ jossa } \frac{d_k}{2} = r_k = 40\text{mm}$$

$$h = \text{nousu} = 40\text{mm}$$

$$V_k = \pi \cdot (40\text{mm})^2 \cdot 40\text{mm} \approx 201060\text{mm}^3 \quad (2)$$

Sisemmän sylinterin tilavuus saadaan samalla kaavalla kuin kokonaistilavuus joten $V_2 \approx 12566\text{mm}^3$

Kaavassa 3 on ruuvilehden viemä tilavuus. Lasketaan se kokonaishalkaisijalla ja poistetaan sisemmän sylinterin viemä tilavuus tästä lopputuloksesta. Huomattavaa on, että tässä on kyse vain noin 1 mm vahvuisesta tilavuudesta myös sisemmän sylinterin kohdalla.

$$V_1 = A \cdot s \qquad A = \pi \cdot (40)^2 \text{mm}$$

$$s = \text{leveys} = 1 \text{mm}$$

$$V_1 = \pi \cdot (40)^2 \cdot 1 \text{mm} - \pi \cdot (10)^2 \cdot 1 \text{mm} \approx 4712 \text{mm}^3 \qquad (3)$$

$$V_t = 201060 \text{mm}^3 - 4712 \text{mm}^3 - 12566 \text{mm}^3 = 183782 \text{mm}^3 \qquad (4)$$

Tämä tarkoittaa noin 180 millilitran tilavuuden siirtoa jokaisella 360 asteen kieroksella tai vastaavasti 0.18 litraa, jos täytesäiliön tilavuus olisi vaikkapa 25 litraa. Tarvittaisiin $25/0.18 = 138.8$ syöttöruuvien kierrosta, jotta säiliö olisi matemaattisesti tyhjä. Spiraalin todellinen pituus on pari millimetriä pidempi per kierros otamalla nousu huomioon, joten kaava 3 toimii noin likiarvona. Samalla tavalla teoreettista tilavuusvirtaa voitaisi laskea muille ratkaisuille tai eri muodoille, kun syöttöruuvia on tarve muokata täytekohteisesti. Huomioitavaa on myös ruuvien nousukulman vaikutus kuormitukseen, pienentämällä kulmaa pystytään kohdistamaan enemmän työntövoimaa täytteeseen. Kulman muokkaamisella saattaa olla yllättävät vaikutukset syöttöruuvien täyttymistilavuuteen ja mahdollisesti täyteen pakkaantumiseen syöttöruuvien nousun välillä.

Toinen mahdollinen vaihtoehto olisi rakentaa eräänlainen tunneli täytteelle ja mahdollisesti suorittaa lineaarinen liike sylinterin avulla mikä tiputtaisi täytteet pitsan päälle. Toteutus riippuu tietysti säiliön muodosta mutta nopeus sekä suunta olisi helposti hallittavissa. Ongelmaksi saattaa muodostua täyteen kasaantuminen tiettyihin kohtiin pizzan päällä sekä hankalat muodot laatikon korneistamisessa tai tulostamisessa.

Kolmas varteen otettava vaihtoehto olisi toteuttaa liike liukuhihnalla. Hihnalle voisi muodostaa eräänlaisia korokkeita, jotka kuljettaisivat täytteitä pitsan päälle.

Valmiiden innovaatioiden jälkeen ideoista ja luonnoksista pyritään etsimään toimivat ideat ja katsomaan pystyisikö ratkaisuiden parhaita puolia risteyttämään. Esimerkkinä syöttölaatikon voisi lisätä säiliön pohjaan, mikä mahdollistaisi syöttölaatikon tai säiliön pesemisen ja vaihdon. Tämä voisi tuoda lisäarvoa toimeksiantajan kannalta, jos huolto tai pesuajat olisivat pitkiä.

3.3 Evaluointi ja pisteyttäminen

Pisteyttäminen on suoritettu spekulatiivisten arvioiden pohjalta, koska tuotteessa ollaan vasta konseptisuunnittelun vaiheessa. Alempana kuvassa 2 on hieman tarkennettu tuotteen spesifikaatioita ja pisteytetty konseptin asiakaslauseet tarkemmin.

Spesifikaatiot	Asteikko 1-5	Syöttöruuvi	Syöttölaatikko	Syöttöihna	
Huollettavuus		4	2	4	Kuvaa tuotteen purettavuutta pienempiin osiin
Muokattava		3	4	3	Modulaarisuus
Nopeus		4	3	3	Tuotteen mahdollinen raaka-aine määrän liikuttaminen
Toimintavarmuus		4	2	3	Mahdolliset tukokset ja toimintahäiriöt
Tarkkuus		4	2	3	Raaka-aine virran hallittavuus
Tekniset spesifikaatiot					
Rakennettavuus		3	2	3	Tuotteen vaatimat koneistukset yms. (5 kuvaa helposti rakennettava)
Tilavuus		3	2	3	Paljonko tuote vie säiliöstä tilaa
3D-tulostettava		Mahdollisesti	Kyllä	Ei	
Ostettava osa		Mahdollisesti	Ei	Kyllä	
		Summa	25	17	22

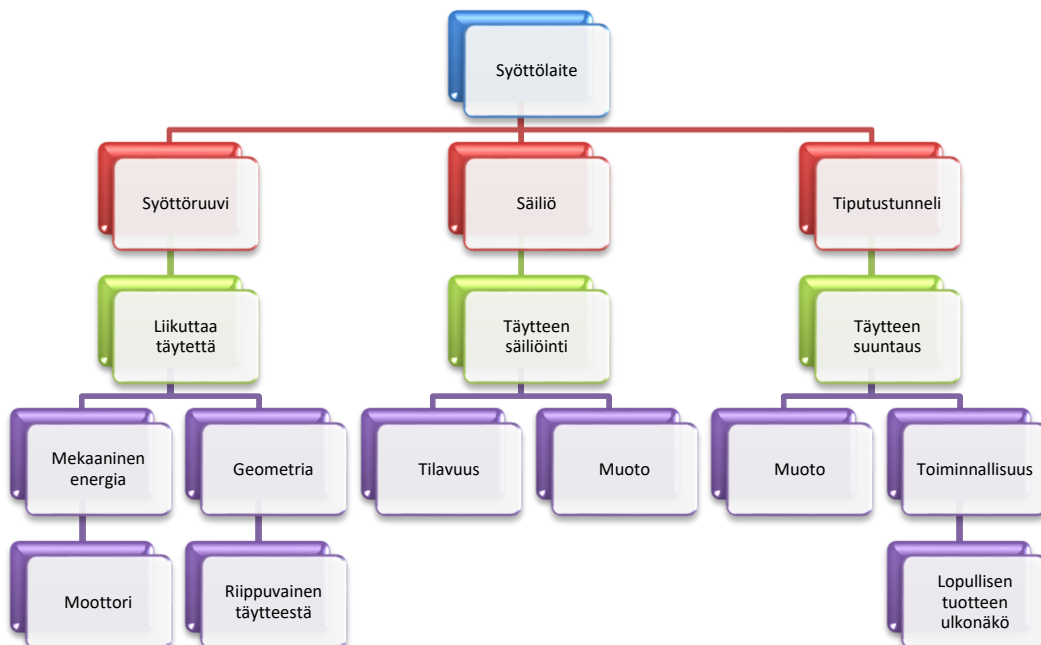
Kuva 2. Spesifikaatiot.

Pisteyttämisen perusteella valitsemme syöttöruuvien jatkokehitysmalliksi. Huomattavaa, että tässä vaiheessa voi tapahtua ns. Tiputusvirhe, jos jotain spesifikaatiota tai ominaisuutta yliarvostetaan tai aliarvostetaan, on mahdollisuus, että parempi idea tippuu pois tai jää käyttämättä. Kyseinen virhe useimmiten vältetään luomalla tuotteista pienet mallit tai prototyypit.

4 ARKKITEHTUURI – SYSTEEMISUUNNITTELU

Systeemisuunnittelun tarkoituksena on miettiä tuoterakennetta ja erilaisia osia, moduuleita mistä itse tuote muodostuu. Tuotteen moduloinnin tarkoituksena on keskittyä tarkentamaan kokonaisuutta jakamalla se pienempiin osiin.

Syöttölaitteen voi jakaa kolmeen moduuliin. Itse säiliö mihin säilötään raaka-aineet, syöttöruuvi, mahdollinen tiputustunneli mikä huolehtii, että raaka-aineet tippuvat tasaisesti pitsan päälle.



Kuva 3. Syöttölaitteen toimintolista.

Vastaavasti systeemisuunnittelussa määritetään moduuleiden rajapinnat, minkä kautta moduulit kytkeytyvät toisiin moduuleihin. Esimerkkinä tiputustunnelin rajapintana voisi olla standardoidut kierteet säiliön ja tunnelin välillä.

4.1 Tuotteen valmistustekniikka

Tuotteen kustannukset ja materiaalivalinnat koostuvat suurimmaksi osaksi koneistuksen määrän tarpeesta, sekä elintarviketeollisuuden määräyksistä kontaktimateriaaleihin.

”Kontaktimateriaaleja ovat muun muassa:

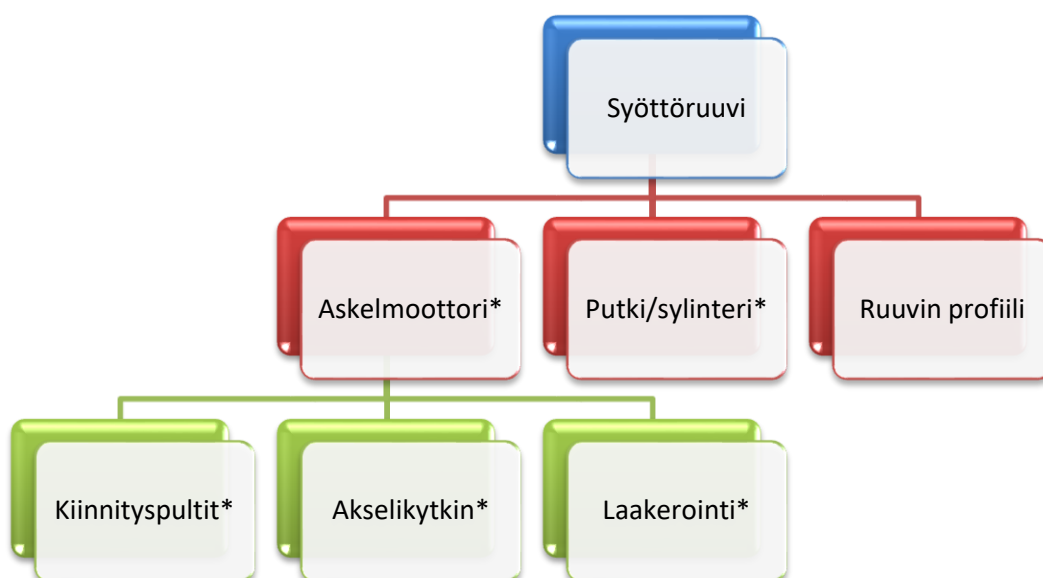
- Elintarvikkeiden pakkausmateriaalit kuten muovipussit, muovikalvot, paperipussit, kartonkilaatikot, foliot, kertakäyttöastiat
- astiat ja ruokailuvälineet
- ruoanvalmistusvälineet kuten kattilat, paistinpannut ja uunipellit, kauhat ja vispilät
- ruoanvalmistuslaitteet kuten yleiskone, vispauskone, mehupuristin ja kahvinkeitin
- ruoanvalmistuslaitteiden osat kuten laitteiden tiivisteet, letkut, putket ja rattaat.
- erilaiset pinnat kuten työpöytäpinnat, kuljetinhihnat, suodatuskankaat ja niin edelleen.”² /4/

Ruokaviraston sivulta löytyy useampi linkki materiaaleihin, mutta selvänä suosituksena on ruostumaton teräs AISI 304/1.4301, millä on hyvä korroosionkestävyys ja on yleisesti käytetty elintarviketeollisuudessa, kyseisen materiaalin ainut huono puoli on kestävyys suolaa vastaan. Jos täytteet osoittautuvat suolapitoisiksi, on syytä harkita materiaalin vaihtoa AISI 316, millä on parempi kloridikestävyys. Koska osa raaka-aineista on emäksisiä, ei alumiinia suositella. Mahdollisena vaihtoehtona voisi olla polyamidi (nylon) tai merialumiini, ongelmaksi muodostuvat hinta ja muovattavuus. Ruostumattoman teräksen käyttö on myös järkevää hitsauksen kannalta, materiaalin käyttäytyminen lämpövaihtelussa ja hitsattavuus on hyvin tunnettua sekä monet syöttölaitteen moduuleista hyötyvät materiaalistandardeista.

² Kontaktimateriaaleja koskevia tietoja ruokaviraston sivuilta.

4.1.1 Syöttöruuvi

Syöttöruuvien valmistus tarvitsee ainakin hitsausta tai mahdollisesti koneistusta. Sylinterin muotoiset osat ovat standardisoituja ja helposti ostettavissa, mutta sovitusta laakeripesän kanssa tarvitsevat toleranssit akselin suhteen. Mahdollinen muokkaaminen syöttöruuvien nousun kannalta vaatii hitsaamista. Rajapinnat tai mahdolliset liitännät moottoreiden kanssa ovat standardoituja. Ostettavat osat merkattuina tähdellä *.



Kuva 4. Syöttöruuvien tuoterakenne.

4.1.2 Säiliö

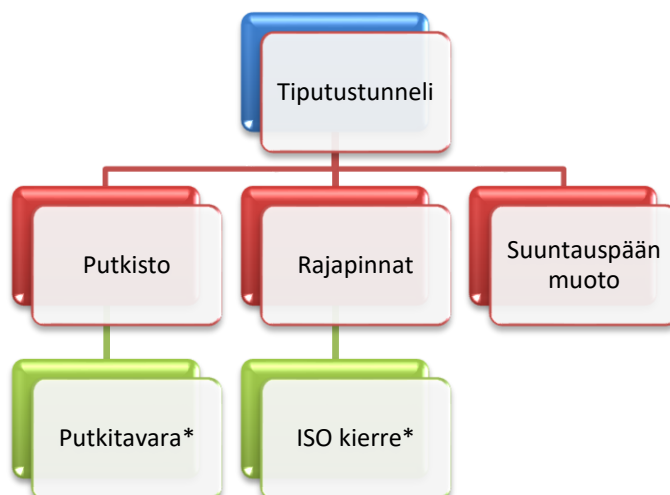
Seinämät on mahdollista leikata isommista levyistä ja kasata yhteen hitsauksen avulla. Koska ruostumaton teräs on helposti muokattavaa, rajapintojen tekeminen muita moduuleita varten on mahdollista myös jälkeinpäin. Yhtenä esimerkkinä voisi olla paikka antureille jatkokehityksen kannalta.



Kuva 5. Säiliön tuoterakenne.

4.1.3 Tiputustunneli

Riippuen kyseisen moduulin ratkaisusta erilaisille raaka-aineille on putkiston hitaaminen varmasti yksi valmistusprosessin osa. Mahdollinen kustomointi täytekohtaisesti saattaa vaatia koneistusta. Tunnelin kehitys on selkeästi tarvittava prosessi ensimmäisen prototyypin jälkeen.



Kuva 6. Tiputustunnelin tuoterakenne.

Komponentit ovat niin sanotusti paikkamodulaarisia, vielä tarkemmin vaihtomodulaarisia /2, s 192–193/. Tuotteen moduuleiden ominaisuuksia voidaan muuttaa paremmin toimimaan tiettyjen raaka-aineiden kanssa geometriamuokkauksien suhteen, käytännössä tämä tarkoittaisi vaikkapa tunnelin sisähalkaisijan muokkauksista mutta normaalien rajanpintojen säilymistä moduulien välillä.

5 DETALJISUUNNITTELU

Kyseisen vaiheen tarkoituksena on päättää jokaisen osan kokoonpano, lopulliset muodot, materiaalit sekä luoda kuvat, valmistukseen tarvittavat dokumentit ja analyysi mahdollisista valmistuskustannuksista. Itse lähdin kyseistä vaihetta purkamaan DFM-analyysin kannalta, tarkoituksena löytää toiminnalliset rakenteet osille, alentaa kustannuksia sekä koneistuksen määrää ja määrittää valmistettava tuote.

5.1 DFM-analyysi

DFM-analyysi (Design For Manufacturing) on suurempi kokonaisuus missä mukana on useasti myös valmistusketju /2, s 280/. Kyseisen analyysin pääpiirteet ovat kustannusten alentaminen komponenttien, kuljetusten, osatoimittajien, valmistuksen, kokoonpanon, mahdollisen tuki- tai alikokoonpanon puolesta. Koska valmistusketjua ei vielä pystytä tuotteelle määrittämään ja pyritään luomaan ensimmäistä prototyyppiä, missä tarkoituksena on saada kokemuksia toimivuudesta ja mahdollisista ongelmista, on olennaista keskittyä vain itse tuotteeseen.

5.2 Säiliön DFM-analyysi

Ensimmäinen revisio säiliön ulkomuodosta oli yksinkertaisesti laatikko, missä syöttöruuvi makasi poikittain, kyseinen malli oli hankala valmistaa ja se ei ollut toiminnallinen. Nykyinen malli on hieman erilaisempi sekä monimutkaisempi useamman ominaisuuden takia, sekä toimeksiantaja pyysi erikseen mahdollista vuotokanavaa kosteiden raaka-aineiden vuoksi.

Ensimmäisenä vaiheena on rakenteiden yksinkertaistaminen, koska kyseessä on DFM-analyysi, joskus on parempi tehdä hankalasta muodosta useampi osa ja säästää monimutkaisissa työstöprosesseissa.

Säiliössä on kaksi toiminnallista ominaisuutta geometrian kannalta. Muoto, joka ohjaa täytteen syöttöruuviin, laatikko tai kiinnike mihin syöttöruuvi asettuu. Tärkeä ominaisuus on estää täytteen tukkeutuminen säiliön ja syöttöruuvien välillä, joten säiliön pohjan muoto on syytä pitää mahdollisimman avoimena tukkeutumisen estämiseksi, enemmän kontaktipintaa ruuviin on helpottava tekijä. Myös materiaalien suhteen painoa oli helppo tiputtaa, jos säästetään pelkästään tarvittavat pinnat ja poistetaan ylimääräiset seinämät ja hankalat muodot.

5.3 Syöttöruuvien DFM-analyysi

Syöttöruuvien painon vähentäminen ja järkevä mitoitus säiliöön on varmasti tärkein vaihe analyysissä, liian ison moottorin mitoittaminen tuottaa ylimääräisiä kustannuksia toimeksiantajalle ja liike energiaa kuluu itse ruuvien liikuttamiseen, täytteen sijasta. Tärkeänä ominaisuutena onkin vain täytteen liikuttaminen tarpeeksi nopeasti, joten toiminnalliset mitat määrävää halkaisijat syöttöruuvien suhteen. Esimerkkinä voisi ottaa vaikkapa juuston määrän pitsan päällä on noin 1.5 desilitraa, tämä on vastaavasti 150 millilitraa. Tiputtamalla syöttöruuvien halkaisijan 40 millimetriin, olisi tilavuusvirta noin 0.45 dl per kierros, elikkä vieläkin varsin riittävä projektin mittoihin.

5.4 Tiputustunnelin DFM-analyysi

Tiputustunneli on yksinkertaisimmassa muodossa vain simppele putkimainen geometria, jonka ainut tehtävä on suunnata täytteitä pitsan päälle, joten kohta missä voi säästää on materiaalin määrä. Tarkoituksena on antaa täytteen virrata vapaasti putkesta ulos ilman tukkeutumista, joten ainoa kriittinen mitta on putken sisähalkaisija.

6 MOOTTORIN MITOITTAMINEN

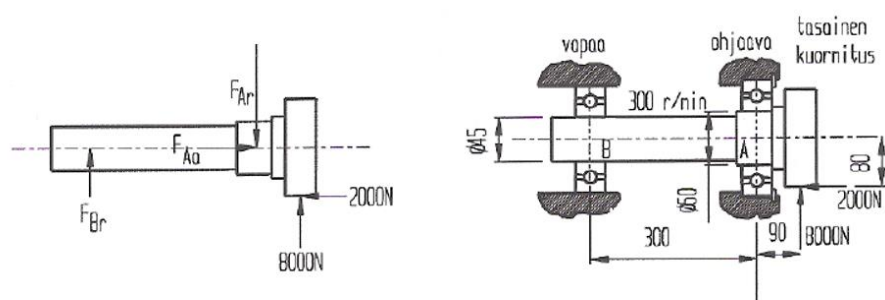
Alkuun voisi miettiä vaikkapa syöttöruuvin olevan täynnä täytettä, nykyisessä ruuvin geometriassa on noin 4 kierrosta ja yksi kierros vastaa 0.45 desilitraa, eli 4*0.45 dl juustoa. Juusto painaa 40 grammaa desilitralle, joten ruuvin tilavuudessa on yhteensä 72 g juustoa, olettaen 40 mm syöttöruuvin halkaisijalle.

Ruostumattoman teräksen tiheys on korkeimmillaan 8 000 kg/m³ riippuen seosaineista. Syöttöruuvin tilavuus kokonaisuudessaan 47 078 mm³ = 0.0004708 m³, joten massaksi tulee noin 3.8 kg. Raaka-aineen hydrostaattinen paine voitaisi laskea vaikkapa juuston esimerkillä. Havainnollistettu kaavassa 5.

$$p = \rho gh, \text{ jossa } \begin{array}{l} \rho = \text{tiheys} \\ g = \text{putoamiskiihtyvyys} \\ h = \text{korkeus} \end{array} \quad (5)$$

Juuston tiheys on noin 40 grammaa desilitralle, tämä on vastaavasti 400 kilogrammaa kuutiometrille. Säiliön korkeus on noin 380 mm, eli 0.38 m ja putoamiskiihtyvyys 9.82 m/s². Kertomalla luvut keskenään saamme 1 492.64 pascalia ja pascalit voimme muuttaa suoraan 1:1 suhteella newtonia neliömetrille = N/m². Kertomalla pascalit syöttöruuvin pinta-alalla, saamme tulokseksi 52.44 newtonia. Kyseinen newtonien määrä kuvaa voimaa minkä juusto tuottaa omalla painollaan syöttöruuville, itsessään syöttöruuvin paino tuottaa 37.3 newtonia.

Esimerkki laskemisesta kuvassa 7, missä mukana on myös dynaamiset voimat laakerin kuormitukselle. Syöttölaitteen tapauksessa pyörimisnopeus on niin hidas, että dynaamista kuormitusta ei juurikaan tapahdu.



Ulkoisten voimien muunto laakerivoimiksi:

$$\sum M_B = 8 \text{ kN} \cdot 390 \text{ mm} - 2 \text{ kN} \cdot 80 \text{ mm} - F_{Ar} \cdot 300 \text{ mm} = 0 \Rightarrow F_{Ar} = 9,87 \text{ kN}$$

$$\sum F_y = 8 \text{ kN} - F_{Ar} + F_{Br} = 0 \Rightarrow F_{Br} = 1,87 \text{ kN}$$

$$\sum F_x = -2 \text{ kN} + F_{Aa} = 0 \Rightarrow F_{Aa} = 2 \text{ kN}$$

Kuva 7. Ulkoisten voimien muunto laakerivoimiksi /5/.

Elikkä kovin suurista voimista ja painoista ei ole kysymys, laakerointi kantaa kuormat ja moottorille jää vain pyörimismomentin kehittäminen, mikä on ideaalista. Opinnäytetyön ohjaajan puolelta sain myös vinkkiä, että kaksi kuulalaakeria on parempi idea akselin kuormien suhteen.

Moottorin lopullinen mitoittaminen kannattaa suorittaa prototyypin kautta empiirisen tutkimuksen myötä, koska mahdolliset kitkakertoimet täyteen ja säiliön välillä on parhaimmillaan erittäin hankala arvioida.

6.1 Moottoreiden valinta

SKSGroupin verkkosivuilta löytyy huomattavasti tietoa erilaisista moottoreista ja niiden hyvistä puolista. Useasti pientä vääntö kaipaavat tarkat moottorit ovat askelmoottoreita, niiden käyttö on hyvin yleistä CNC-tekniikassa.



Integroidut askelmoottorit

Integroidut askelmoottorit ovat täydellinen ratkaisu liikkeeseen, sillä moottorissa on kaikki tarvittavat komponentit yhdessä yksikössä. Moottorissa on integroitu ohjain. Integroidun askelmoottorin perusajatuksena on minimoida asennuskustannukset, mutta myös suojata entistä paremmin sähköisiä häiriöitä vastaan.

Tekniset tiedot:

- vääntömomenttialue 0,36-25 Nm
- IP-suojausluokka IP42 tai IP65



Perusaskelmoottorit

Perusaskelmoottoreissa on korkea momentti suhteessa inertiaan, mikä nopeuttaa käynnistystä ja pysähtymistä. Moottoreissa on hiljainen käyntiääni ja suuri aksiaalinen ja säteittäinen akselikuormitettavuus. Moottoreissa on standardina NEMA08-53 -asennus. Suojausluokka on jopa IP67.

Tekniset tiedot:

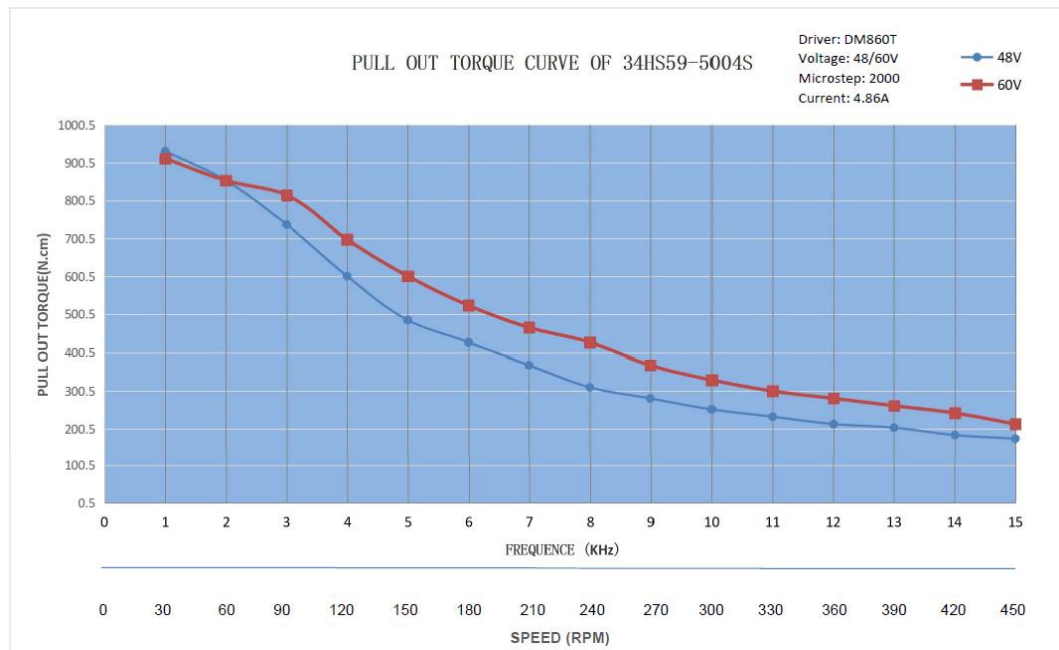
- suojausluokat NEMA08, NEMA17, NEMA23, NEMA34, NEMA43 ja NEMA53
- vääntömomenttialue 0,01-50 Nm
- runkokoot 20-134 mm

Kuva 8. SKS askelmoottorit³. /6/.

Tarkastellaan hieman NEMA34-kokoluokan moottoreita. Stepperonline⁴ verkkosivun kautta /7/ löytynyt momenttikäyrä kertoo huippumomentin olevan lähes 9 Nm pienillä kierroksilla kuva 9. Kyseisen momentin määrä voisi olla hyvinkin riittävä tähän käyttötarkoitukseen. 30 RPM vastaa puoli kierrosta sekunnissa syöttöruuville, olettaen vaikkapa juuston esimerkin 0.45 dl per kierros tarvittaisiin noin kolme kierrosta, liikkeeseen kuluisi 6 sekuntia aikaa. Vastaavasti jos vääntö loppuu kesken, on syytä tarkastella servomoottoreita millä on suurempi vääntömomentti.

³ SKSGroup on yritysasiakkaita palveleva teollinen toimittaja

⁴ Askelmoottoreiden jälleenmyyjä



Kuva 9. NEMA34-askelmoottorin momenttitaulukko. /8/

7 LOPPUPOHDINTA

Tuotekehitysprojekti sujui lähes aikataulun mukaisesti ja oli erittäin kehittävä niin teoreettisella tasolla, kuin myös toteutuksen tasolla. Vaikka useampaan otteeseen projektissa joutui palaamaan alkuun ja miettimään vaihtoehtoista toteutusta ja näin ollen toistamaan prosessin alusta asti uudestaan, pysyi projekti mielenkiintoisena loppuun asti.

Uskon, että toimeksiantaja sai selvän suunnan mahdolliseen jatkokehitykseen tämän pohjatyon kautta. Syöttölaitteen konsepti itsessään oli niin laaja, että syöttölaitteesta saisi aikaiseksi useammankin opinnäytetyön.

Kiitokset PizzaRobot Oy:lle, että pääsin tekemään opinnäytetyötä syöttölaitteesta sekä minua ohjanneelle Juha Hantulalle.

LÄHTEET

- /1/ Hietikko, E. 2008. Tuotekehitystoiminta. Savonia. Savonia-ammattikorkeakoulun kuntayhtymä.
- /2/ Ulrich, Karl T., Eppinger, Steven D. & Yang, Maria C. Product Design and Development. Viitattu 20.5.2022. New York. McGraw-Hill Education.
- /3/ Wikipedia. 2019. Wikipedian sivusto kaatumiskulmasta. Viitattu. 15.4.2022. https://en.wikipedia.org/wiki/Angle_of_repose
- /4/ Ruokavirasto. 2022. Ruokavirasto kontaktimateriaalit. Viitattu. 1.5.2022 <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/elintarvikeala/valmistus/pakkaukset-ja-muut-elintarvikekontaktimateriaalit/mita-ovat-kontaktimateriaalit/>
- /5/ Blom, S., Lahtinen, P., Nuutio, E., Pekkola, K., Pyy, S., Rautiainen, H., Sampo, A., Seppänen, A., Suosara, E. 2006. Koneenelimet ja mekanismit. Edita Publishing Oy. Viitattu 27.5.2022
- /6/ SKS-Group. 2022. SKS-Group askelmoottorit. Viitattu. 10.5.2022 <https://www.sks.fi/tuotteet/moottorit/askelmoottorit-jvl>
- /7/ Stepperonline. 2022. Stepperonline NEMA34-askelmoottori. Viitattu. 10.5.2022 <https://www.omc-stepperonline.com/nema-34-cnc-high-torque-stepper-motor-13nm-1841oz-in-5a-86x86x150mm-34hs59-5004s>
- /8/ Stepperonline. 2022. Stepperonline NEMA34 momenttikäyrä. Viitattu. 10.5.2022 https://www.omc-stepperonline.com/download/34HS59-5004S_Torque_Curve.pdf
- /9/ Mäkelä, M., Soininen, L., Tuomola, S. & Öistämö, J. 2018. Tekniikan kaavasto. Porvoo. Tammertekniikka / Amk-Kustannus Oy. Viitattu 21.5