

Hihnakuuljettimen jakosuppilon kehitys

Toni Hyyryläinen

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2025

Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotantotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotantotekniikka

HYYRYLÄINEN, TONI:
Hihnakuljettimen jakosuppilon kehitys

Opinnäytetyö 41 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Huhtikuu 2025

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää ROXON Oy:lle jakosuppilo, joka on kestävä, toimiva ja helposti huollettava. Työssä kartoitettiin työn tilaajan nykyisten jakosuppiloiden ongelmakohdat ja heikkoudet.

Työssä hyödynnettiin asiantuntijahaastatteluita, joiden pohjalta saatiin peruskäsitys työn tilaajan tarvitsemasta jakosuppilomallista.

Käyttämällä haastatteluista saatuja tietoja ja tarkastelemalla erilaisia jakosuppilomalleja, erottui selkeästi yksi malli joukosta toiminnallisuuden kannaltaan. Jakosuppilomalliksi valikoitui jakoämpäri-periaatteella toimiva suppilo. Ensin 3D-mallinnettiin jakosuppilon osien karkeat ulkomuodot, minkä jälkeen kokoonpano luotiin. Kokoonpanon valmistuttua aloitettiin yksityiskohtaiset kehitystoimet, joihin lukeutui huollettavuuden maksimointi sekä jakosuppilon toiminnallisuuden varmistaminen.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin kehittyneempi hihnakuljettimen jakosuppilo, joka on toiminnallisuudeltaan edeltäjiään varmempi ja huollettavuudeltaan laaja-alaisempi.

Asiasanat: jakosuppilo, kehitys, hihnakuljetin

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Bachelor of Engineering, Mechanical Engineering
Production Engineering

HYYRYLÄINEN, TONI:
The Development of Belt Conveyor's Diverter Chute

Bachelor's thesis 41 pages, appendices 0 pages
April 2025

The purpose of the thesis was to develop a diverter chute for ROXON Oy that is more durable, functional, and easier to maintain than the previous chutes that the client has used before. During the work, expert interviews were conducted which provided an understanding of the type of the diverter chute needed by the client.

By utilizing the information gathered from the interviews and reviewing various diverter chute models, one design clearly stood out in terms of functionality. The work began by 3D modeling the basic shapes of the chute's components, followed by assembly creation. Once the assembly was completed, detailed developments were initiated which included maximizing maintainability and ensuring the functionality of the diverter chute.

As a result of the thesis, a more advanced conveyor belt diverter chute was developed which is more reliable in terms of functionality and broader in terms of maintainability compared to the previous chutes used by the client.

Key words: diverter chute, develop, belt conveyor

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	TYÖN TAUSTA, TAVOITE JA RAJAUS	6
3	YRITYSESITTELY	7
4	HIHNAKULJETTIMIT	8
	4.1 Kuljettimien taloustiede	9
	4.2 Hihnakuljettimen toiminta	10
	4.3 Alhaiset työvoimakustannukset	12
	4.4 Alhaiset energiakustannukset	12
	4.5 Ongelmakohdat.....	13
5	JAKOSUPPILOT	14
	5.1 Kahteen suuntaan jakavat jakosuppilot.....	14
	5.2 Jakosuppiloiden tyypilliset ongelmat	15
	5.3 Jakosuppiloiden edut	15
	5.4 Huollettavuus	15
	5.5 Taloudellisuus	16
	5.6 Teknitaloudellisen jakosuppilon ominaisuudet.....	16
6	TULOKSET	17
	6.1 Suunnittelun ongelmakohdat.....	18
	6.2 Ongelmakohtien ratkominen	18
	6.3 Huollettavuus	19
	6.4 Toimivuus.....	24
	6.5 Toimilaite.....	24
	6.6 Geometria	26
	6.6.1 Pölykoppa.....	29
	6.6.2 Jakoämpäri.....	30
	6.6.3 Ohjauskauluri.....	31
	6.6.4 Huoltokiskot.....	32
	6.7 Nostopisteet	34
	6.8 Virtaussimulaatio	35
7	POHDINTA	40
	LÄHTEET	41

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää työn tilaajalle ROXON Oy:lle toimiva ja helposti huollettava jakosuppilo. Työssä käydään läpi hihnakuljettimien ja jakosuppiloiden perusteoriaa yleisellä tasolla. Työssä kartoitettiin yrityksen käyttämien jakosuppiloiden ongelmakohdat, joiden pohjalta uutta jakosuppiloa alettiin suunnittelemaan.

Työn taustalla oli ROXON Oy:n halu kehittää toimintavarmempi ja helpommin huollettavissa oleva jakosuppilo. Yrityksen nykyisessä käytössä olevien jakosuppiloiden vuoto-ongelmat ja huoltovaikeudet huomioon ottamalla aloitettiin uuden jakosuppilomallin suunnittelu. Työ alkoi komponenttien ulkomuodon karkealla määrittämisellä ja niiden yhdistämisellä kokoonpanoon. Kokoonpanon valmistuttua aloitettiin yksityiskohtainen muokkaaminen. Erityistä huomiota työssä käytettiin huoltomahdollisuuksien maksimointiin, jotka tässä työssä esitellään osittain.

2 TYÖN TAUSTA, TAVOITE JA RAJAUS

Opinnäytetyön tarkoitus on kehittää hihnakuljettimen jakosuppiloa kestävämmäksi, tarkemmin materiaalia sääteleväksi ja helpommin huollettavaksi.

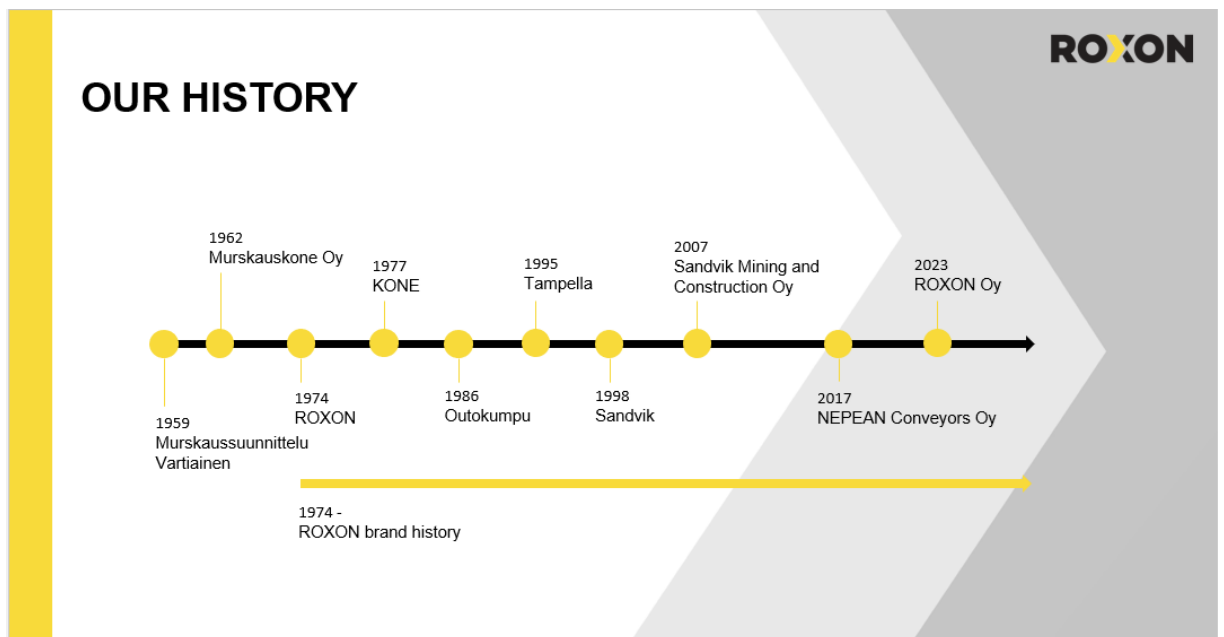
Työn teoriaosuudessa perehdytään hihnakuljettimien ja jakosuppiloiden toimintaan ja valmistusmenetelmiin. Työn teettäjän kuljettimissa käytetään vain tasaisia hihnoja, hihnatyyppejä itsessään on useita erilaisia mutta niitä ei tässä opinnäytetyössä käsitellä. Jakosuppiloita on myös paljon eri menetelmillä toimivia. Tässä työssä on karkea suunnitelma työn tilaajan tarvitsemasta jakosuppilosta, joka on täysin uusi malli kyseiselle yritykselle. Uusi malli tulee olemaan tarkempi materiaalivirtojen jakelussa ja estää tehokkaammin materiaalin kulkeutumisen väärälle linjalle, joka on tällä hetkellä prosessin yksi ongelmakohtista. Jakosuppilon huoltaminen on myös osoittautunut ongelmalliseksi, uuteen jakosuppiloon on tarkoitus suunnitella huoltoluukku, josta saadaan kiskoja pitkin materiaalinjakaja vedettyä ulos, jolloin se on helposti huollettavissa ja puhdistettavissa.

Työ rajautuu jakosuppiloon, mutta hihnakuljettimet ovat silti olennainen osa opinnäytetyötä. Jakosuppilon sijoittaminen oikeaan pisteeseen kuljetinta on tärkeää, jotta materiaali saadaan virtaamaan oikeille linjoille.

3 YRITYSESITTELY

Opinnäytetyö tehtiin Roxon Oy:lle Hollolaan, joka on osa australialaista NEPEAN Conveyors Pty Ltd -yhtiötä. Yritys on perustettu vuonna 1959 nimellä Murskaus-suunnittelu Vartiainen, jolloin se suunnitteli murskaus- ja seulontalaitteita. 1960-luvulla kaivosteollisuuden kasvun myötä tuotevalikoimaan lisättiin syöttimet ja kuljettimet. Yritys on ollut useiden suurien pörssiyhtiöiden omistuksessa vuosien aikana, esimerkiksi Kone, Outokumpu ja Sandvik ovat omistaneet yrityksen. Vuonna 2017 australialainen NEPEAN Conveyors Pty Ltd -yhtiö osti yrityksen ja nimi muuttui NEPEAN Conveyors Oy:ksi. Vuonna 2023 Yrityksen nimeksi tuli ROXON Oy, ja brändi on vahvempi kuin koskaan.

Yrityksen liikevaihto oli vuonna 2023 noin 36,8 miljoonaa euroa. Vuoden 2023 tilikauden tulos oli noin 1,5 miljoonaa euroa. (ROXON. 2024)



KUVA 1. Yrityksen historia. (ROXON 2025).

4 HIHNAKULJETTIMET

Hihnakuljetin mullisti teollisuuden 1830-luvulla, kun ensimmäiset kuljettimet otettiin käyttöön sahoilla. Sahauksesta syntynyttä purua siirrettiin litteitä hihnoja käyttäen pois työstöpisteiltä. Tästä seuraava hihnakuljettimien kehitysvaihe oli nousukulmalliset kuljettimet, jotka yleistyivät jo 1850-luvulla viljateollisuudessa. Kuljettimien jatkuvan kehityksen myötä myös raskaampien materiaalien kuljettaminen aloitettiin 1890-luvulla. Hihnakuljettimien rakenne on pysynyt nykypäivään asti melko samanlaisena kuin 1830-luvun kuljettimien. Komponentit ovat kehittyneet, joten tehoja saadaan nykyisistä kuljettimista paljon enemmän irti, joka johtaa luonnollisesti kapasiteettien nousuun. Hihnakuljettimet ovat siis yksi teollisuuden suurista innovaatioista ja mahdollistanut modernin kehityksen alalla. (Conveyor Equipment Manufacturers Association. 2014.)

Hihnakuljettimilla kyetään kuljettamaan materiaalia jatkuvana materiaalivirtana nopeasti ja tehokkaasti. Kuljettimet mahdollistavat materiaalien siirron niin maanpäällisesti, maanalaisesti kuin myös rakennusten sisäisesti. Yksi hihnakuljettimien hyvistä ominaisuuksista on se, että ne kyetään suunnittelemaan ja toteuttamaan joustavasti eri muotoihin. Kuljettimet on mahdollista valmistaa kääntymään useisiin eri suuntiin. Pisimmät kuljettimet voivat olla jopa yli 40 kilometriä pitkiä, joten niiden avulla materiaalin kuljettaminen esimerkiksi suurissa kaivoksissa on todella paljon tehokkaampaa, kuin kuorma-autoilla materiaalin siirto. Nykyisten kuljettimien kapasiteetti voi olla jopa 44 000 tonnia materiaalia tunnissa. (Conveyor Equipment Manufacturers Association. 2014.)

Hihnakuljettimilla kuljetettavan materiaalin on kuitenkin oltava pieneksi jauhettua, suurimman lohkokoon ollessa noin 300 mm. Kiviaines on tavallisesti aina esimurskattava tästä syystä ennen hihnalle syöttämistä. Kuljettimien alkuiinvestointi on melko suuri, mutta käyttökustannukset niin pienet, että kuljetin maksaa itsensä nopeasti takaisin. (Paalumäki, T., Lappalainen, P. & Hakapää, A. 2015, 232.)



KUVA 2. Taittava hihnakuuljetin. (Parkkila 2022).

4.1 Kuljettimien taloustiede

On hankalaa sanoa tarkkaa kustannusarvoa kuljettimen kuljettamalle materiaalmäärälle (1000 kg/h). Conveyor Equipment Manufacturers Association:in laatiman kirjan mukaan voidaan kuitenkin mainita muutamia nyrkkisääntöjä.

- Maanpäällinen kuljetinjärjestelmä on taloudellisempi kuin kuorma-autokuljetus, jos kuljetusmatka ylittää kilometrin.
- Yli kilometrin etäisyydellä hihnakuuljettimen tonnikilometrin kuljetuskustannukset voivat olla jopa kymmenesosa kuorma-autokuljetuksen kustannuksista.
- Hihnakuuljettimen arvioidut käyttökunnossapitokustannukset vuodessa ovat 2 % laitteiden hankintahinnasta plus 5 % hihnakustannuksista.
- Hihnan vaihto kovalla kivellä ajettaessa tehdään keskimäärin viiden vuoden välein ja ei-hiovilla materiaaleilla jopa 15 vuoden välein.

- Hyvin huolletut kuljetinjärjestelmät voivat toimia luotettavasti 90 % tai korkeammalla käyttöasteella. (Conveyor Equipment Manufacturers Association. 2014.)

Eri kuljetusmuotojen energiankulutus vertailussa verrataan usein, kuinka paljon energiaa yhden tonnin kuljettaminen vaatii kilometrin matkalla eri menetelmillä. Belt Conveyors for Bulk Materials:in kirjassa käytetyn lähteen mukaan tarvittava määrä energiaa yhden tonnin hiilen kuljettamiseen lukeutuu seuraavasti:

- Kuorma-auto: 4,6 metritonni-km/kWh
- Rautatie: 17,7 metritonni-km/kWh
- Kuljetin: 22,9 metritonni-km/kWh

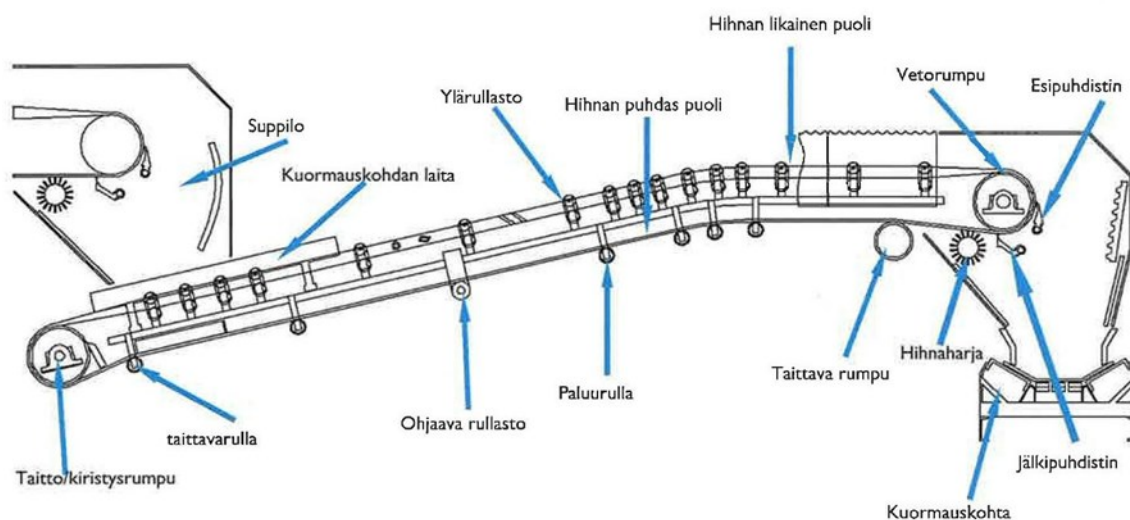
Niin kuin vertailusta nähdään, kuljetin on kaikista energiatehokkain vaihtoehto. (Conveyor Equipment Manufacturers Association. 2014, 10.)

4.2 Hihnakuuljettimen toiminta

Hihnakuuljettimen pääkomponentit ovat hihna, hihnaa vetävä vetorumpu sekä taittopään rumpu. Hihna liikkuu pyörivien tukirullien päällä, jotka ovat asennettu 20-, 30- tai 45 asteen kulmaan luoden hihnaan keskittävän kourun. Keskittävä kouru ajaa materiaalin hihnan keskelle, jotta hihna ei lähde ajattamaan itseään kumpaakaan reunaa kohden materiaalin painon takia. Tukirullat on sijoitettu tasaisesti koko hihnan matkalle 500–2000 mm päähän toisistaan. Poissulkien kuormauskohta ja taittokohdat. Kuormauskohdissa tukirullat sijoitetaan 200–300 mm päähän toisistaan vastaanottamaan tippuvan materiaalin törmäyksen. Jos kyseessä on taittuva kuljetin, tukirullien tiheys on taittokohdassa sama kuin kuormauskohdassa. Hihnaa vetävä vetorumpu sijoitetaan yleensä kuljettimen yläpäähän. Vetorummun akseli kiinnittyy vaihteeseen ja vaihde edelleen sähkömoottoriin. Sähkömoottori pyörittää siten kuljetinta vetorummun ja vaihteen avulla. Vetopäässä on myös yksi tai useampi puhdistin, joka estää materiaalin pääsyn paluupuolelle.

Vetorummun jälkeen hihna siirtyy paluupuolelle, paluupuolelle on sijoitettu epätasaisin välimatkoin paluurullia tyypillisesti 3000–6000 mm etäisyyksille toisistaan. Paluurullat asetetaan epätasaisin välimatkoin, hihnan värähdystaajuus huomioiden. Epätasainen paluurullasto joko varmistaa, ettei värähtely ongelmaa esiinny hihnan paluupuolella. (Lahti 2025.)

Taittopää sijaitsee kuljettimen alapäässä. Kyseessä on vapaana pyörivä rumpu, jonka tarkoituksena on kääntää hihna kuormauskohdalle. Uudemman mallisissa kuljettimissa myös hihnan kiristäminen tapahtuu taittopäästä. Kiristys voi olla joko mekaaninen trapetsiruuvi, tai esimerkiksi hydraulinen pumppu, joka vetää taittopään kelkkaa taaksepäin, kiristäen täten hihnaa. (Henan Kunwei Koneet Co 5.3.2023.)



KUVA 3. Hihnakuuljettimen pääkomponentit (Pulkkinen, O. 2010, s. 12).

4.3 Alhaiset työvoimakustannukset

Hihnakuljettimilla on alhaiset työvoimakustannukset ja usein takaavat suuremman tuoton kuin kilpailevat vaihtoehdot. Kuljettimet vaativat joko pienen määrän käyttöhenkilökuntaa mutta usein voivat toimia jopa myös itsenäisesti. Kuljetinta kyetään monitoroimaan keskusohjauspaneelista tai ohjaamaan automaattisesti tietokoneen kautta. Käyttöhenkilökunta kykenee valvomaan kuljetinta ja ongelman havaitessaan pysäyttämään kuljettimen, sekä ilmoittamaan huolto-osastolle. Hihnakuljettimien huolto on myös tehtävissä nopeasti ja pienellä henkilömäärällä. Suurin osa hihnoista on huollettavissa ja vaihdettavissa yhdessä työvuorossa. Hihnoja on paljon eri valmistajilta, usein ne kykenevät kuljettamaan yli 100 miljoonaa tonnia materiaalia ennen kuin kuluvat loppuun, jos suunnitellut kausihuollot ovat tehtynä. Hihnakuljettimet sopivat hyvin ennakoitaviin ja ennaltaehkäiseviin huolto-ohjelmiin. Saatavilla on tietokoneohjelmia, jotka tukevat ennaltaehkäisevää huoltosuunnittelua riippuen valmistajan huoltokierrosta. Automatisoidut valvontajärjestelmät varoittavat antureiden avulla esimerkiksi korkeasta lämpötilasta ja melutasosta, joka antaa huoltohenkilökunnalle aikaa pysäyttää kuljetin ennen suurempaa vauriota. Kaikki edellä mainitut ominaisuudet pienentävät mahdollista prosessin keskeytys aikaa, joka itsessään myös lisää hihnakuljettimien tuottavuutta. (Conveyor Equipment Manufacturers Association. 2014.)

4.4 Alhaiset energiakustannukset

Hihnakuljettimet toimivat sähkövoimalla, joten ne ovat vähemmän alttiita nestemäisten polttoaineiden hintojen, pulan ja rajoitusten vaikutuksille. Kuljettimet kuluttavat energiaa vain, kun ovat toiminnassa. Tyypillisessä kuljetin järjestelmässä 80 % energiasta käytetään liikuttamaan ja nostamaan materiaalia ja vain 20 %

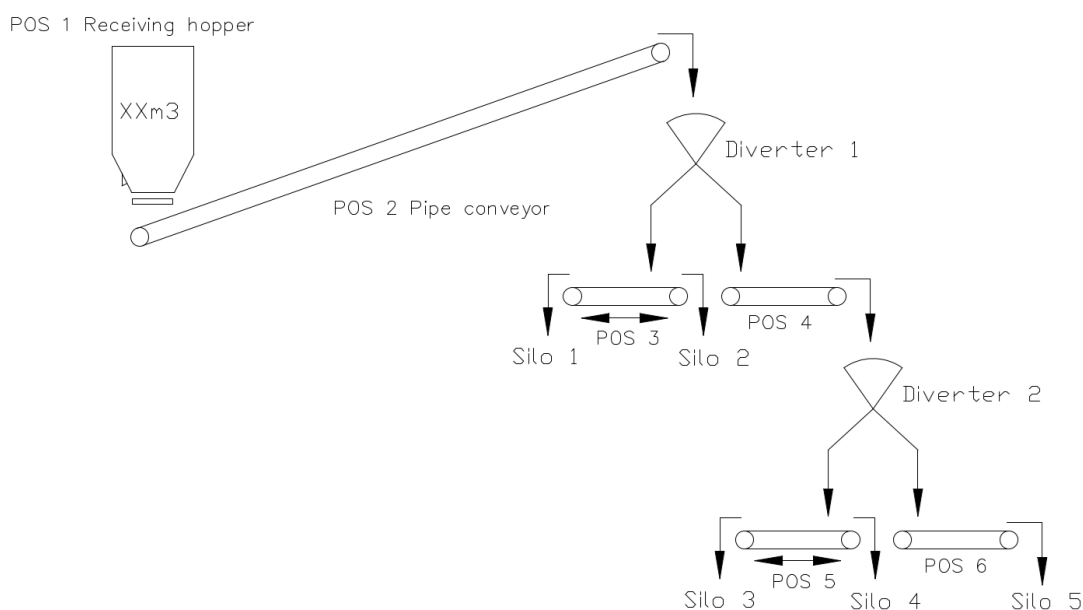
energiasta käytetään hinnan liikuttamiseen. Vaikka hihnakujujettimet ovat taloudellisia käyttää, komponenttien huolellinen valinta ja huolto vaikuttaa suuresti energiankulutukseen. (Conveyor Equipment Manufacturers Association. 2014, 9-10.)

4.5 Ongelmakohdat

Hihnakujujettimien ongelmat liittyvät usein materiaalin esimurskauksen puutteellisuuteen. Suurin lohkokoko kuljettamiseen on noin 300 mm. Hinnan repeämisen voi aiheuttaa esimerkiksi teräväreunaiset lohkareet tai kalliopultit. Materiaalin syötöllä on suuri vaikutus hinnan kestävyteen, louheen on oltava oikean kokoista ja sijoitettava hihnalle oikein. Elektronisilla repeämäantureilla kyetään vähentämään vaurioita kriittisillä hihnoilla. Riskialttiisiin paikkoihin kuten heti syöttimen jälkeen, voidaan asentaa lyhyt uhrattavissa oleva hihna, joka on helppo vaihtaa tarvittaessa. Korkean lämpötilan tai tulipaloriskin omaaviin kohteisiin on saatavilla tulenkestäviä erikoishihnoja, jotka vähentävät paloriskiä. (Paalumäki ym. 2015, 233.)

5 JAKOSUPPILOT

Jakosuppilot tyypillisesti sijoitetaan kuljettimen päähän, materiaali tippuu kuljettimelta jakosuppiloon, jonka avulla kyetään jakamaan materiaalivirtaa useampaan eri linjaan. Kuvassa 4 on esitelty esimerkki mahdollisesta virtauskaaviosta. Jakosuppiloita voidaan sijoittaa useampia päällekkäin, joka mahdollistaa jaon vielä useampaan suuntaan. Tämä vaatii pudotuskorkeutta tarpeeksi. Jakosuppilot ovat manuaalisesti ohjattavia tai automatisoituja, ohjaus tapahtuu pneumaattisesti, sähköisesti tai hydraulisesti. Jakosuppiloita on useita eri malleja, kuten jakoläppä- ja kallistuperiaatteella toimivia, sekä työssä käsiteltäviä kuilutyypisiä. (Swinderman, T., Marti, A., Goldbeck, L., Marshall, D. & Strebel, M. 2009.)



KUVA 4. Esimerkki kuljetinlinjan virtauskaaviosta. (ROXON 2025).

5.1 Kahteen suuntaan jakavat jakosuppilot

Kahteen suuntaan jakavia jakosuppiloita kyetään valmistamaan useampaan eri tarkoitukseen, esimerkiksi kaksisuuntaisesti toimivat jakosuppilot kykenevät jakamaan materiaalivirtaa kahteen eri suuntaan, tai yhtäaikaaisesti kahdelle eri linjalle. Suorajako periaatteella toimivat jakosuppilot jakavat materiaalia vain yhteen

suuntaan kerrallaan. Toinen poistoaukoista osoittaa suoraan alaspäin, ja toinen esimerkiksi 45 asteen kulmassa sivulle. Suorajako periaatteella toimivat jakosuppilot eivät kuitenkaan sovellu jakamaan materiaalivirtaa tasaisesti kahdelle eri linjalle. (Sarromaa 2025.)

5.2 Jakosuppiloiden tyypilliset ongelmat

Jakosuppiloiden tyypillisimpiin ongelmiin lukeutuu esimerkiksi materiaalin kiilautuminen jakoläpän liikeradan väliin. Materiaali, joka on pakkautunut joko jakoläppään, tai suppilon seinämiin estää jakoläpän akselin käännön. Tällöin jakoläppä ei joko ohjaa koko materiaalivirtaa halutulle linjalle tai ohjauksen kääntö on kokonaan estynyt. Seuraava tyypillinen ongelma on huollon ongelmat jakosuppiloihin liittyen. Suppiloiden monimutkainen geometria usein aiheuttaa ongelmia esimerkiksi huoltoluukun sijoittamiselle. (Sarromaa 2025.)

5.3 Jakosuppiloiden edut

Materiaalin jako onnistuu helpommin jakosuppilolla, kuin usealla kuljettimella. Useampi kuljetin vaatii enemmän tilaa, johon ei ole mahdollisuuksia jokaisessa kohteessa. Verrattaessa jakosuppiloa jakoauraan, suppilo on pölytiivis. (Sarromaa 2025.)

5.4 Huollettavuus

Huollettavuus on tärkeä seikka ottaa huomioon jakosuppilon suunnitteluvaiheessa. Huoltoluukku voi olla vaikea sijoittaa suppilon monimutkaisen geometrian takia. Kulutuslevyjen sijoittaminen suppilossa on tärkeässä osassa suunnittelua. Levyt on oltava suppiloa kuluttavissa kohdissa, mutta ne ovat myös kyettävä vaihtamaan huoltoluukusta käsin. Jakosuppilon materiaalia ohjaavan komponentin on oltava myös huollettavissa. Virtaussimulaation avulla kyetään paikantamaan jakosuppilosta kohdat, jotka vaativat kulutuslevyjä. (Sarromaa 2025.)

5.5 Taloudellisuus

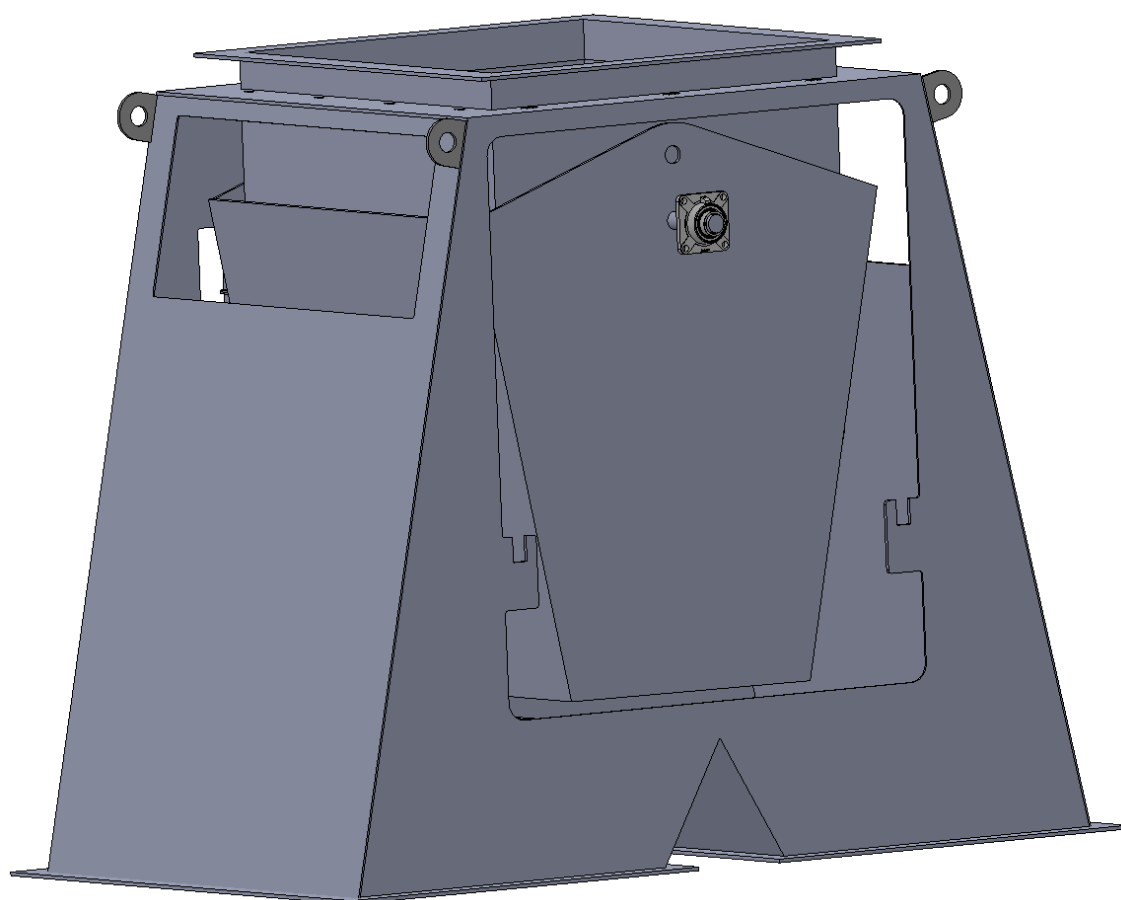
Kulutuslevyjen hintavaikutus on otettava huomioon jakosuppilon suunnittelussa. Virtaussimulaation avulla saadusta tiedosta kyetään paikantamaan kulutuslevyjen paikat. Levyjä ei siis kannata sijoittaa ylimääräisiä suppilon sisään. Myös kulutuslevyjä on useilta eri valmistajilta, joten oikean materiaalin valinta on myös harkittava tarkasti. Kulutuslevymateriaalin valintaan vaikuttaa eniten se, mitä materiaalia jakosuppilo tulee jakamaan. (Sarronmaa 2025.)

5.6 Teknitaloudellisen jakosuppilon ominaisuudet

Täydellistä jakosuppiloa suunnitellessa täytyy ottaa huomioon seuraavat seikat: Kulutuslevyjen optimointi, oikeasta materiaalista valmistettujen kulutuslevyjen sijoittaminen optimaalisiin kohtiin jakosuppiloa. Huoltomahdollisuuksien maksimointi. Jakosuppiloita huolletaan säännöllisesti, ja häiriötilanteessa ongelmat voivat kasvaa suuriksi. Huoltoluukusta on kyettävä huoltamaan tarvittaessa koko suppilo. Toiminnallisuuden huomiointi. Materiaali ei saa päästä kiilautumaan jakavan komponentin väliin. Jakosuppilon geometria on suunniteltava estämään materiaalin kasautumista. Jakosuppilo oikein huollettuna on luotettava ja pitkäikäinen. (Sarronmaa 2025.)

6 TULOKSET

Uutta jakosuppiloa suunniteltaessa on otettava huomioon kaikki edellä mainitut ongelmakohdat, vaatimukset ja ominaisuudet. Jakosuppilon huollettavuus on tärkeässä osassa suunnittelua ja se on toteutettava toimivasti. Jakosuppilon sisäpuolella oleva jakoämpäri suunniteltiin ulos vedettäväksi kiskojen avulla. Jakosuppilon pölykoppaan oli siis tehtävä riittävän suuri huoltoluukku, josta jakoämpäri kyetään vetämään ulos. Eri materiaalit vaativat jakosuppilolta tiettyjä ominaisuuksia, joiden mukaan tuote suunnitellaan, työn tuloksena saatu tuote on suunniteltu rautapelletin jakoon. Valmis basic-malli on helposti muokattavissa eri materiaalien ominaisuuksien mukaan. 3D-mallin luomisessa käytettiin työkaluna SolidWorks CAD software ohjelmistoa. Tulokset syntyivät laajan tutkimustyön ja useiden asiantuntijahaastatteluiden pohjalta. 3D-kokoonpanon kaikki pääkomponentit ovat itsenäisesti suunniteltuja ja mallinnettuja, eli geometriaa ei ole kopioitu aiemmista jakosuppilomalleista.



KUVA 5. Jakosuppilo ilman huoltoluukkuja (Hyryläinen 2025).

6.1 Suunnittelun ongelmakohtat

Ongelmakohtia ilmeni suunnittelun aikana useita. Suurin osa niistä kuitenkin selvitettiin nopeasti. Yksi suunnittelutyön isoimmista kysymyksistä oli jakoämpärin sisään tulevan kauluksen suunnittelu. Kaulus ohjaa kuljettimelta tippuvan materiaalivirran jakoämpäriin, joka ohjaa materiaalivirran edelleen halutulle linjalle. Kauluksen suunnittelu osoittautui hankalaksi, kun huomioon otettiin sen huollettavuus. Käytännössä kaulus on saatava huollon yhteydessä jakoämpärin mukana ulos huoltoluukusta, joka ei tuota ongelmia, vaan kauluksen takaisin kiinnitys ja nosto paikoilleen. Jakoämpärin koko osoittautui myös ongelmaksi. Jakoämpärin on mahduttava kääntymään ongelmitta pölykopan sisällä, mutta oltava tarpeeksi kookas jotta ohiohjausta ei tapahdu.

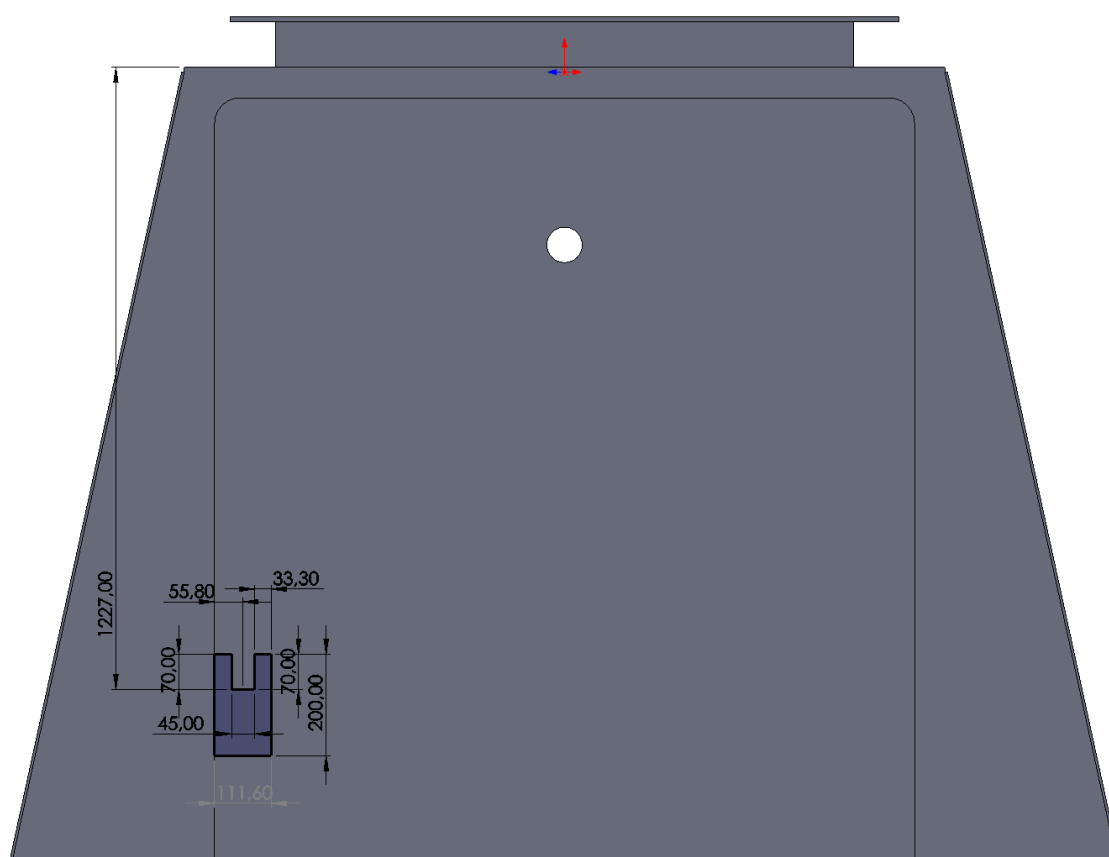
6.2 Ongelmakohtien ratkominen

Ohivirtaus ongelma ratkesi muuttamalla jakoämpärin geometriaa, yläpään kulmia muutettiin jyrkemmiksi siten, että ämpäri ei kuitenkaan törmää kaulukseen. Kauluksen ongelma ilmeni monimutkaisemmaksi. Ensimmäinen konsepti oli jatkaa kaulusta yli pölykopan ylätasoa ja lisätä pultit lähtökaulukseen, jolla kappale olisi lukittunut. Konsepti ei kuitenkaan olisi käytännöllinen sääntömääräisissä huolloissa, koska kaulukseen ei pääse käsiksi linjan takia, josta materiaali tippuu suppiloon. Seuraava konsepti on tehdä kauluksen yläpään kehys, joka kiillautuu pölykopan kantta vasten sisäpuolelta. Tähän kuitenkin liittyy riski, että kaulus tippuisi, kun jakoämpäriä käännetään. Lopullinen ratkaisu oli lisätä huoltoluukkuja useampi, jotta kaulusta päästään nostamaan paikoilleen useammasta eri suunnasta. Jakoämpäriin lisättiin myös ominaisuus, jonka avulla pelkkä ämpäri kyettään poistamaan jakosuppilon sisältä irrottamatta kaulusta ollenkaan. Kyseistä ominaisuutta ei kuitenkaan tässä työssä esitellä kuvien avulla.

6.3 Huollettavuus

Jakosuppilon suunnittelun yhtenä tärkeimpänä kriteerinä oli huollettavuuden maksimointi. Konsepteja oli useita erilaisia suunnittelun aikana, mutta lopulta päädyttiin useampaan huoltoluukkuun ja huoltokiskoihin. Jakosuppilon pölykoppaan sijoitetaan yhteensä kolme suurta huoltoluukkuja, sekä kuusi pienempää huoltoluukkuja. Suurimmasta huoltoluukusta kytetään erillisten huoltokiskojen avulla vetämään jakoämpäri ulos. Pienempien kyljessä olevien huoltoluukkujen ansiosta voidaan jakoämpärin ohjauskauluri asettaa takaisin paikoilleen kokoonpanossa.

Pölykoppaan lisättiin levikkeet (kuva 6), jotka tukevat huoltokiskoja, levikkeet on mitoitettu huoltokiskojen geometrian mukaan.

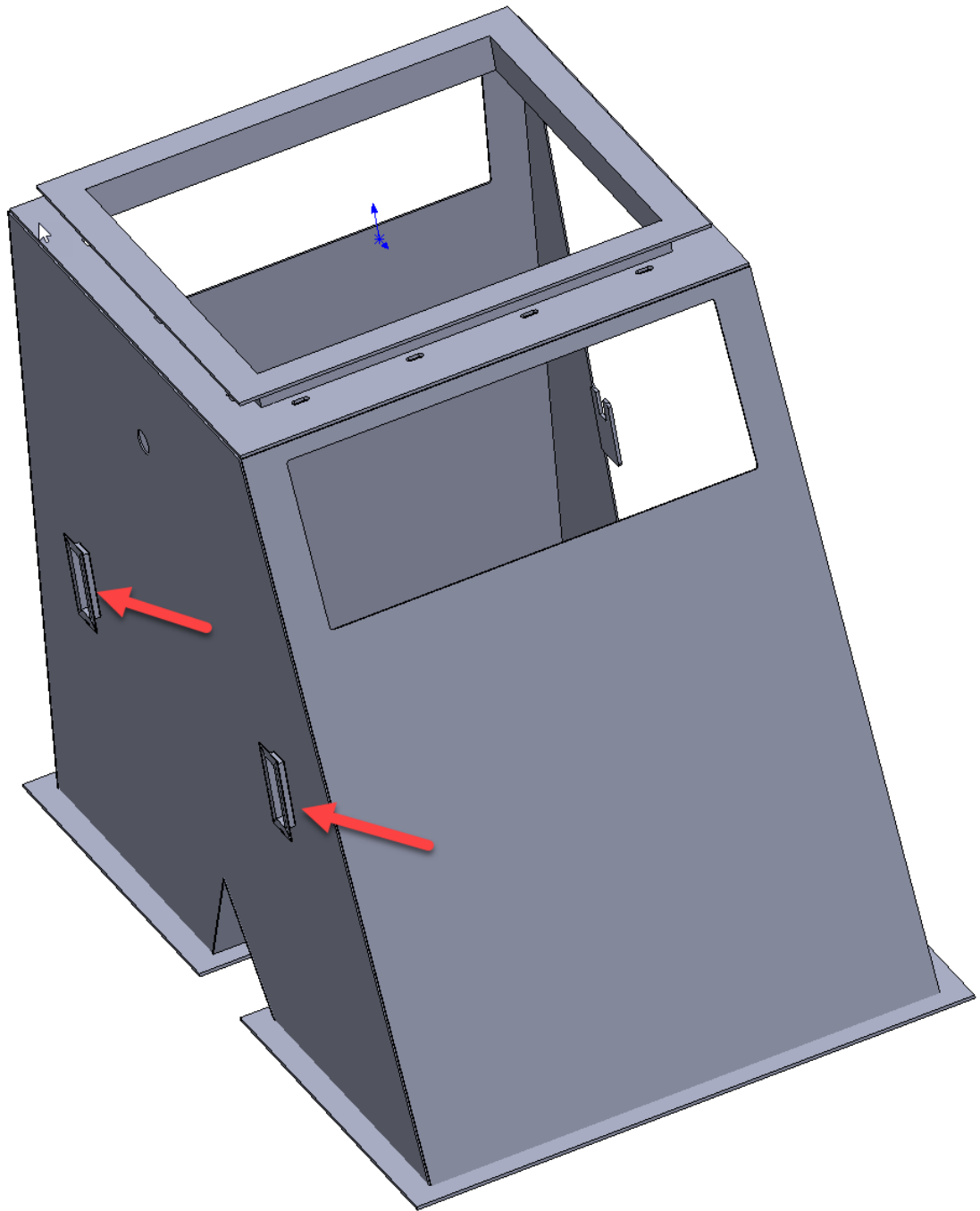


KUVA 6. Huoltokiskojen levikkeiden mitoitus (Hyryläinen 2025).

Suurimman huoltoluukun pintaan lisätyt pienet huoltokuulut poistamalla, kytetään huoltokiskot työntämään jakoämpärin kiskopyörien alle. Huoltokiskojen ollessa

jakoämpäriin kiskopyörien alla, ennen laakeripesien purkamista, estetään akselien vääntyminen. Huoltokiskoja ollessa paikoillaan, voidaan suurin huoltoluukku irrottaa.

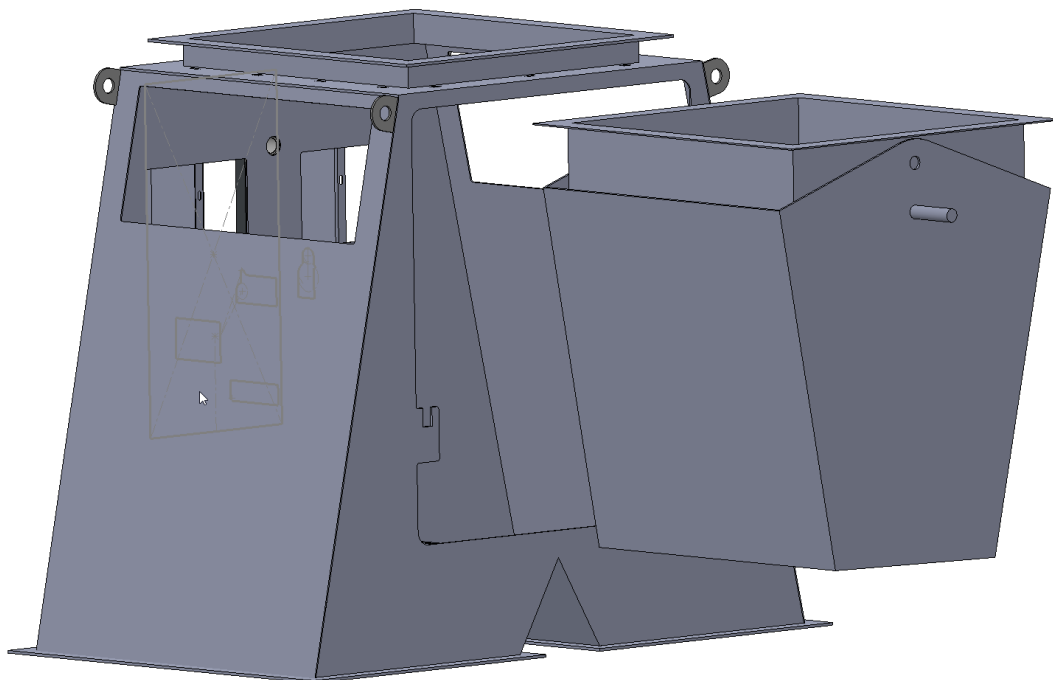
Pölykopan takaseinään mallinnettiin ulkonevat luukut, joihin huoltokiskot asetetaan (kuva 7). Huoltokiskoja perä asetetaan ulkonevaan huoltoluukkuun, jolloin kisko kiilautuu luukun seinämää vasten, ja estää huoltokiskoja luiskahtamasta paikoiltaan, kun jakoämpäriä ja ohjauskaulusta vedetään ulos pölykopasta. Ulkonevat luukut suljetaan pulttiliitoksilla levyillä, jotta kokoonpano pysyy pölytiivinä. Jakoämpäri on asetettava keskiasentoon huollon ajaksi, jotta huoltokiskot mahtuvat ämpäriin kiskopyörien alle. Levikkeiden mitoitus (kuva 6) on oltava tarkka, koska jakoämpäri ei saa tippua ulos vedettäessä. Tämä kohdistaisi ämpäriin takana olevaan akseliin liian suuren kuorman, jolloin akseli vääntyisi.



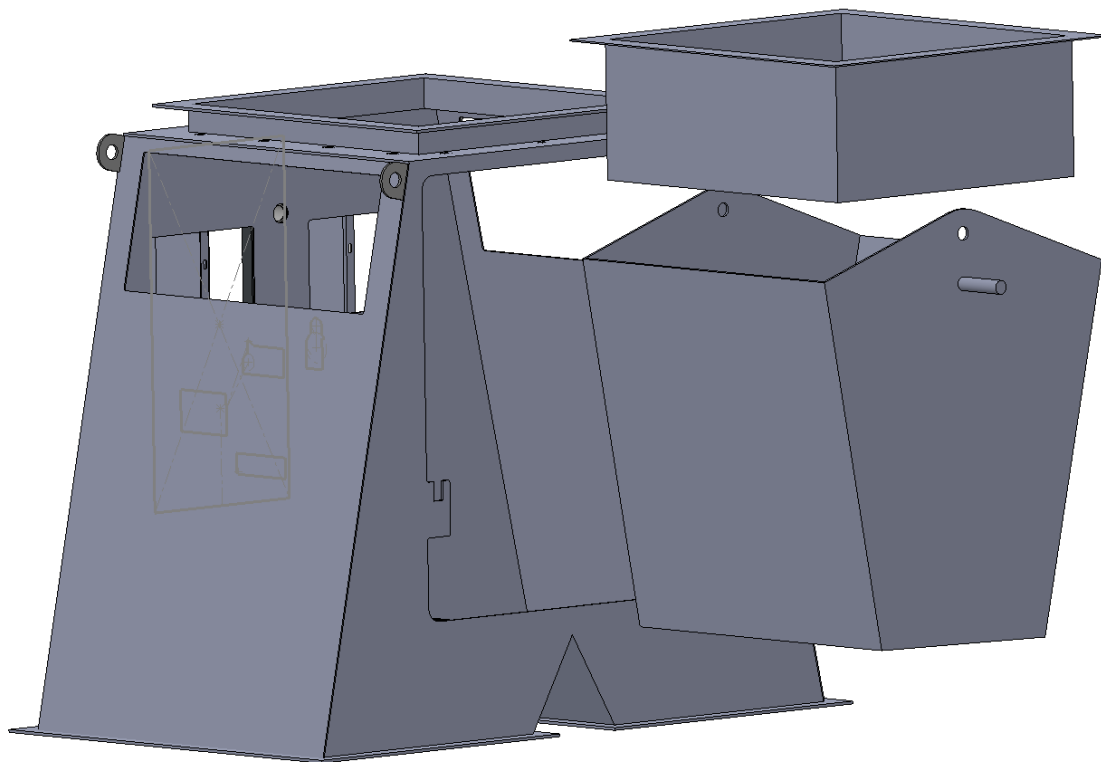
KUVA 7. Pölykoppa ilman huoltoluukkuja. Huoltokiskojen ulkonevat luukut osoitettu nuolilla. (Hyyryläinen 2025).

Huolto onnistutaan toteuttamaan suhteellisen yksinkertaisesti. Ensimmäinen vaihe on avata pienet huoltoluukut isoimman huoltoluukun pinnasta. Huoltokiskot työnnetään luukuista levikkeiden läpi, jakoämpäriin kiskopyörien alle ja pölykopan takaseinän ulokkeisiin asti. Tämän jälkeen voidaan purkaa akseleiden laakeripevät pölykopan molemmilta puolilta, jonka jälkeen voidaan avata loput huoltoluukut. Seuraava vaihe huollossa on poistaa ohjauskaulurin pultit, jotta kauluri puotaa jakoämpäriin varaan. Kun huoltokiskot ovat tukevasti paikoillaan ja kauluri

pudotettu jakoämpäriin varaan, voidaan kokonaisuus vetää kiskoja pitkin ulos pölykopasta ja nostaa ohjauskauluri (kuvat 8 ja 9).



KUVA 8. Jakoämpäri ja ohjauskauluri ulos vedettynä (Hyyryläinen 2025).



KUVA 9. Ohjauskaulurin nosto jakoämpäristä (Hyyryläinen 2025).

Jakoämpärin takaseinämä muutettiin kaksiosaiseksi, joka mahdollistaa pelkän ämpärin poistamisen. Jakoämpärin takaseinässä oleva kulmaliitos yhdistetään pulttiliitoksin, joihin pääsee käsiksi pölykopan takaseinässä olevista huoltoluukuista. Huoltokiskojen ollessa paikoillaan, huoltoluukuista käsin voidaan avata kulmaliitoksen pultit. Tällöin ei kuitenkaan voida purkaa takaseinän laakeripesää, jotta jakoämpärin pala ei tipu paikoiltaan, vaan jää roikkumaan akselin varaan. Optio lisättiin työhön, koska jakoämpäriä tullaan todellisuudessa huoltamaan ja puhdistamaan paljon useammin kuin ohjauskauluria. Ohjauskaulurin paikoilleen laitto on myös huollon työllistävin osa-alue, joten jakoämpärin takaseinämän irrotus nopeuttaa huoltoa merkittävästi.

Pölykoppa on helposti puhdistettavissa ja huollettavissa kun jakoämpäri ja ohjauskaulus on poistettu. Jakoämpäriä kyetään helposti kuljettamaan nostepisteiden ansiosta. Jakoämpäreitä ollessa useampi kuin yksi kappale, ei prosessiin tule pitkää taukoa huollon ajaksi. Ämpärin poistamisen jälkeen, voidaan asettaa uusi paikoilleen. Ämpäri ja kaulus ovat helposti puhdistettavissa ja huollettavissa irrallaan.

Jakoämpärin ja ohjauskaulurin takaisin paikoilleen laitto onnistuu myös huoltokiskojen avulla. Jakoämpäri lasketaan kiskojen varaan ja ohjauskauluri asetetaan ämpärin sisään. Kokonaisuus työnnetään pölykoppaan kiskoja pitkin, samalla pitäen ohjauskauluria suorassa pienten välysten takia. Ämpärin akseli menee läpi pölykopan takaseinän reiästä, jonka jälkeen voidaan kiinnittää takaseinän laakeripesä ulkopuolelta. Koska työssä mallinnetun kaulurin paino on noin 26 kg, onnistuu sen nostaminen vähintään kahdella kunnossapidon työntekijällä. Kauluria nostetaan sivuille lisätyistä huoltoluukuista ja samaan aikaan lisätään pölykopan kannen läpi pultit. Pulttien paikoilleen saamisen jälkeen voidaan kaulurin asentoa vielä muuttaa pölykopan kannessa olevien pitkien reikien ansiosta. Ohjauskauluri on saatava asetettua oikein paikoilleen pölytiivyyden saavuttamiseksi. Kun ohjauskauluri ja takaseinän laakeripesä on kiinnitetty, voidaan kiinnittää suurin huoltoluukku ja etummainen laakeripesä. Viimeisenä vaiheena voidaan poistaa huoltokiskot ja sulkea kaikki huoltoluukut.

6.4 Toimivuus

Kokonaisuuden toimivuuden suunnitteluun käytettiin paljon aikaa ja ongelmia ilmeni matkan varrella useita. Suurin ongelmakohta oli huollettavuuden maksimointi. Koska kyseessä on geometrialtaan monimutkainen kokonaisuus, huoltomahdollisuudet olivat myös rajalliset. Huoltoa vaikeutti myös jakosuppilon sijoittaminen käyttökohteessa. Jakosuppilo on kooltaan suuri ja sijoitetaan pääasiassa korkealle maan pinnasta. Sijoittamiskohteet ovat usein myös ahtaita ja paljon muita laitteita ja rakenteita tulee olemaan jakosuppilon läheisyydessä. Huollettavuus maksimoidaan monella huoltoluukulla, huoltokiskoilla ja nostopisteillä. Huoltoluukkujen ansiosta huolto on mahdollista monesta eri suunnasta suppiloa. Huoltokiskojen ansiosta jakoämpärin ja ohjauskaulurin ulosveto onnistuu, vaikka kokonaisuus painaa mahdollisesti jopa useita satoja kilogrammoja. Nostopisteiden ansiosta kappaleita voidaan siirrellä ja asentaa.

Itse jakosuppilon toiminta perustuu toimilaitteen tuottamaan liikkeeseen. Hydraulinen sylinteri liikuttaa jakoämpäriä ääriasennosta toiseen tai keskiasentoon. Toimilaite on mahdollista myös automatisoida, jos jakoämpärin liike halutaan mukauttaa tietyn tuotannon perusteella ohjaamaan materiaalia eri linjoille ennalta määrätyillä aikaväleillä.

Toimilaite liikuttaa kääntökankea, joka on kytketty jakoämpärin taka-akseliin kääntäen jakoämpäriä. Haluttaessa materiaalia vain toiselle mahdollisista linjoista, siirretään jakoämpäri toiseen mahdollisista ääriasennoista. Materiaalia on myös mahdollista jakaa tehokkaasti samaan aikaan molemmille linjoille kääntämällä jakoämpäri keskiasentoon. Samaa materiaalia ajettaessa vuorotellen molemmille linjoille, voidaan jakoämpäriä liikuttaa ilman, että tuotantoa täytyy keskeyttää. Jos materiaali ei saa mennä sekaisin linjojen kesken, tuotanto voidaan pysäyttää hetkeksi ja kääntää jakoämpäri toiselle linjalle. Jakoämpärin liike on nopea, joten pitkää taukoa ei tästä tuotannolle aiheudu.

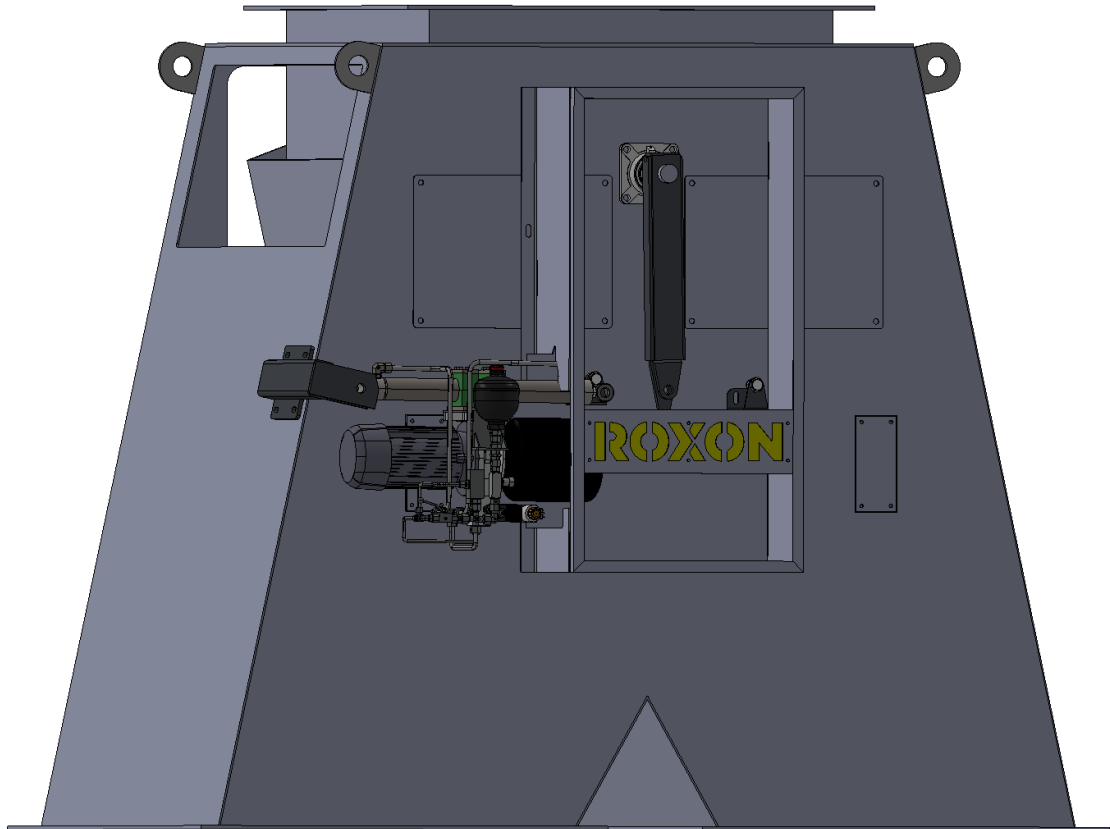
6.5 Toimilaite

Toimilaite mahdollistaa jakosuppilon toiminnan, liikuttamalla kääntökangen avulla jakoämpäriä suppilon sisällä. Toimilaitteen valinta perustui laitteeseen,

joka olisi optimaalisin kyseiseen kohteeseen. Vaihtoehtoina olivat hydraulinen sylinteri, elektromekaaninen sylinteri ja elektrohydraulinen sylinteri.

Hydraulisesta sylinteristä luovuttiin nopeasti, sen tarvitseman erillisen hydrauliiikkakeskuksen takia. Hydrauliiikkakeskuksen rakentaminen ei olisi kannattavaa, jos keskus operoi vain yhtä toimilaitetta. Hydrauliiikkakeskus kykenee operoimaan useaa eri sylinteriä samanaikaisesti, joten sen käyttäminen on järkevämpää kohteessa, jossa sylintereitä on useampi. Usein hydraulisten sylintereiden työntö- ja vetovoimat eroavat toisistaan, joka myös heikentäisi jakosuppilon toimintaa. Työntö- ja vetovoiman on oltava yhtä suuret, jotta jakoämpäri liikkuu vaivatta molempiin ääriasentoihin suppilon sisällä. Elektromekaanisen sylinterin samat työntö- ja vetovoimat, sekä sen kompakti koko sopivat hyvin jakosuppilolle. Täysin sähköisellä toimilaitteella ei myöskään synny riskiä vuodoille. Miinuksina kuitenkin ovat sähköisen sylinterin säännöstelty kestävyys iskeville voimille, eli joustavuutta ei toimilaitteesta löydy. Trapetsikierteellä toimiva sylinteri on myös hitaampi kuin perinteinen sylinteri. Elektromekaaninen sylinteri on myös mekaanisesti haastavampi, sisältäen esimerkiksi hidastusvaihteen. Elektrohydraulinen sylinteri on kulutusta kestävä ja energiatehokas. Sylinteri kykenee tuottamaan +600 kN voiman. Elektrohydraulisessa sylinteristä löytyy kaapelointi sekä hydrauliiikka, joten riski vuodoille on olemassa. Aktuaattorin painoa lisää myös kiinni oleva voimansiirtoyksikkö. (Nikkari, J. 2023. Electric Cylinder Study 9–10.)

Valinta lopulta oli elektrohydraulinen sylinteri, kun huomioon otettiin kaikkien toimilaitteiden vahvuudet ja heikkoudet. Elektromekaaninen sylinteri toimisi todellisuudessa työssä myös, mutta johtuen toimilaitteen hitaudesta ja kestävyydestä iskeviä voimia vastaan, elektrohydraulinen sylinteri oli toimivampi ratkaisu. Toimilaitteen sijoitus kokoonpanossa näkyy kuvassa 10.

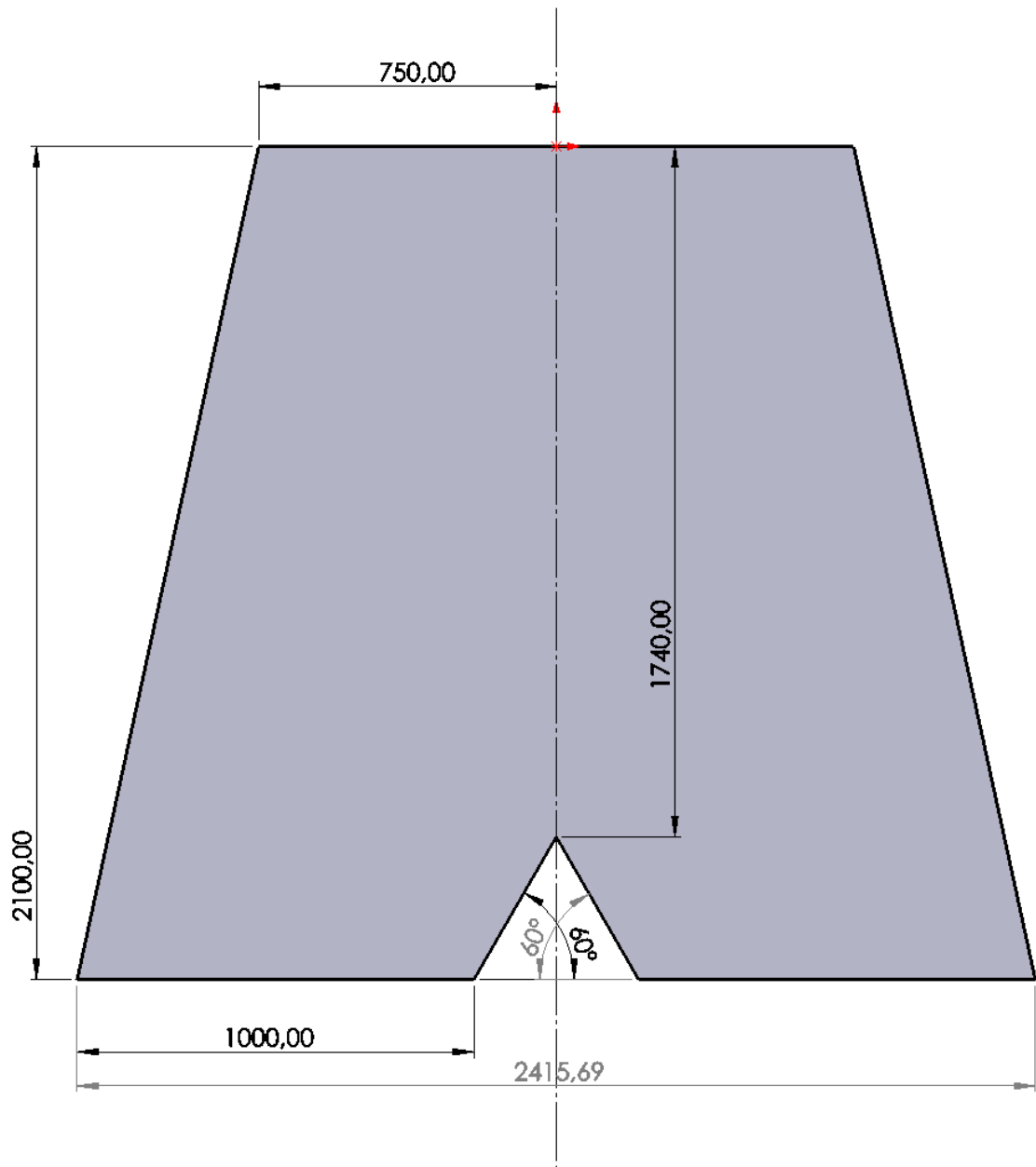


KUVA 10. Jakosuppilon takaseinä (Hyyryläinen 2025).

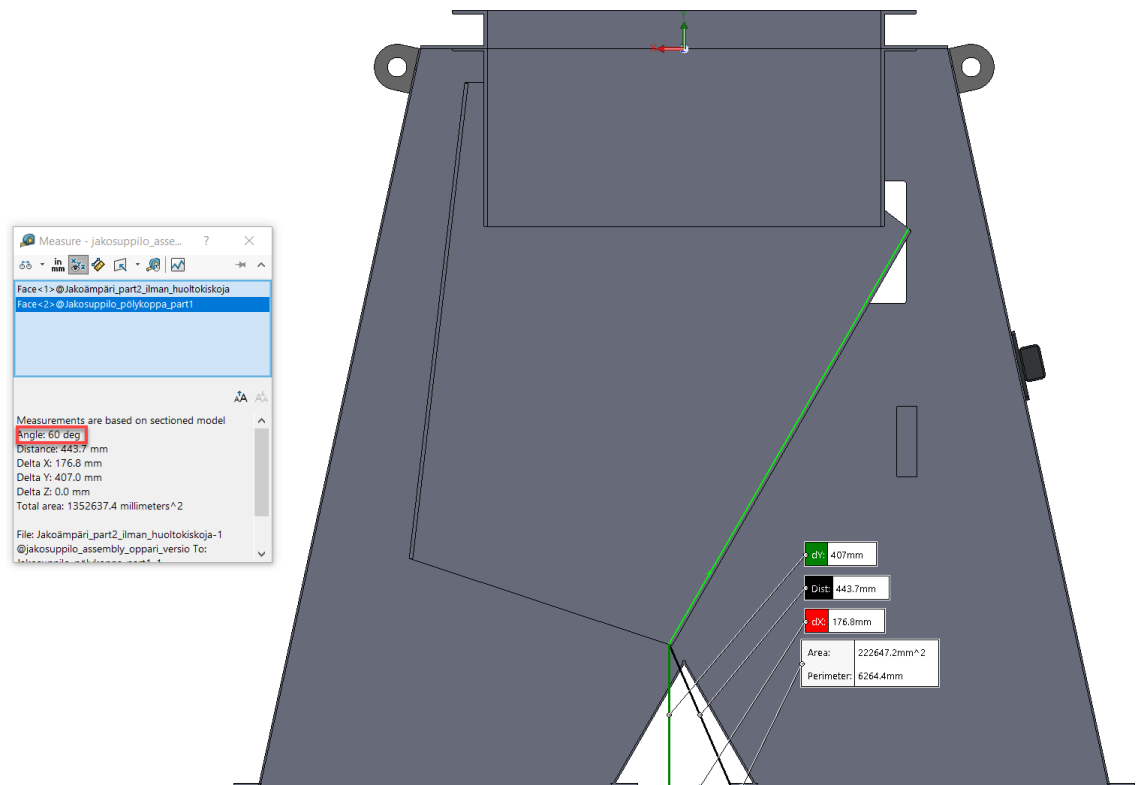
6.6 Geometria

Jakosuppilon geometria oli tehtävä tarkasti, jotta konsepti toimii, huomioon oli otettava esimerkiksi pölykopian ja jakoämpärin viettokulmat, materiaalin virtaus ja pudotuskorkeudet. Työssä käsiteltävä jakosuppilo on suunniteltu rautapelletin jakoon, joten mittasuhteet ovat kyseiselle materiaalille optimaaliset. Geometria on kuitenkin mallinnettu siten, että muokkaus onnistuu helposti basic-mallissa. Geometrian luominen aloitettiin pölykopian etuseinästä (kuva 11). Etuseinän geometria muuttui projektin etenemisen mukana, jotta oikeat mittasuhteet saatiin toimimaan. Kuvassa 11 näkyvä 60 asteen kulma on mitoitettu rautapelletin tarvitseman viettokulman mukaan, pienempi kulma aiheuttaisi materiaalin kasautumista joka lopulta tukkisi jakosuppilon. Pudotuskorkeuden määräsi jakoämpärin korkeus, jakoämpäri oli saatava myös ääriasennossa olemaan 60 asteen kulmassa, kuten kuvassa 12 näytetään, vihreällä korostettujen pintojen välinen kulma on 60 astetta (kuva 12). Jakoämpärin oli myös mahdollista liikkumaan ääriasentoihin vaivatta. (Laukkanen 2025.)

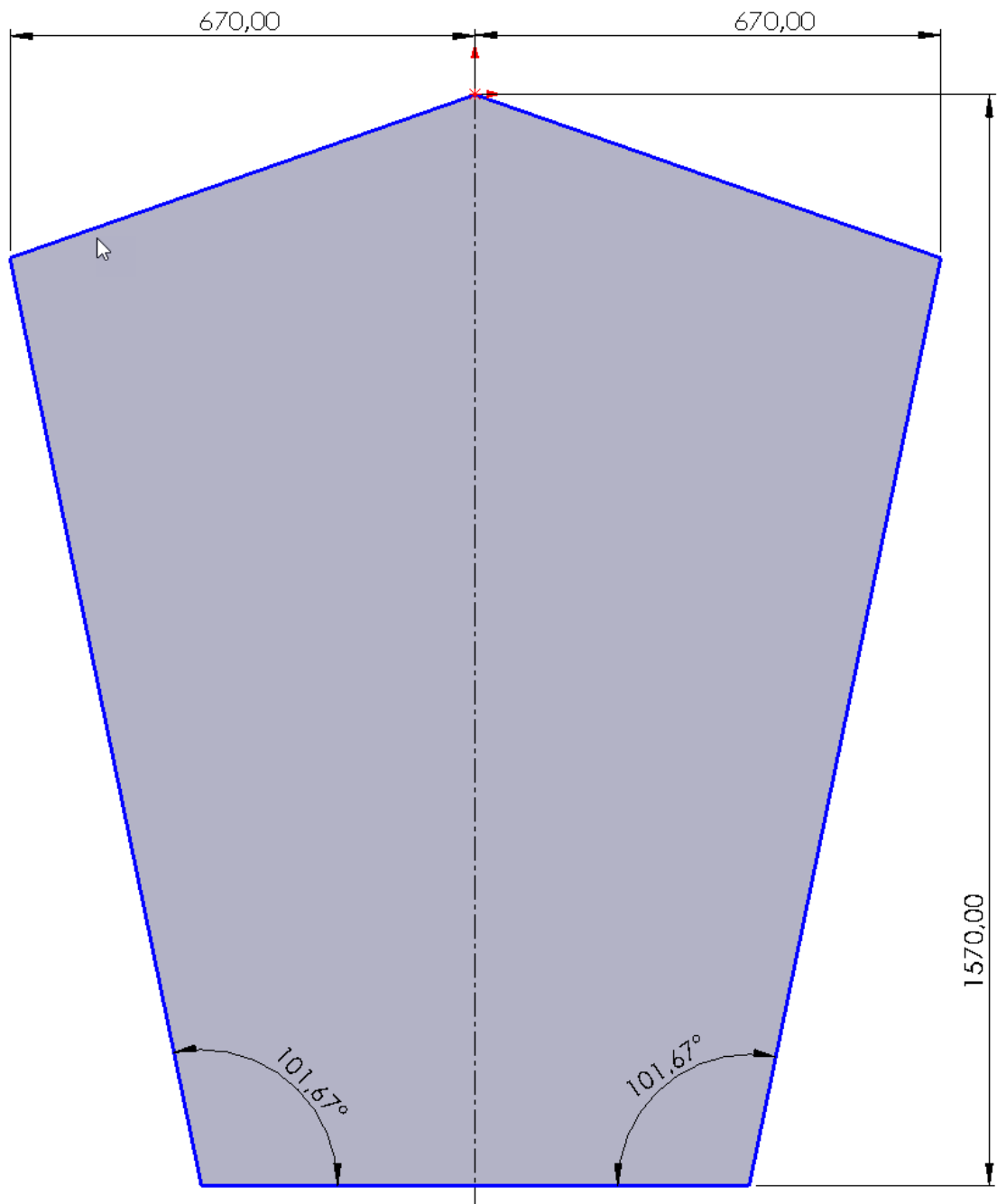
Pölykopan korkeutta ja jakoämpärin muotoa muutettiin, kunnes saavutettiin vaittomasti liikkuva ja oikeat kulmat täyttävä kokoonpano. Jakoämpärillä oli useita mahdollisia eri törmäämispisteitä kokoonpanossa. Geometria oli toteutettava ilman että ämpäri törmää joko ohjauskauluriin tai pölykopan keskellä olevaan kulmaan. Huomioon oli myös otettava, ettei kokoonpano pääse ripettämään mistään kulmasta. Jakoämpärin on siis käännyttävä yli pölykopan keskikulmasta, mutta pysyttävä yläkulmista ohjauskaulurin ulkopuolella.



KUVA 11. Pölykopan etuseinän geometria. 60 asteen viettokulmat (Hyryläinen 2025).



KUVA 12. Jakoämpäri ääriassenossa vasemmalle. Jakoämpäriin viettokulma 60 astetta (Hyyryläinen 2025).



KUVA 13. Jakoämpärin etuseinän geometria (Hyryläinen 2025).

6.6.1 Pölykoppa

Työ aloitettiin pölykopon mallintamisella. Ainoat kriteerit pölykopalle oli, että kapaleessa on yksi tuloaukko ja kaksi poistoaukkoa. Mallintamisen edetessä vaihtoehtoina oli tehdä pölykopasta kuutiomaisempi, tai kartiomainen. Lopulta päätettiin kartiomaiseen malliin, koska kartiomallia on yksinkertaisempi muokata mitasuhteiden muuttuessa. Alkuperäisessä konseptissa oli vain etummainen suuri

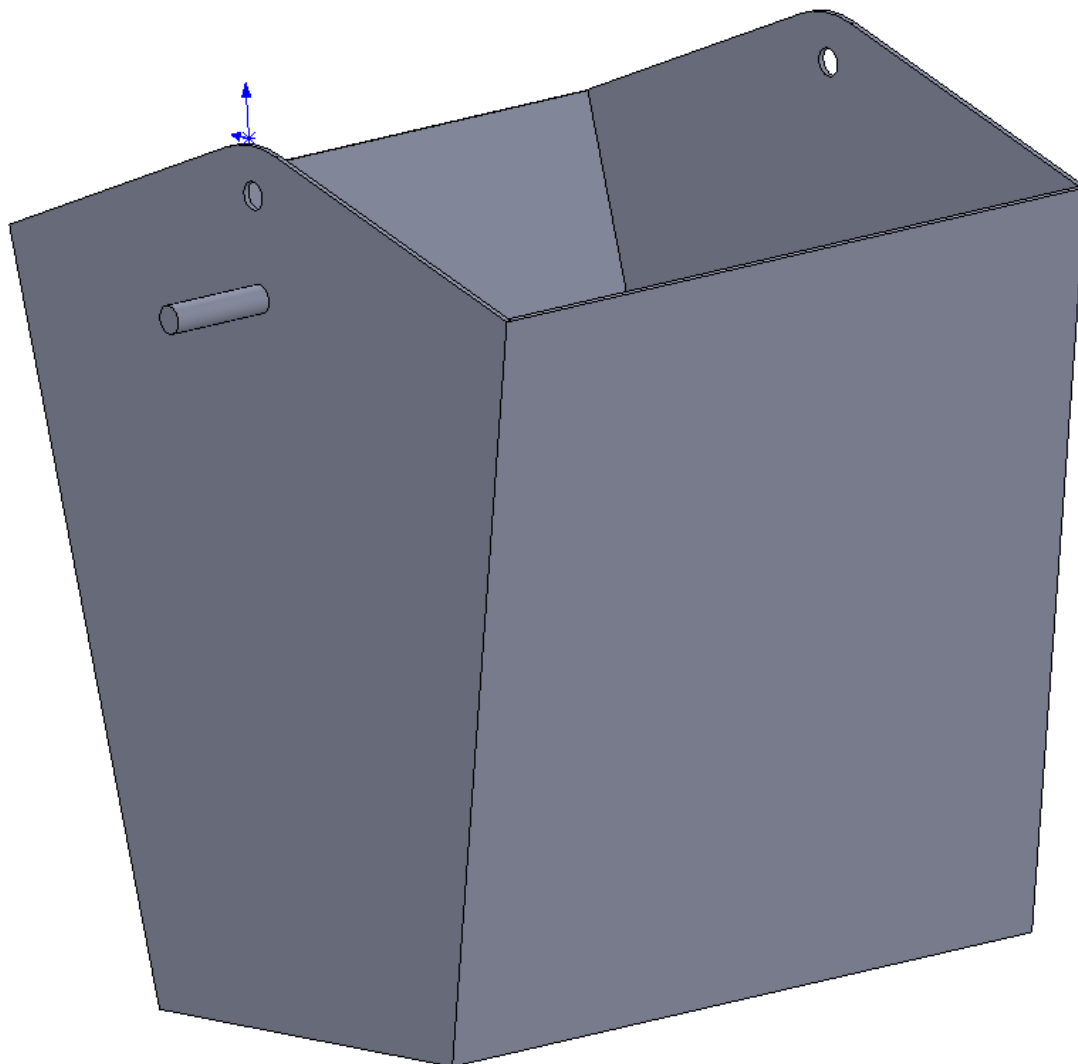
huoltoluukku, mutta työn edetessä ilmeni tarve useammalle huoltoluukulle huollon mahdollistamiseksi. Huoltoluukkuja tuli yhteensä seitsemän, sekä suurimpaan huoltoluukkuun vielä erilliset kannet huoltokiskoille. Etummaisen huoltoaukon kylkiin mallinnettiin huoltokiskojen kannakkeet kiskojen geometrian mukaan (kuva 6). Kannakkeiden mitoitus oli mallinnettava tarkasti, jotta kiskot sopivat jokoämpäriin alle ilman että jokoämpäri pääsee tippumaan.

Pölykopan ulkoinen geometria muokkaantui työn edetessä mahdollistaen jokoämpäriin liikkeen ääriasentoihin, sekä mahdollistaen 60 asteen viettokulman poistoaukoille.

6.6.2 Jakoämpäri

Jakoämpäriin geometria muokkaantui pölykopan geometrian mukaan. Ämpäri oli saatava liikkumaan vaivatta pölykopan sisällä, ilman mahdollisia törmäyksiä. Huomioon oli myös otettava mahdolliset vuotokohdat. Yläpään kulmien oli oltava riittävät, jotta ne eivät tule ohjaus kaulurin alle, vaan pysyvät sen ulkopuolella. Poistoaukko oli oltava riittävän suuri, jotta tukkeumaa ei aiheudu, mutta myös pienempi kuin pölykopan poistoaukot. Ämpäriin ollessa ääriasennossa oli toteutettava 60 asteen viettokulma pölykopan pohjaan nähden (kuva 12).

Jakoämpäriin takaseinämään lisättiin irrotettava pala, joka voidaan jättää roikkumaan taka-akselin varaan pölykopan sisään. Irrotettavan palan kiinnitys tapahtuu kulmaliitoksella ja läpipulteilla. Pultit avataan purkamisvaiheessa huoltoluukuista käsin ennen etuseinän laakeripesän avaamista. Pölykopan takaseinän laakeripesää ei avata tällöin ja jokoämpäriin pala jää roikkumaan akselin varaan pölykopan sisään. Irrotettava pala mahdollistaa pelkän jokoämpäriin poistamisen pölykopasta, ilman että ohjauskauluria tarvitsee purkaa. Kyseistä ominaisuutta ei kuitenkaan tässä työssä kuvien avulla esitellä.

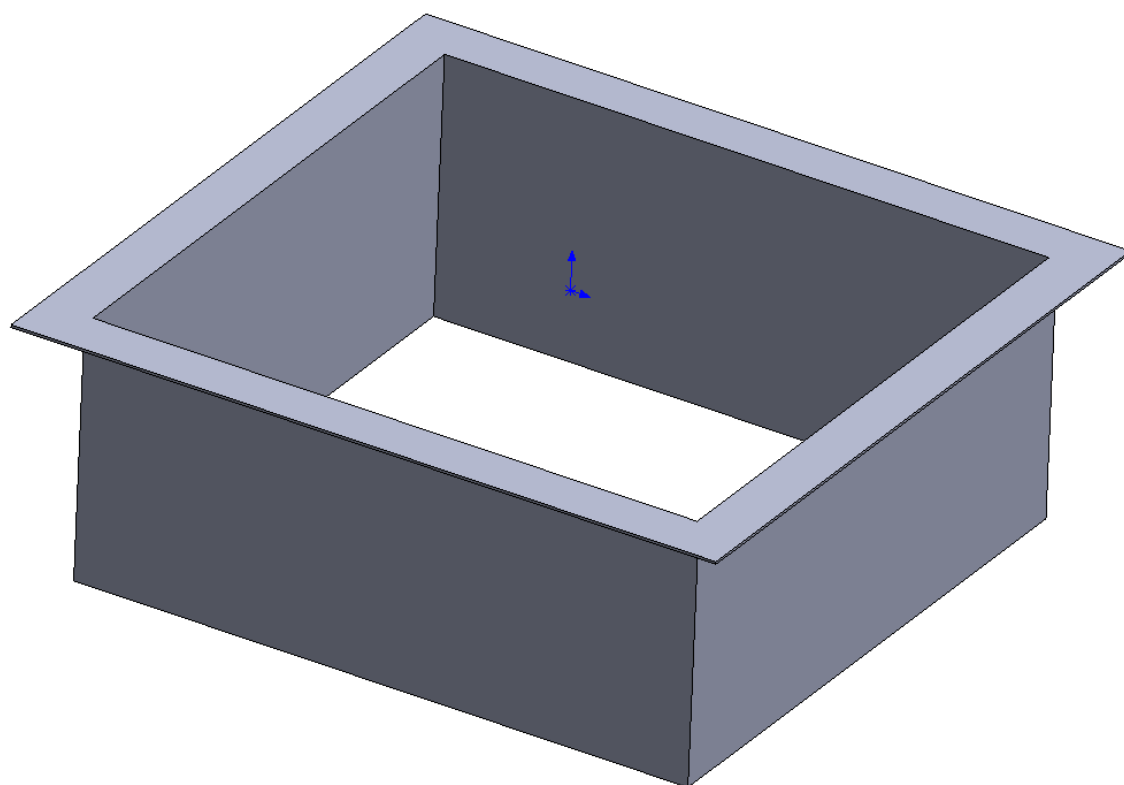


KUVA 14. Jakoämpäri ilman huolto-ominaisuuksia (Hyyryläinen 2025).

6.6.3 Ohjauskauluri

Ohjauskaulurin mallintaminen oli yksinkertainen sen helpon geometrian ansiosta. Ongelma kuitenkin työssä oli sisäkaulurin ominaisuudet huollon kannalta. Ohjauskauluri on kyettävä tiputtamaan jakoämpäriin varaan, kun ämpäri vedetään pölykopasta ulos. Kaulurin tiputtaminen onnistuu helposti, mutta kaulurin takaisin paikoilleen asentaminen osoittautui monimutkikkaaksi. Jakosuppilon yläpäähän kiinnitettävä syöttölaite tukkii syöttöaukon, jolloin vain huoltoluukuista pääsee operoimaan ohjauskauluria. Jakosuppilo on syvyydeltään 1515 mm, joten ohjauskaulurin takareunaan ei pääse käsiksi. Kauluri on saatava täysin paikoilleen,

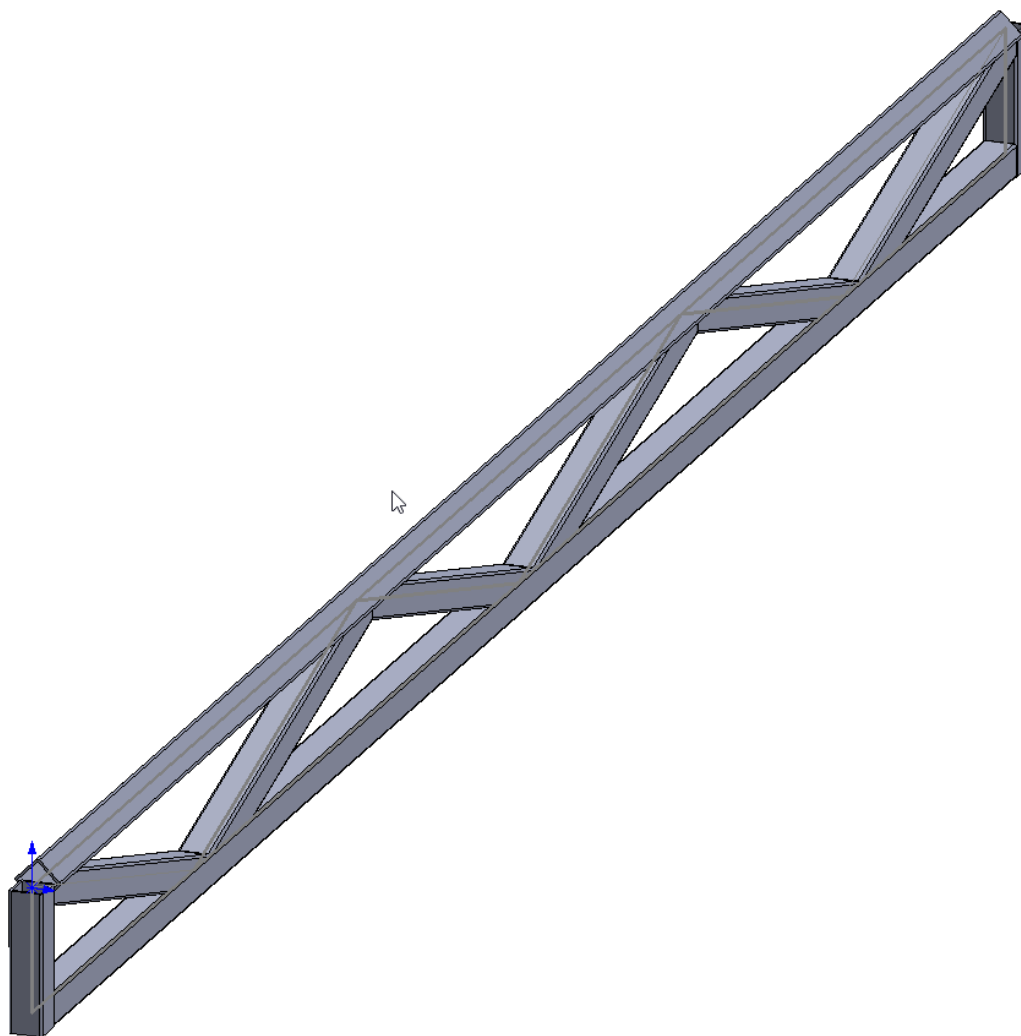
jotta pölytiivetyys ei kärsi. Lopullinen ratkaisu oli mallintaa kaulurin kehukseen kier- teitetyt reiät pulteille, jolloin pultit voidaan kiristää pölykopan kannen puolelta. Oh- jauskaulurin nosto paikoilleen onnistuu neljän ylimääräisen huoltoluukun ansi- osta, jotka mallinnetaan pölykoppaan. Työssä suunnitellun jakosuppilon koon ta- kia, ohjaukskaulurin painoksi tulee käytetyillä ainevahvuuksilla noin 26 kg, jolloin sen paikoilleen nosto onnistuu vähintään kahdella kunnossapidon työntekijällä.



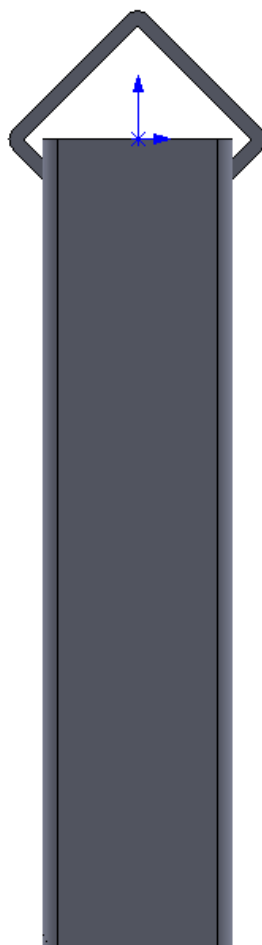
KUVA 15. Ohjaukskauluri (Hyyryläinen 2025).

6.6.4 Huoltokiskot

Huoltokiskot valmistetaan 40X40X3 neliöputkesta (kuva 16). Mitoitus kiskojen ra- kenteelle riippuu kokoonpanon mittasuhteista. Kiskojen on oltava riittävän pitkät yltämään pölykopan takaseinään ja ylettämään tarpeeksi pitkälle, jotta jakoäm- päri ja ohjaukskauluri saadaan ulos pölykopasta. Kiskojen rakennetta vahvistetaan diagonaali kuvioinnilla estämään taipumista. Huoltokiskojen ylempi neliöputki lii- tetään rakenteeseen 45 asteen kulmaan (kuva 17), johtuen jakoämpärin pyörien profiilista. Profiilin ansiosta jakoämpäri liikkuu suorassa eikä pääse tippumaan kiskoilta.



KUVA 16. Huoltokisko (Hyryläinen 2025).



KUVA 17. Huoltokisko, ylempi neliöputki 45 asteen kulmassa (Hyryläinen 2025).

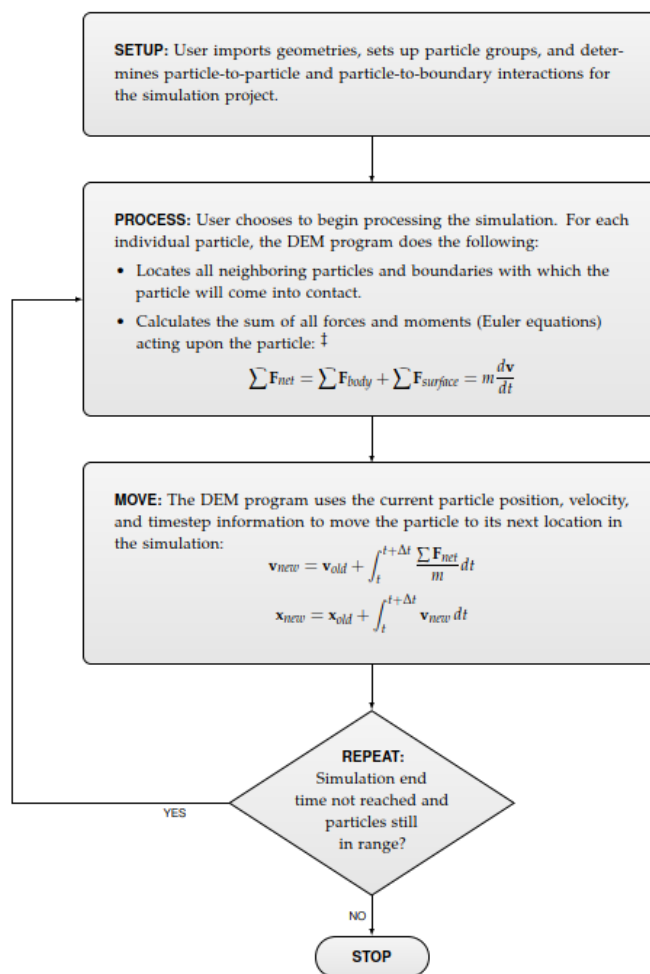
6.7 Nostopisteet

Jakosuppilon pölykoppaan lisättiin neljä nostosilmää, joiden avulla pölykopan nosto paikoilleen onnistuu. Alkuperäinen konsepti oli lisätä nostosilmät pölykopan kanteen, jolloin ne olisivat kuitenkin estäneet syöttöpään liittämisen jakosuppiin. Nostopisteet sijoitettiin lopulta pölykopan sivuille yläpäähän. Jakoämpärin kärkeen lisättiin kaksi reikää, joista nosto onnistuu huollon yhteydessä.

6.8 Virtaussimulaatio

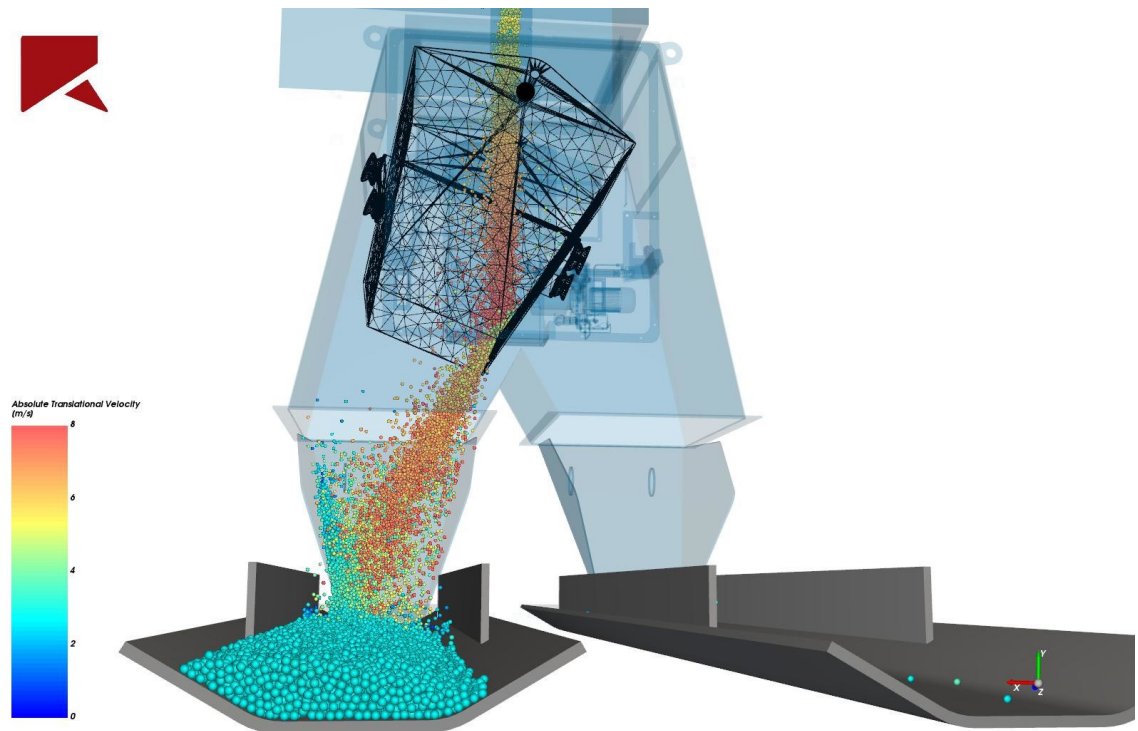
Työn tuloksena saadulle jakosuppilomallille toteutettiin virtaussimulaatio Ansys Rocky ohjelmistolla. Ohjelmiston avulla voidaan simuloida todellista tilannetta, jossa jakosuppilo on osana tuotantoprosessia.

Diskreetti Elementtimenetelmä (DEM) on numeerinen tekniikka, jonka avulla kyetään ennustamaan suuren joukon kiinteiden hiukkasten käyttäytymistä liikkeessä. Yleisimpiä esimerkkejä rakeisten aineiden virtauksista tekniikan käytössä ovat viljan kuljettaminen prosessointilaitteiden läpi ja malmin kuljettaminen kaivinkoneiden läpi. DEM on verkotonta menetelmää, eikä se ratkaise jatkuvuusyhtälöitä liikkeelle. Materiaalille ei siis tarvita jännitys-muodonmuutossuhteen peruslakia, sen sijaan mallin avulla saadaan jännitys-muodonmuutossuhde tuloksena. (Ansys Rocky. 2018.) Yleinen DEM-algoritmi on esitelty kuvassa 18.

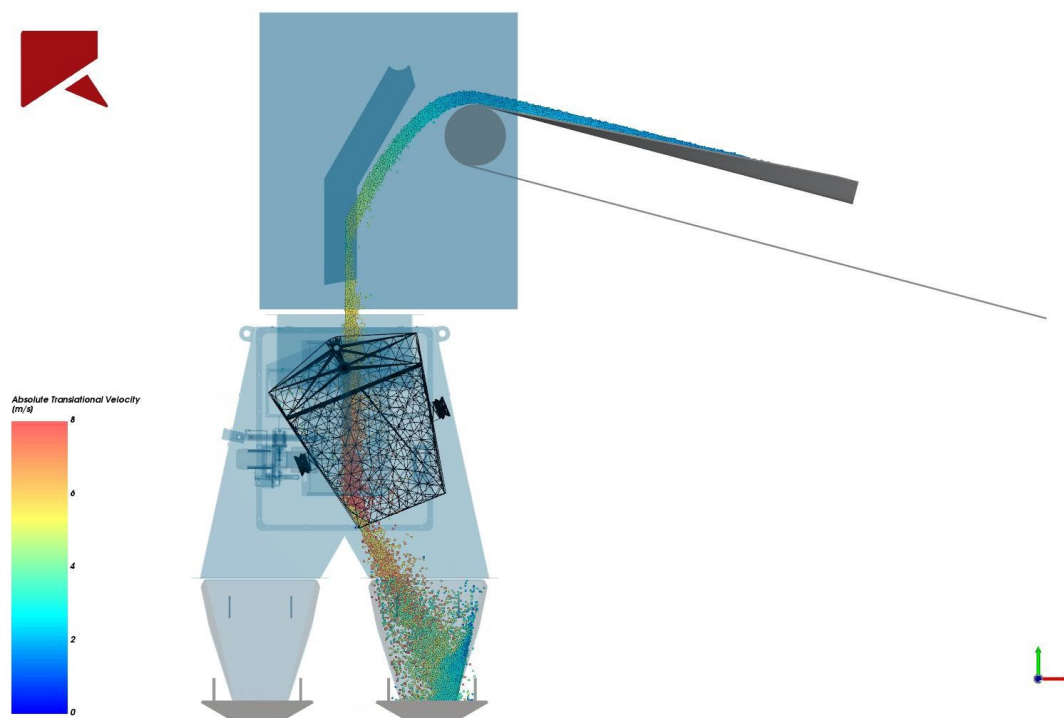


KUVA 18. Yleinen DEM-algoritmi (Ansys Rocky 2018)

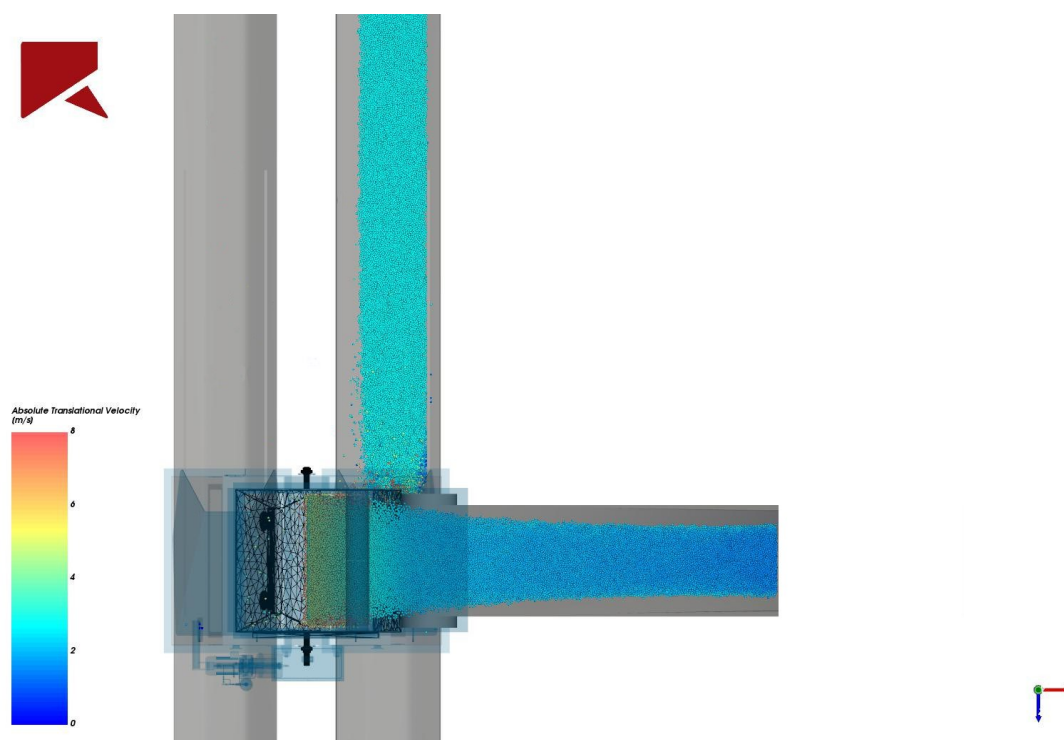
Työssä käytetyssä simulaatiossa partikkelikoko määritettiin mukallemaan rautapellettiä, partikkeleita simulaatiossa oli noin puoli miljoonaa. Simulaatio ei ole lopullinen, vaan sen tarkoitus oli simuloida ainoastaan jakosuppilon liikettä ja sen vaikutusta materiaalivirtaan. Kuten kuvista nähdään, jako on onnistunut ja materiaali virtaa halutulle linjalle ilman vuotoja. Kuvat 19–23 eivät ole todellisesta sijoituskohteesta, vaan virtaussimulaatiota sovellettiin yleisellä tasolla.



KUVA 19. Virtaussimulaatio ääri-asennossa vasemmalle edestä (Venemies 2025).

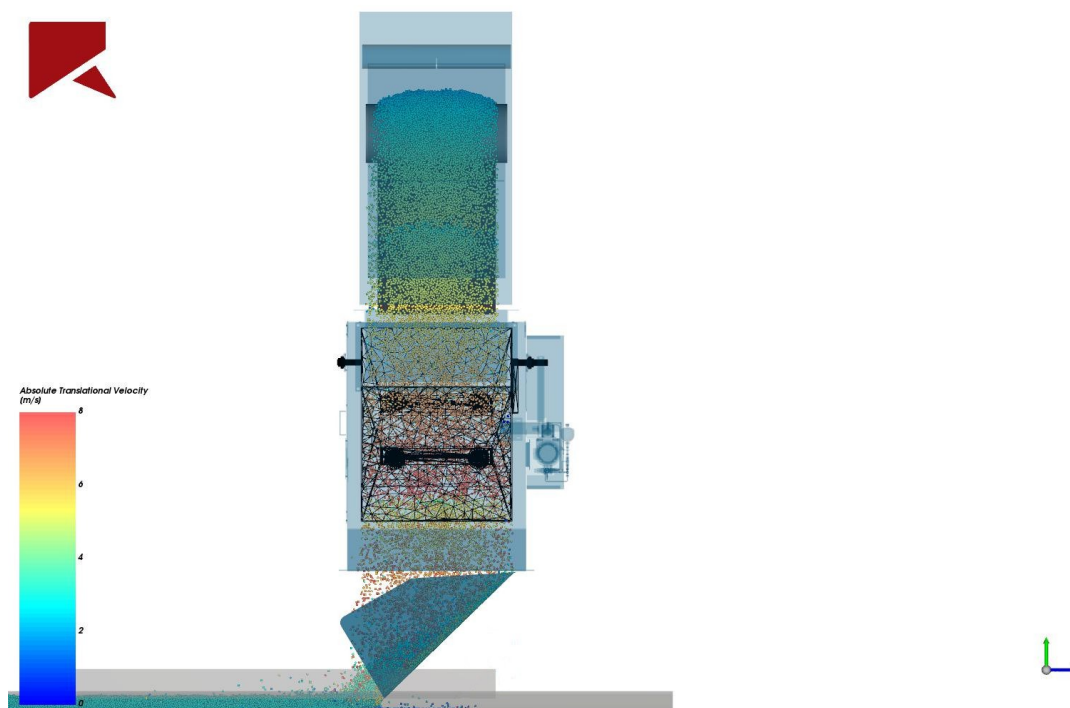


KUVA 20. Virtaussimulaatio ääri-asennossa oikealle takaa (Venemies 2025).



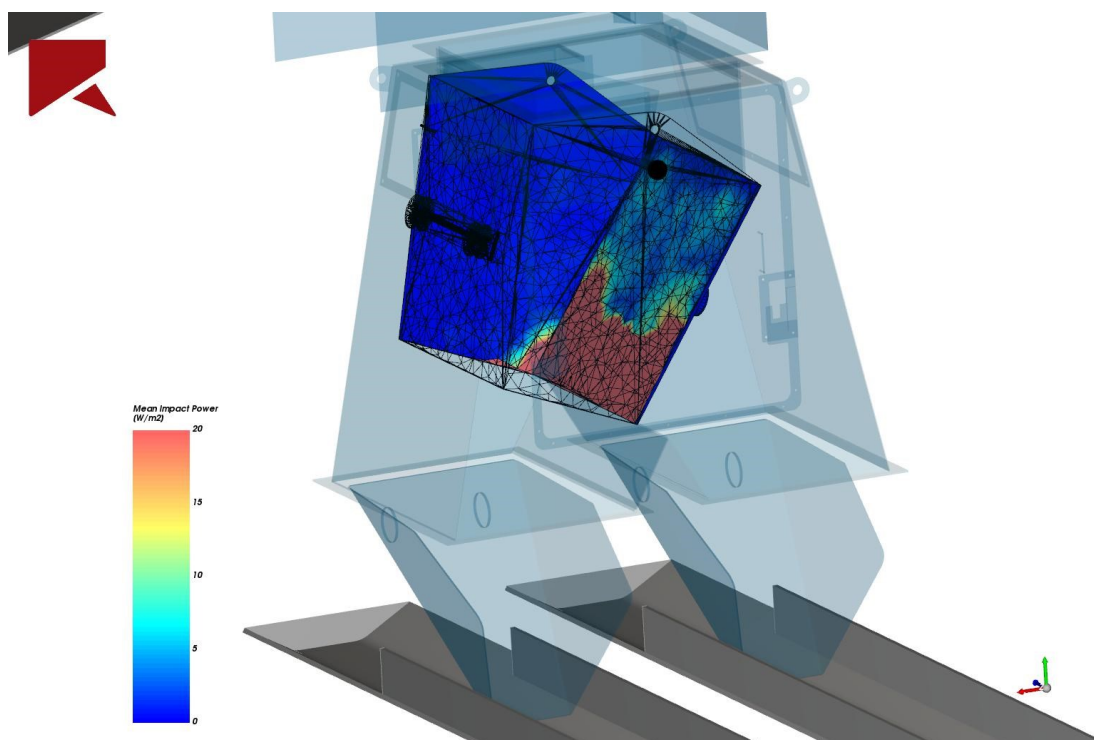
KUVA 21. Virtaussimulaatio ääri-asennossa oikealle, kuvakulma yläpuolelta (Venemies 2025).

Ohjelma mahdollistaa myös partikkeleiden nopeuden tarkastelun virtauksen eri vaiheissa. Virtauksien nopeuksien optimointi on oleellista, koska niiden avulla kyetään minimoimaan iskuenergioita. Liian suuret iskuenergiat kuluttavat ja rikkovat pellettejä, joka aiheuttaa tappiota tuotannolle. (Venemies 2025.) Kuvasta 22 voidaan tarkastella partikkeleiden nopeuksia eri kohdissa virtausta.



KUVA 22. Virtaussimulaation partikkeleiden nopeuksien seuranta. Punainen väri kuvastaa suurta nopeutta (Venemies 2025).

Virtaussimulaatio mahdollistaa myös jakosuppilon kulumakohtien tarkastelun. Kulumakohdalla tarkoitetaan jakosuppilon osaa, johon virtaus osuu ja täten kuluttaa jakosuppiloa. Kulumakohtien tarkastelulla kyetään arvioimaan alustavasti kulutuslevyjen sijoittamiskohteita. Kuten kuvasta 23 nähdään, kulumakohdat ovat korostettuna punaisella värillä.



KUVA 23. Kulumakohtien tarkastelu virtaussimulaation avulla. Kulumakohdat korostettu punaisella värillä (Venemies 2025).

7 POHDINTA

Opinnäytetyö oli kokonaisuudessaan suuri projekti ja suurin osa työhön käytetystä ajasta kului uuden tuotteen suunnitteluun ja mallintamiseen. Opinnäytetyön aloitusvaiheessa jakosuppilo oli täysin tuntematon komponentti, joten aiheeseen perehdyttävä huolellisesti. Hihnakuljettimien teoriaan löytyi helposti luotettavia kirjallisia lähteitä, mutta asiantuntijahaastatteluiden avulla aiheeseen päästiin tutustumaan käytännönläheisemmin.

Jakosuppiloiden teoriaan kirjallisia lähteitä oli huomattavasti vähemmän saatavilla, mutta tässäkin tapauksessa asiantuntijahaastattelut antoivat todella hyvät lähtökohdat työn loppuun saattamiselle.

Opinnäytetyön kuormittavin osuus oli uuden jakosuppilon suunnittelu, johon ei luontaisesti lähteitä ollut saatavilla. Kyseessä oli kokonaan uuden kokonaisuuden suunnittelu ja huomioon oli otettava useita eri seikkoja, kuten jakosuppilon toimivuus, luotettavuus ja tärkeimpänä huollettavuus.

Tulokset osio on kyseisen opinnäytetyön olennaisin osa, jossa esitellään kuvien avulla tuloksena saatu tuote. Kuvissa olevista malleista on piilotettu komponenttien huolto-ominaisuuksia työn tilaajan pyynnöstä.

Lopulta tuloksena saatiin toimiva basic-malli uudesta jakosuppilosta, jota lähdetään jalostamaan ja kehittämään entisestään. Materiaali on aina tunnettava, kun uutta kuljetinjärjestelmää aletaan suunnittelemaan. Jatkojalostukseen on otettava vielä useita seikkoja huomioon, esimerkiksi kylmä, märkä tai tarttuva materiaali ja niiden vaikutukset kulmiin ja lämmitystarpeisiin. Tulevaisuudessa työn tuloksena saatua jakosuppiloa voidaan tarjota vaihtoehtona asiakkaille uusiin käyttökohteisiin.

LÄHTEET

Ansys Rocky. DEM Technical Manual 2018. Viitattu 28.3.2025.

Conveyor Equipment Manufacturers Association. 2014. Belt Conveyors for Bulk Materials. 7. painos. USA: Naples, Florida. Viitattu 22.1.2025.

Henan Kunwei Koneet Co. 5.3.2023. Hihnakuuljettimen Toimintaperiaate. Luettu 26.3.2025. <https://fi.kunweimachine.com/info/the-working-principle-of-the-belt-conveyor-81718012.html> Viitattu 5.3.2025.

Lahti, T. Manager, Systems & Modernizations. 2025. Haastattelu 10.1.2025. Haastattelija Hyyryläinen, T. Tampere.

Laukkanen, H. Chief Engineer. 2025. Haastattelu 27.2.2025. Haastattelija Hyyryläinen, T. Siilinjärvi.

Nikkari, J. 2023. Electric Cylinder Study 9–10 [Ei-julkinen]. Viitattu 27.3.2025.

Paalumäki, T., Lappalainen, P. & Hakapää, A. 2015. Kaivos- ja louhintatekniikka. 3., uudistettu painos. Tampere: Juvenes Print Oy. Viitattu 19.1.2025.

Pulkkinen, O. 2010. Materiaalin käsittely - mekaaniset massatavarakuljettimet. 68 s. [Ei-julkinen]

ROXON Oy. n.d. Luettu 3.1.2025. <https://roxon.com/>

Sarromaa, V. Sales Manager. 2025. Haastattelu 16.1.2025. Haastattelija Hyyryläinen, T. Tampere.

Swinderman, T., Marti, A., Goldbeck, L., Marshall, D. & Strebel, M. 2009. Foundations TM. The Practical Resource for Cleaner, Safer, More Productive Dust & Material Control. 4. Painos. USA: Neponset, Illinois. Viitattu 15.1.2025.

Venemies, M. Chief Engineer. 2025. Haastattelu 28.3.2025. Haastattelija Hyyryläinen, T. Tampere.