



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jespero Nurmi

# BIOKAASULAITOKSEN JALOSTUS- YKSIKKÖ

Tekniikka

2025

## TIIVISTELMÄ

---

Tekijä	Jesper Nurmi
Opinnäytetyön nimi	Biokaasulaitoksen jalostusyksikkö
Vuosi	2025
Kieli	suomi
Sivumäärä	33 + 7
Ohjaaja	Johanna Nysten

Tämä opinnäytetyö käsittelee biokaasulaitoksen polttoaineen esikäsitteilyyn suunnitellun jalostusyksikön kehittämistä. Työn taustalla on BioVille Oy:n tarve saada markkinoiden puutteisiin vastaava ratkaisu lietalannan mekaaniseen käsittelyyn. Tavoitteena oli suunnitella laitteisto, joka tehostaa lietteen hienonnusta ja veden poistoa, parantaen samalla biomassan soveltuvuutta biokaasuprosesseihin.

Työssä hyödynnettiin käytännönläheistä suunnittelumenetelmää ja kaupallisten ratkaisujen analysointia. Suunnitteluprosessia ohjasi kahden pääkomponentin, silppurin ja puristimen kehittäminen, joista jälkimmäinen pohjautuu tunnettuun kuivaustekniikkaan ja ensimmäinen fysikaaliseen ilmiöön, jossa vastakkaisiin suuntiin kallistetut terät aiheuttavat painevaihtelua.

Keskeisinä tuloksina saavutettiin modulaarinen ja huollettava rakenneratkaisu, joka mahdollistaa laitteen käytön erilaisissa ympäristöissä. Työ osoittaa, että sovellettu insinöörisuunnittelu ja olemassa olevien teknologioiden yhdistäminen voivat tuottaa tehokkaita ratkaisuja uusiutuvan energian tuotannon tarpeisiin. Jalostusyksikkö tukee kiertotaloutta ja maatalouden kestävästä kehitystä.

## ABSTRACT

---

Author	Jesper Nurmi
Title	Fuel refining system biogas plant
Year	2025
Language	Finnish
Pages	33 + 7
Name of Supervisor	Johanna Nysten

This thesis addresses the development of a processing unit designed for the pre-treatment of fuel in a biogas plant. The thesis is based on Bio-Ville Ltd's need for a solution that addresses market gaps in the mechanical treatment of slurry. The objective was to design equipment that enhances the shredding and dewatering of slurry, thereby improving the suitability of biomass for biogas processes.

A practical design approach and analysis of commercial solutions were utilized in the project. The design process focused on the development of two main components: a shredder and a press. The latter is based on well-known drying technology, while the former relies on a physical phenomenon in which blades tilted in opposite directions create pressure variations.

The main results include a modular and maintainable structural solution that enables the equipment to be used in various environments. The thesis demonstrates that applied engineering design and the integration of existing technologies can produce effective solutions for the needs of renewable energy production. The processing unit supports the circular economy and the sustainable development of agriculture.

---

Keywords	product design, biogas, energy production, design for manufacturing
----------	---

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	5
2	PROJEKTIN TAUSTA.....	6
	2.1 Biokaasulaitokset.....	7
	2.2 BioVille Oy.....	9
3	SUUNNITTELU.....	11
	3.1 Suunnittelun rajat.....	11
	3.2 Hahmottelu.....	12
	3.3 Ideoita markkinoilta.....	13
4	TUOTANTOSUUNNITTELU.....	15
	4.1 Koneistus.....	16
	4.2 Hitsaus.....	17
	4.3 Liittäminen.....	19
5	LAITTEEN TOIMINTAPERIAATE.....	21
	5.1 Silppuri.....	21
	5.2 Puristin.....	23
6	KOKOONPANO.....	27
	6.1 Silppuri.....	27
	6.2 Puristin.....	29
	6.2.1 Runko ja kaira.....	29
	6.2.2 Suodatin.....	30
	6.2.3 Puristin.....	33
7	LOPPUTULOS.....	36
8	YHTEENVETO.....	37
	LÄHTEET.....	38

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö käsittelee biokaasulaitoksen käyttöön suunnitellun polttoaineen jalostusyksikön kehittämistä. Työn tilaajana toimii BioVille Oy, jonka tavoitteena on tuottaa entistä tehokkaampia ja skaalautuvampia ratkaisuja lietalannan hyödyntämiseen biokaasun tuotannossa. Lähtökohtana oli todettu tarve kehittää laitteisto, joka paitsi vastaa käytännön prosessivaatimuksiin, myös ylittää markkinoilla jo olevien ratkaisujen suorituskyvyn erityisesti huollettavuuden, valmistettavuuden ja energiatehokkuuden näkökulmista.

Suunnittelutyön keskiössä on laitteen kyky käsitellä lietalantaa tehokkaasti. Massan hienontaminen ja veden erotus yhdistyvät toiminnalliseksi kokonaisuudeksi, joka parantaa lietteen virtaavuutta, vähentää kuljetuskustannuksia ja tehostaa mädätysprosessia biokaasulaitoksessa. Jalostusyksikön kehitystyössä on sovellettu sekä kaupallisista laitteista saatuja ideoita että ilmiölähtöistä suunnittelua, jossa fysikaalisia periaatteita hyödynnetään rakenteiden ja liikkeen optimoinnissa.

Opinnäytetyö keskittyy laitteiston rakenteelliseen ja toiminnalliseen suunnitteluun. Varsinaisia testaus- ja valmistusvaiheita ei käsitellä, sillä ne kuuluvat tilaajayrityksen liiketoimintastrategian suojattuihin osa-alueisiin. Tavoitteena on kuvata selkeästi suunnitteluprosessi ja sen aikana tehdyt ratkaisut, jotta myöhemmät vaiheet, kuten valmistus, käyttöönotto ja jatkokehitys voidaan toteuttaa mahdollisimman tehokkaasti ja suunnitelmallisesti.

## 2 PROJEKTIN TAUSTA

Lietelannan käsittely ja jalostaminen ovat keskeisiä maatalouden tehokkuuden ja ympäristöystävällisyyden kannalta. Erilaiset jalostusmenetelmät, kuten mekaaninen separointi, mahdollistavat haitallisten ympäristövaikutusten vähentämisen, ravinteiden kierron tehostamisen ja biomassan energiakäytön parantamisen esimerkiksi biokaasulaitoksissa. Mekaanisessa separoinnissa lietelanta hienonnetaan ja siitä erotetaan ylimääräinen neste, mikä tehostaa biokaasun tuotantoa ja vähentää käsittelyjäännöksen määrää. (Latvala, 2009.)

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan yksityiskohtaisesti laitekokonaisuutta, joka on suunniteltu käsittelemään lietelantaa optimaalisella tavalla. Kyseinen järjestelmä hajottaa lietemassan mekaanisesti, jolloin sen rakenne pilkkoutuu ja ravinteet vapautuvat helpommin jatkokäyttöä varten. Samanaikaisesti laitteisto erottaa massasta ylimääräisen nesteen, minkä seurauksena jäljelle jää tiiviimpi biomassa, joka on paremmin hyödynnettävissä. Tämä käsittelyprosessi on keskeinen erityisesti kuljetuskustannusten vähentämisen ja logistisen hallittavuuden kannalta. Lisäksi se parantaa lietelannan soveltuvuutta biokaasulaitosten anaerobiseen hajotusprosessiin, jossa hienojakoinen ja kuivempi materiaali lisää prosessin tehokkuutta. (Kanninen & Laakso, 2018.)

Jalostetun lietelannan hyödyntäminen biokaasulaitoksissa mahdollistaa tehokkaamman energiantuotannon sekä parantaa tuotetun biokaasun laatua ja määrää. Nesteenpoiston myötä syntyvä mädäte sisältää syötemateriaalien kaikki ravinteet ja loput orgaanisesta aineksesta, mikä tekee siitä ravinteikkaan lannoitteen maatalouskäyttöön. Tämä prosessi tukee kiertotaloutta, vähentää ravinnevalumia ja kasvihuonekaasupäästöjä sekä edistää biomassan kokonaisvaltaista hyödyntämistä energiantuotannossa. (Kestävät käytännöt biokaasutuotannossa, 2023.)

## 2.1 Biokaasulaitokset

Biokaasulaitokset hyödyntävät orgaanista ainesta – kuten lietelantaa ja kasvipohjaisia materiaaleja – energian tuotannossa biologisen hajotuksen avulla. Prosessi tapahtuu hapettomissa olosuhteissa, joissa mikrobit hajottavat biomassaa ja tuottavat pääasiassa metaania ja hiilidioksidia. Metaani muodostaa suurimman osan biokaasusta ja soveltuu erinomaisesti sekä lämmön että sähkön tuotantoon. (Airaksinen, 2012.)

Josimović ja muut, (2024) tarkastelevat tutkimuksessaan, kuinka biokaasulaitosten toimintaa voidaan tehostaa optimoimalla syöteseosten koostumusta ja reaktorin lämmitystekniikoita. Tutkijat hyödynsivät syötteinä muun muassa eläinperäistä jauhoa, maissirehua ja melassia ja havaitsivat, että niiden yhdistelmällä saadaan aikaan merkittävästi parempi metaanintuotto. Lisäksi tutkimus osoitti, että reaktorin lämmityksen hallinta ja lämpötilan tasaisuus ovat keskeisiä tekijöitä energiatehokkuuden kannalta. Tämä tutkimus tarjosi erinomaisen lähtökohdan kehitystyölle, vaikka siinä ei keskitytty vain lietelantaa käyttäviin laitoksiin.

Suomessa biokaasulaitosten yleisimmin käytetty syötemateriaali on lietelanta. Erityisesti naudan ja sian lietelanta ovat yleisiä, sillä niitä syntyy suuria määriä maataloudessa ja ne soveltuvat hyvin jatkuvatoimisiin mädätysprosesseihin. Vuonna 2019 noin puolet lantaa hyödyntävistä biokaasulaitoksista käytti sian lietelantaa, ja 45 % hyödynsi naudan lietelantaa. (Riikonen ja muut 2020.) Lietelannan energiasisältö on yksinään melko alhainen. Yhdistämällä lietelantaa korkeamman energiapitoisuuden omaaviin materiaaleihin, kuten ruokohelpeen tai edeltävän tutkimuksen kokeiltuihin materiaaleihin, voidaan merkittävästi lisätä biokaasuprosessin tehokkuutta. Tällainen yhteiskäsittely parantaa metaanintuottoa ja mahdollistaa tasaisemman kaasuntuotannon. Hajotusprosessin onnistuminen edellyttää kuitenkin tasapainoisia olosuhteita, kuten lämpötilan tarkkaa hallintaa ja jatkuvaa sekoitusta, jotta mikrobiaktiivisuus pysyy tehokkaana. (Babaei & Shayegan, 2020.)

Biokaasuprosessin sivutuotteena syntyy mädäte, joka sisältää runsaasti kasviravinteita. Tätä mädätettä voidaan hyödyntää lannoitteena, jolloin ravinteet palautuvat takaisin maatalouden kiertoon. Mädätteen käyttö vähentää riippuvuutta teollisesti valmistetuista lannoitteista ja pienentää ympäristölle aiheutuvaa ravinnekuormitusta. Lisäksi mädäte on parempi lannoite kuin käsittelemätön lanta, sillä biokaasuprosessin aikana osa lannan sisältämästä orgaanisesta typestä hajoaa liukoiseksi muodoksi, mikä parantaa sen lannoitearvoa. (Erika Winqvist, 2021.)

Yksi biokaasulaitosten merkittävistä haasteista on tuotetun kaasun puhdistaminen, erityisesti rikkivedyn poistaminen. Rikkivety on voimakkaasti syövyttävä yhdiste, joka voi vahingoittaa laitteistoja ja heikentää biokaasun laatua. Tämän vuoksi biokaasulaitoksissa käytetään erilaisia puhdistusmenetelmiä, sekä kemiallisia että biologisia, kaasun puhdistamiseksi ja turvallisen käytön varmistamiseksi. (Ryckebosch ja muut, 2011.)

Lietelanta on yleisesti käytetty syötemateriaali biokaasulaitoksissa, mutta sen sisältämä rikkivety on voimakkaasti syövyttävä yhdiste, joka voi vahingoittaa laitteistoja. Tämän vuoksi biokaasulaitoksissa käytetään erilaisia puhdistusmenetelmiä, kuten kemiallisia ja biologisia prosesseja, kaasun puhdistamiseksi ja turvallisen käytön varmistamiseksi. Esimerkiksi kemiallisessa puhdistuksessa rikkivety voidaan poistaa käyttämällä rautasuoloja, jotka sitovat rikkivedyn kiinteään muotoon. Biologisessa puhdistuksessa puolestaan hyödynnetään mikro-organismeja, jotka hapettavat rikkivedyn vähemmän haitallisiksi yhdisteiksi. (Satakunnan biokaasulaitokset osana tehokasta ravinteiden kierrätystä, 2020.)

Yhteenvetona voidaan todeta, että lietelantaa hyödyntävät biokaasulaitokset tarjoavat tehokkaan ja ympäristöystävällisen tavan tuottaa uusiutuvaa energiaa ja kierrättää ravinteita. Ne tukevat kiertotaloutta ja tarjoavat kestäväen ratkaisun maatalouden ympäristökuormituksen vä-

hentämiseksi. Biokaasulaitosten tuottama mädäte, joka sisältää runsaasti kasviravinteita, voidaan hyödyntää lannoitteena, mikä vähentää riippuvuutta teollisesti valmistetuista lannoitteista ja pienentää ympäristölle aiheutuvaa ravinnekuormitusta. (Satakunnan biokaasulaitokset osana tehokasta ravinteiden kierrätystä, 2020.) (**Kuva 1**) on havainnollistus lietelantaa käyttävästä biokaasulaitoksesta maatilalla.



**Kuva 1.** Esimerkkikuva biokaasulaitoksesta maatilalla.

## 2.2 BioVille Oy

BioVille Oy on nuori, innovatiivinen yritys, joka on perustettu Polvijärvellä. Yrityksen perustajat tunsivat toisensa ennestään, ja matkan varrella mukaan on liittynyt useita alansa osaajia. Yrityksen päätavoitteena on mullistaa biokaasulaitosten markkinat ja tehdä biokaasun tuotannosta entistä kustannustehokkaampaa ja kannattavampaa. Ensimmäinen markkinoille suunnattu laitos on parhaillaan tuotantovaiheessa. (Mäki, E., henkilökohtainen tiedonanto, 2024.)

Kun haastattelin BioVillen yhteyshenkilöä, hän kertoi, että yrityksen kehittämät ratkaisut perustuvat edistykseen teknologiaan, jossa yhdistyvät perinteinen insinööriosaaminen sekä moderni, kestävä kehitysnojaava ajattelumalli. Hän myös totesi yrityksen uskovan, että tulevaisuudessa biokaasua voidaan hyödyntää energianlähteenä ta-

voilla, jotka ovat aiemmin vaikuttaneet mahdottomilta. Lisäksi yhteys- henkilö toi esiin BioVillen vision, jonka mukaan jokainen maatila ja paikallisyhteisö voisi tulevaisuudessa tuottaa omaa biokaasuaan ja myydä mahdollisen ylijäämäenergian alueellisille sähkö- ja lämpöverkostoille. (Mäki, E., henkilökohtainen tiedonanto, 2024.)

### 3 SUUNNITTELU

Suunnittelun alkuvaiheessa laitteelle asetetut tavoitteet olivat vielä hyvin yleisluonteisia. Tekniset rajat, mittatiedot ja tarkat toiminnalliset ratkaisut puuttuivat, ja ohjeistus painottui enemmän lopputulokseen kuin siihen, miten siihen tulisi päästä. Lähtökohtana oli suunnitella laite, joka kykenee käsittelemään liettelantaa niin, että siitä saadaan biokaasutuotantoon paremmin soveltuvaa materiaalia.

Suunnittelun edetessä tarkentuivat kaksi keskeistä toimintoa, joihin koko rakenne päätettiin keskittää: lietteen rakenteen mekaaninen hajottaminen sekä nesteen poistaminen massasta. Näiden tavoitteiden ympärille muodostettiin varsinainen tekninen ratkaisu, jonka pohjalta laitteisto kehitettiin.

#### 3.1 Suunnittelun rajat

Ensimmäisessä suunnittelupalaverissa käytiin läpi erilaisia laitemalleja, ideoita ja ehdotuksia. Keskustelun edetessä laitteelle asetettavat vaatimukset alkoivat tarkentua. Yksimielisesti päätettiin, että käsiteltävän lietemassan vesipitoisuuden on oltava korkeintaan noin 10 prosenttia massan kokonaismäärästä. Samoin sovittiin, että suurin sallittu raekoko massassa tulee olla korkeintaan 20 mm<sup>2</sup>.

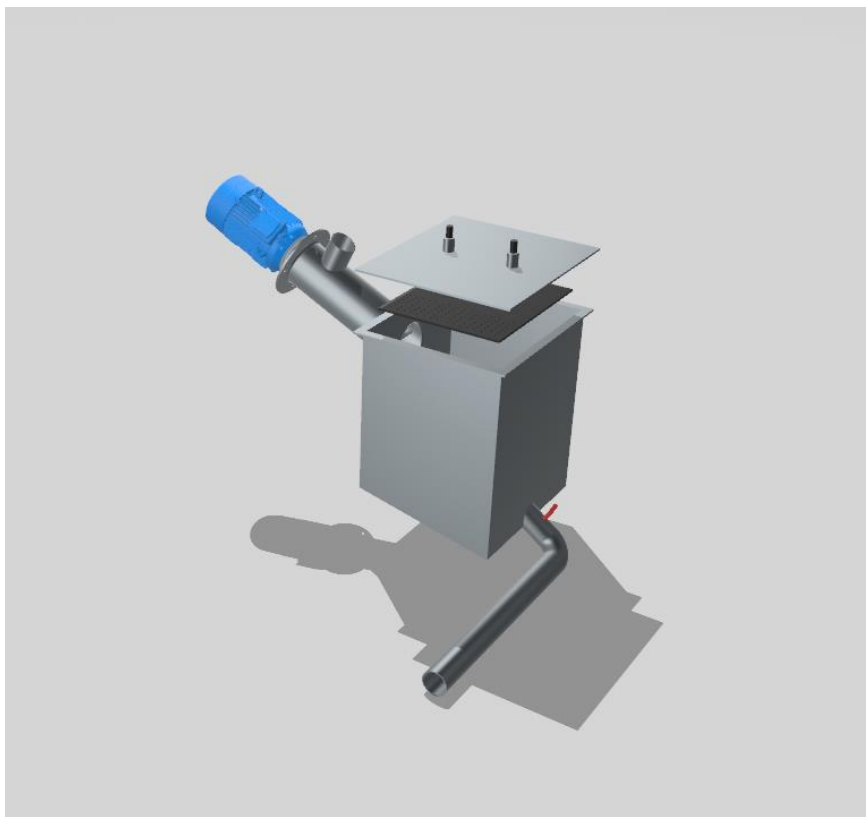
Näillä määrittelyillä pyrittiin varmistamaan laitteen toimintavarmuus erityisesti tilanteissa, joissa massa liikkuu putkistoissa. Mitä pienempi raekoko, sitä paremmin massa virtaa ja sitä pienempi riski on tukoksille ja seisokeille. Tämä parantaa laitteen luotettavuutta ja vähentää kunnossapidon tarvetta sekä käyttökustannuksia.

Laitteen kokoonpanon fyysiset rajat määritettiin siten, että kokonaisuuden suurin sallittu koko vastaa standardikokoisen merikontin päätyseinän mittoja—leveys 2,438 metriä ja korkeus 2,591 metriä. Tämä mah-

dollistaa järjestelmän kuljettamisen ja asentamisen standardoitujen kuljetusratkaisujen puitteissa, erityisesti merirahtiin soveltuviissa olosuhteissa. (Logistiikan Maailma, n.d.) Laitteen syvyyttä ei kuitenkaan vielä tässä vaiheessa rajattu tarkasti, sillä suunnittelu oli edelleen kesken ja eri komponenttien tilavaatimukset vielä hahmottumatta.

### 3.2 Hahmottelu

Laitteen hahmottelu aloitettiin suoraan CAD-ohjelmistossa. Alkuvaiheessa käytetyt materiaalit eivät olleet vielä standardoituja tai suoraan valmistuskelpoisia, vaan ensisijaisena tavoitteena oli löytää sopiva rakenne ja perusmuoto konseptille. Tärkeintä oli luonnostella laitteiston yleinen ulkoasu ja toiminnallinen logiikka ilman, että tuotannolliset rajoitteet vielä ohjaisivat suunnittelua.



**Kuva 2.** Ensimmäinen mallinnettu konsepti.

Ensimmäisessä mallissa (**kuva 2**) laitteen rakenne muodostui selkeästi kahdesta pääosasta: silppuriputkesta ja veden erotukseen tarkoitettusta osiosta. Silppuriputkea pyöritetään moottorin avulla lietemassan hienontamiseksi. Vedenpoisto-osio perustui alun perin pneumaattisiin männiin, joiden tarkoituksena oli painaa suodatinverkkoa alas haluttuun korkeuteen. Tämä ratkaisu osoittautui kuitenkin haastavaksi, koska vesipitoisuuden säätely pneumaattisilla männillä oli vaikeaa ja rajoitti säätömahdollisuuksia. Näin ollen suunnitteluprosessissa siirryttiin etsimään vaihtoehtoisia, modulaarisempia ratkaisuja vedenpoiston hallintaan.

### 3.3 Ideoita markkinoilta

Koska markkinoilta ei löytynyt täysin vastaavaa, kokonaisvaltaista laiteratkaisua, suunnittelun alkuvaihe osoittautui erityisen vaativaksi. Ilman valmiita esikuvia oli vaikeaa muodostaa lähtökohtia omalle suunnittelutyölle. Ensimmäisten hahmotelmien jälkeen tiimin jäsen löysi kuitenkin internetistä laitteen, joka oli suunniteltu lietelannan kuivaamiseen. Kyseisen laitteen toimintaperiaatteisiin perehtyminen auttoi ymmärtämään paremmin, millaisia ratkaisuja voitaisiin hyödyntää myös tässä projektissa.

Löydetty laite oli saksalaisen Bauer-nimisen yrityksen valmistama separaattori (**kuva 3**). Bauerin valmistama separaattori toimii syöttämällä lietelanta putkeen, jonka sisällä pyörii ruuvi. Ruuvi kuljettaa massan kohti putken päätä, jossa sijaitsevat säädettävät läpät. Nämä läpät estävät massan liian nopean poistumisen ja mahdollistavat paineen kasvattamisen putkessa. Läppien vastusta voidaan säätää painojen avulla: mitä enemmän painoja, sitä suurempi vastus ja tehokkaampi nesteen erotus. (Bauer, n.d.)

Bauerin separaattorissa lietelanta syötetään putkeen, jonka sisällä pyörii ruuvi. Ruuvi kuljettaa massan kohti putken päätä, jossa sijaitsevat säädettävät läpät. Nämä läpät estävät massan liian nopean poistumisen ja mahdollistavat paineen kasvattamisen putkessa. Läppien vastusta voidaan säätää painojen avulla: mitä enemmän painoja, sitä suurempi vastus ja tehokkaampi nesteen erotus. Putken seinämässä on suodatinverkko, jonka läpi ylimääräinen neste puristuu massasta ja johdetaan erilliseen keräysastiaan. Tämä teknologia osoittaa, että yksinkertaisilla mekaanisilla ratkaisuilla voidaan hallita sekä materiaalin liikumista että nesteen poistoa tehokkaasti ja säädettävästi. (Bauer, n.d.)



**Kuva 3.** Bauerin separaattori yksikkö. (bauer, n.d.)

## 4 TUOTANTOSUUNNITTELU

Tuotantovalmis malli edustaa suunnittelutyön kuudetta kehitysvaihetta. Se on tulosta pitkäjänteisestä ja yksityiskohtaisesta työstä, jonka tavoitteena on ollut luoda teknisesti toteuttamiskelpoinen sekä valmistuksen kannalta optimoitu kokonaisuus. Tämä versio toimitettiin BioVille Oy:lle arvioitavaksi siinä vaiheessa, kun kaikki kriittiset yksityiskohdat oli hiottu huolellisesti ja varmistettu vastaavan tilaajan odotuksia.

Osien suunnittelussa on alusta alkaen otettu huomioon valmistuksen realiteetit. Jokainen komponentti on suunniteltu niin, että sen koneistus ja hitsaus voidaan toteuttaa ilman erikoisratkaisuja tai monimutkaisia lisävaiheita. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että koneistaja ja levyseppähitsaaja voivat valmistaa osat suoraan mallin mukaisesti, mikä tukee sujuvaa siirtymää suunnittelupöydältä tuotantoon.

Tuotantovalmiuden saavuttaminen ei ole yksittäinen hetki, vaan merkki siitä, että suunnitteluprosessi on edennyt vaiheeseen, jossa suunnitelmat ja käytännön toteutus ovat linjassa keskenään. Tämä tarkoittaa, että malli on paitsi suunnittelullisesti valmis, myös teknisesti ja toiminnallisesti valmis siirtymään konkreettiseen valmistukseen ja jatkokehitykseen. Tällainen lähestymistapa on keskeinen osa samanaikaista suunnittelua, jossa eri toimintojen, kuten suunnittelun ja valmistuksen, integraatio vähentää tuotteen markkinoille saattamiseen kuluvaan aikaa ja parantaa tuotteen laatua. Samanaikainen suunnittelu mahdollistaa eri osastojen, kuten suunnittelun, valmistuksen ja markkinoinnin, työskentelyn rinnakkain tuotteen kehitysprosessin aikana, mikä tehostaa prosessia ja vähentää kustannuksia. (Engineering Product Design, 2024.)

## 4.1 Koneistus

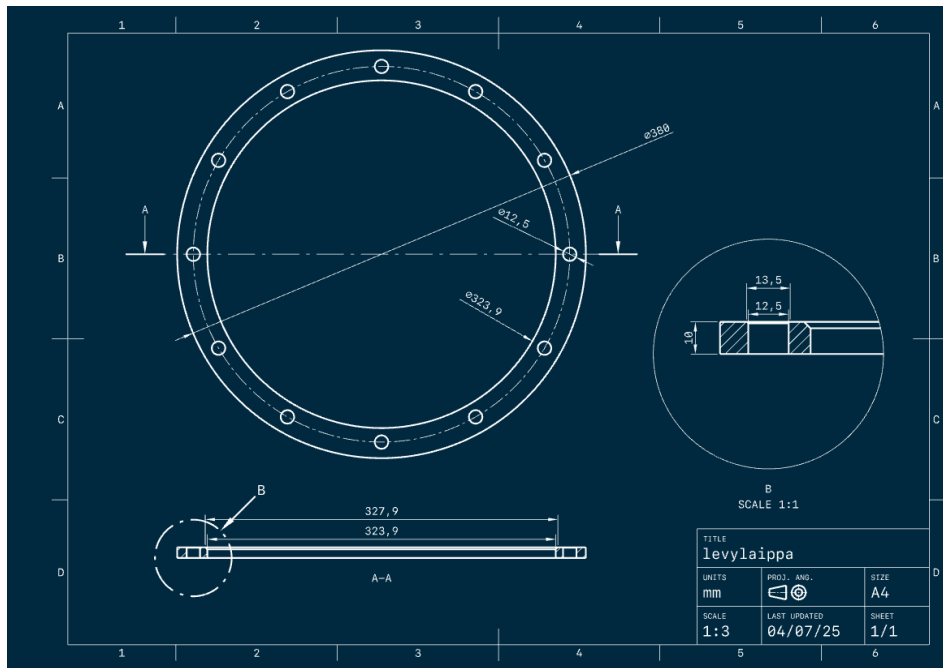
Lähes jokainen valmistettava kappale sisältää koneistettavia pintoja tai tarkasti muotoiltavia yksityiskohtia. Suunnittelun kantavana periaatteena on ollut yhdistää valmistettavuus ja kustannustehokkuus. Tietoisesti on vältetty sellaisia rakenteellisia ratkaisuja, jotka nostaisivat valmistuskustannuksia ilman merkittävää lisäarvoa lopputuotteen kannalta. Tämä lähestymistapa kuvastaa BioVille Oy:n sitoutumista järkevään ja vastuulliseen tuotantosuunnitteluun.

Tuotantoprosessin optimointi siten, että työvaiheet kuten sahaus, poraus, sorvaus ja hionta suoritetaan yhdellä työpisteellä, voi merkittävästi nopeuttaa valmistusta, vähentää virhemahdollisuuksia ja minimoida sisäisen logistiikan kustannuksia. Tämä lähestymistapa on linjassa solutuotannon periaatteiden kanssa, joissa samankaltaiset prosessit ryhmitellään yhteen soluihin tuotannon tehostamiseksi ja joustavuuden lisäämiseksi. Solutuotanto mahdollistaa nopeamman läpimenoajan, pienemmän varastotason ja paremman laadunvalvonnan, mikä tukee tehokasta ja kustannustietoista valmistusta. (Hovila, 2016.)

Putkielementtien päätyjen huolellinen viisteytys on olennainen osa hitsausprosessia, sillä se varmistaa kiinnityslaippojen tarkan asettumisen ja oikean asennon hitsauksen aikana. Viisteytys mahdollistaa paremman hitsin tunkeuman ja liitoksen lujuuden, mikä on kriittistä rakenteen pitkäaikaiselle toimintavarmuudelle. Pienetkin poikkeamat laipan asennossa voivat aiheuttaa epätasapainoa, mikä ajan myötä johtaa tiiviste-pintojen kulumiseen ja mahdollisiin vuotoihin. Näin ollen viisteytyksen tarkkuus ei ole vain esteettinen tai mekaaninen yksityiskohta, vaan keskeinen tekijä laitteen luotettavuuden kannalta. (Paul, 2023.)

Kiinnityslaippojen ruuviliitosten tarkat senkkaukset ovat olennaisia laitteen kestävyuden ja toimintavarmuuden kannalta (**Kuva 4**). Senkkaukset tehdään laserleikkauksen jälkeen ja juuri ennen kokoonpanoa, jolloin reikien viisteet viimeistellään pylväsporakoneella. Tämä menetelmä takaa mittatarkan ja yhtenäisen laadun, mikä vähentää huoltotarvetta

pitkällä aikavälillä. Tarkasti tehdyt senkkaukset mahdollistavat ruuvien kannan asettumisen materiaalin pinnan tasolle tai sen alapuolelle, mikä parantaa liitoksen lujuutta ja estetiikkaa. Lisäksi oikeanlainen senkkauksen kulman valinta varmistaa ruuvien pään ja materiaalin pinnan optimaalisen kosketuksen, mikä on tärkeää liitoksen kestävyyskannalta. (Essengold, 2024.)



**Kuva 4.** Koneistettava levylaippa.

## 4.2 Hitsaus

Hitsattaessa eripaksuisia teräsosia, kuten 5 mm:n seinämävahvuudella olevaa putkea ja 10 mm:n paksuista levylaippaa, vaaditaan huolellista suunnittelua ja tarkkaa lämmöntuonin hallintaa. TIG-hitsaus soveltuu hyvin tällaisiin tilanteisiin, koska se mahdollistaa energiansyötön tarkan säädön ja korkealaatuisen hitsin muodostamisen. Eripaksuisten osien liitoksissa oikeanlaiset hitsausparametrit ja lisäaineet ovat keskeisiä,

jotta saavutetaan optimaalinen mekaaninen kestävyys ja estetään ylikuumeneminen tai läpipalaminen ohuemmassa materiaalissa. (Ghosh ja muut, 2021.)

Ennen hitsausta putken pääty leikataan huolellisesti suoraksi ja viisteytetään, jotta laippa asettuu paikalleen saumattomasti. Vastaavasti levy-laipan reuna puhdistetaan epäpuhtauksista ja viisteytetään ennen liittämistä. Nämä toimenpiteet varmistavat hitsin jatkuvuuden ja rakenteellisen lujuuden. (Lincoln Electric, n.d.)

Materiaalien paksuusero vaatii hitsausmenetelmältä tarkkaa energiantuonnin säätöä. Ohuempi putki on alttiimpi ylikuumenemiselle ja läpipalamiselle, kun taas paksumpi laippa edellyttää riittävää tunkeumaa liitoksen mekaanisen kestävyuden varmistamiseksi. MIG- ja erityisesti TIG-hitsausmenetelmät soveltuvat hyvin tällaisiin tilanteisiin, koska ne mahdollistavat energiansyötön tarkan hallinnan. TIG-hitsauksessa pulsitoiminto auttaa hallitsemaan lämmöntuontia, mikä vähentää ylikuumenemisen riskiä ja parantaa hitsin laatua. (Miller Electric, 2021.)

Hitsaus toteutetaan ympärihitsauksena, etenevästi ja järjestelmällisesti, jotta liitoksen eheys säilyy koko rakenteessa. Putken ja laipan välinen sijainti kiinnitetään tarkasti jigien avulla, joka estää lämpölaajenemisen aiheuttamat siirtymät ja varmistaa, että geometria säilyy vakiona koko prosessin ajan. Hidas ja hallittu jäähdytys hitsauksen jälkeen on oleellinen vaihe, sillä se vähentää liitokseen syntyviä sisäisiä jännityksiä. Näin voidaan pienentää jälkikäsitteilyn tarvetta, säästää tuotantoaika ja pidentää rakenteen käyttöikää. (Axiom Heat Treatment, 2023.)

Lopuksi valmiin hitsin laatu tarkistetaan visuaalisesti sekä tiiveystestauksella, jotta varmistetaan liitoksen luotettavuus ja turvallisuus myös vaativissa käyttöolosuhteissa. Visuaalinen tarkastus paljastaa mahdolliset pintaviat, kuten huokokset, halkeamat tai muotovirheet. Tiiveystestaus osoittaa, täyttääkö hitsaus liitoksen tiiviysvaatimukset esimerkiksi paineistetussa järjestelmässä. Hitsaussauman sisäisten rakenteellisten virheiden tarkastaminen ei ole tarpeellista, sillä edeltävät testit kertovat

jo tarpeellisen laadun saavuttamisesta. Silmämääräinen tarkastus kuuluu jokaisen hitsarin perustaitoihin, ja koulutuksessa opitaan tunnistamaan, mittaamaan ja raportoimaan hitsausvirheet standardien mukaisesti. (Kauppi, 2019.)

### **4.3 Liittäminen**

Laitteen rakenne on jaettu loogisiin, selkeästi erottuviin yksiköihin, jotka liittyvät toisiinsa tarkoin mitoitetuilla ruuviliitoksilla. Kiinnitysratkaisut perustuvat vakiintuneisiin ja mekaanisesti testattuihin komponentteihin: pultteihin, muttereihin ja prikkoihin. Tavoitteena on ollut yhdistää valmistettavuus, kestävyys ja huollettavuus siten, että koko järjestelmä pysyy helposti koottavana ja purettavana. (Craig, 2009.)

Eryteisesti laippaliitokset muodostavat keskeisen osan laitteen kokoonpanosta. Laippaliitos koostuu kahdesta toisiinsa liitettävästä laipasta, niiden väliin asennettavasta tiivisteestä sekä kiinnityselementeistä – ruuveista, muttereista ja aluslevyistä. (Vuorela, 2020.) Käytetty kahdentoista pultin jako takaa tasaisen puristusvoiman koko liitospinnan alueella, parantaen tiiviyyttä ja rakenteellista kestävyyttä vaativissa käyttöolosuhteissa.

Aiemmissä suunnittelumalleissa käytettiin ohjuri-elementtejä osien asemoimisen varmistamiseksi kokoonpanon aikana. Kehitystyön edetessä niistä kuitenkin luovuttiin, kun havaittiin, että tarkasti suunnitellut pulttijaot ja valmistustoleranssit mahdollistavat riittävän tarkan kohdistuksen ilman erillisiä ohjaimia. Tämä lähestymistapa vastaa mekaanisen suunnittelun peruseriaatteita, joiden mukaan yksinkertainempi kokoonpano ja vähemmän komponentteja parantavat järjestelmän tuotantotehokkuutta, luotettavuutta ja huollettavuutta. (Craig, 2009.)

Koska kyseessä on liitäntä, jota avataan ja suljetaan toistuvasti esimerkiksi huoltojen yhteydessä, liitospinnat altistuvat mekaaniselle rasituk-

selle ja kulumiselle. Tämän vuoksi tiiviste on vaihdettava jokaisen huoltotoimenpiteen yhteydessä. Tiivistepaperi mukautuu liitospinnan epätasaisuuksiin ja palauttaa liitoksen alkuperäisen tiiviiden. Tämä ehkäisee vuotoja ja varmistaa järjestelmän turvallisen ja tehokkaan toiminnan myös pitkäaikaisessa käytössä. (INOX-TEK, 2023.)

## 5 LAITTEEN TOIMINTAPERIAATE

Laitteen rakenne jakautuu kahteen selkeästi erilliseen pääosaan: silppuriin ja puristimeen. Näillä yksiköillä on toisistaan poikkeavat toimintaperiaatteet ja teknologiset lähtökohdat.

Puristin perustuu vakiintuneeseen kuivuriteknologiaan, joka on yleisesti käytössä nestemäisten ja kiinteiden faasien erottelussa. Sen toiminta nojaa ruuvikuljettimen ja säädettävän vastusläpän yhdistelmään, joiden avulla hallitaan sekä puristustehoa että nesteen erotuskykyä.

Silppuri sen sijaan on kehitetty ilmiöpohjaisen suunnittelun kautta. Sen toimintalogiikka muistuttaa vastakierrepotkurin toimintaa, jossa vastakaisiin suuntiin asennetut terät synnyttävät materiaaliin vaihtelevan virtauksen ja rytmisen paineenvaihtelun. Tämä optimoi virtauksen kulun ja tehostaa hienonnutusprosessia merkittävästi.

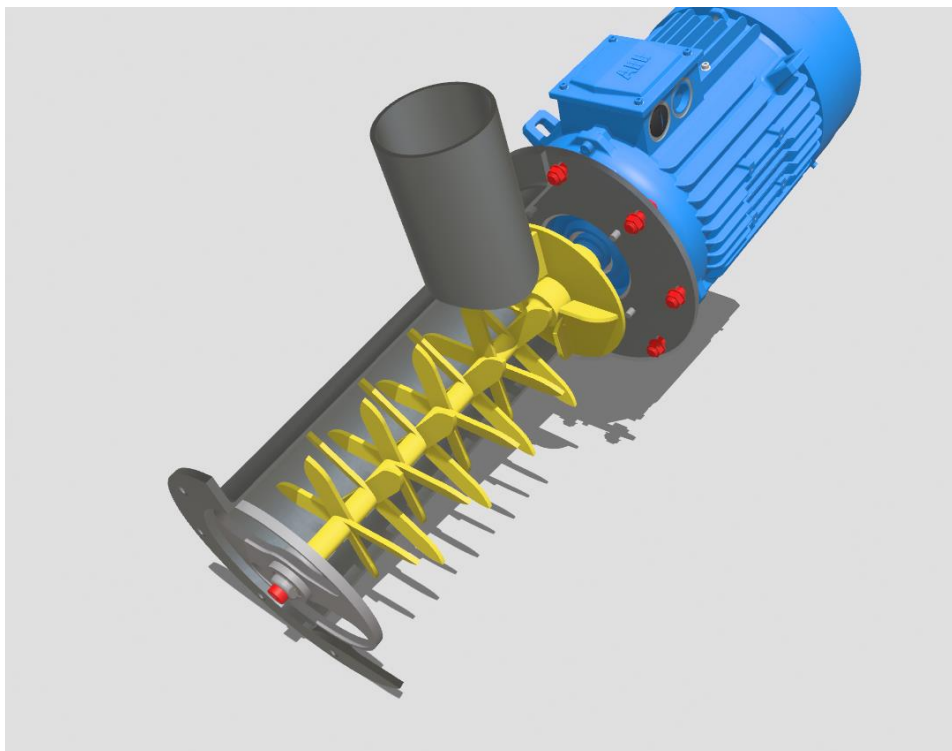
Tämän jaottelun ansiosta laite yhdistää sekä käytännönläheisen tuotekehityksen että fysiikkaan perustuvan optimoinnin, mahdollistaen tehokkaan ja luotettavan materiaalinkäsittelyprosessin.

### 5.1 Silppuri

Silppurin inspiraationa toimi vastakierrepotkuri, jota on käytetty erityisesti meriteollisuudessa. Potkurin rakenne hyödyntää edellisen laparivin aiheuttamaa virtauksen pyörteisyyttä energiatehokkuuden lisäämiseksi. Tässä ratkaisussa samaa periaatetta hyödynnetään kiinteässä, virtaavassa lietemassassa ilman, että järjestelmä tarvitsee ylimääräistä energiansyöttöä tai liikkuvia ohjauselementtejä. (Jukola & Ronkainen, 2006.)

Märkä lietalanta syötetään poikittain putken yläosasta silppuriin (**Kuva 5**). Ensimmäinen terärivi on asetettu 10 asteen kulmaan pyörimissuuntaan nähden, jolloin terät ohjaavat massaa hallitusti alaspäin. Tämä luo massaan tasaisen paineen ja liikkeen kohti alempia terätasoja.

Heti ensimmäisen terärivin jälkeen massaa kohtaa toinen terärivi, joka on kallistettu päinvastaiseen suuntaan, noin 5 asteen kulmaan. Tämä vastakkaisten kulmien yhdistelmä saa aikaan jatkuvaa paineenvaihtelua lietteessä. Se hidastaa ja kiihdyttää massan liikettä vuorotellen, mikä pidentää viipymäaikaa silppurissa ja parantaa hienonnuksen tehokkuutta. Tämän seurauksena massa pilkkoutuu tasaisemmin, eikä suuria kappaleita pääse siirtymään puristusvaiheeseen käsittelemättöminä.

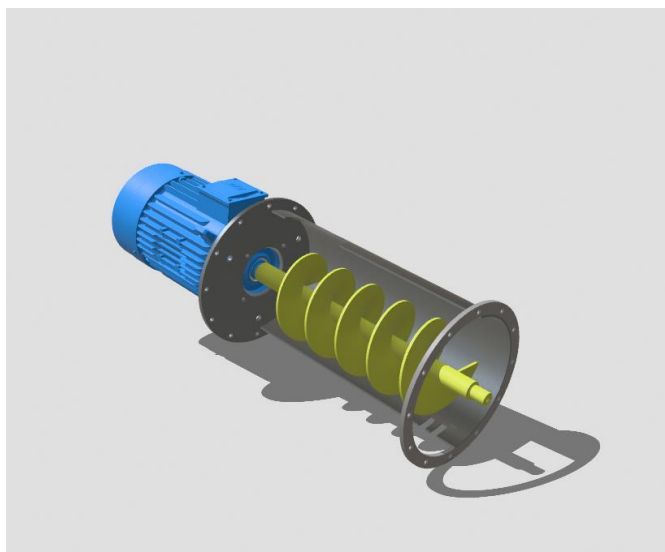


**Kuva 5.** Lopullisen konseptin silppuriosio.

Tulevaisuudessa silppuriin voidaan integroida älykkäitä antureita, jotka mittaavat esimerkiksi massan kosteutta, partikkelikokoa ja virtausnopeutta reaaliaikaisesti. Näiden tietojen avulla silppurin toimintaa voisi säätää automaattisesti optimaaliseen tehoon, jolloin energiatehokkuus ja tuotannon tasalaatuisuus paranevat edelleen.

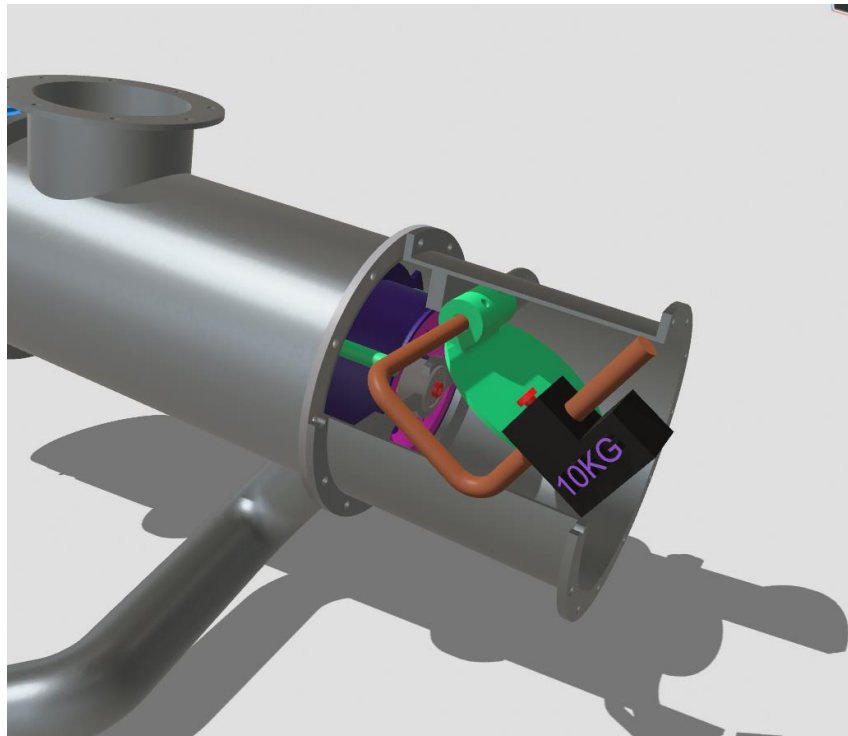
## 5.2 Puristin

Puristin on suunniteltu erottelemaan tehokkaasti neste silputusta liete-massasta ennen biokaasuprosessia. Kun massa etenee silppurista puris-timeen, se kulkeutuu kairan avulla putken sisällä kohti laitteen päätä. (**Kuva 6.**) Kaira varmistaa, että massa liikkuu tasaisesti ja jatkuvasti kohtivastusta.



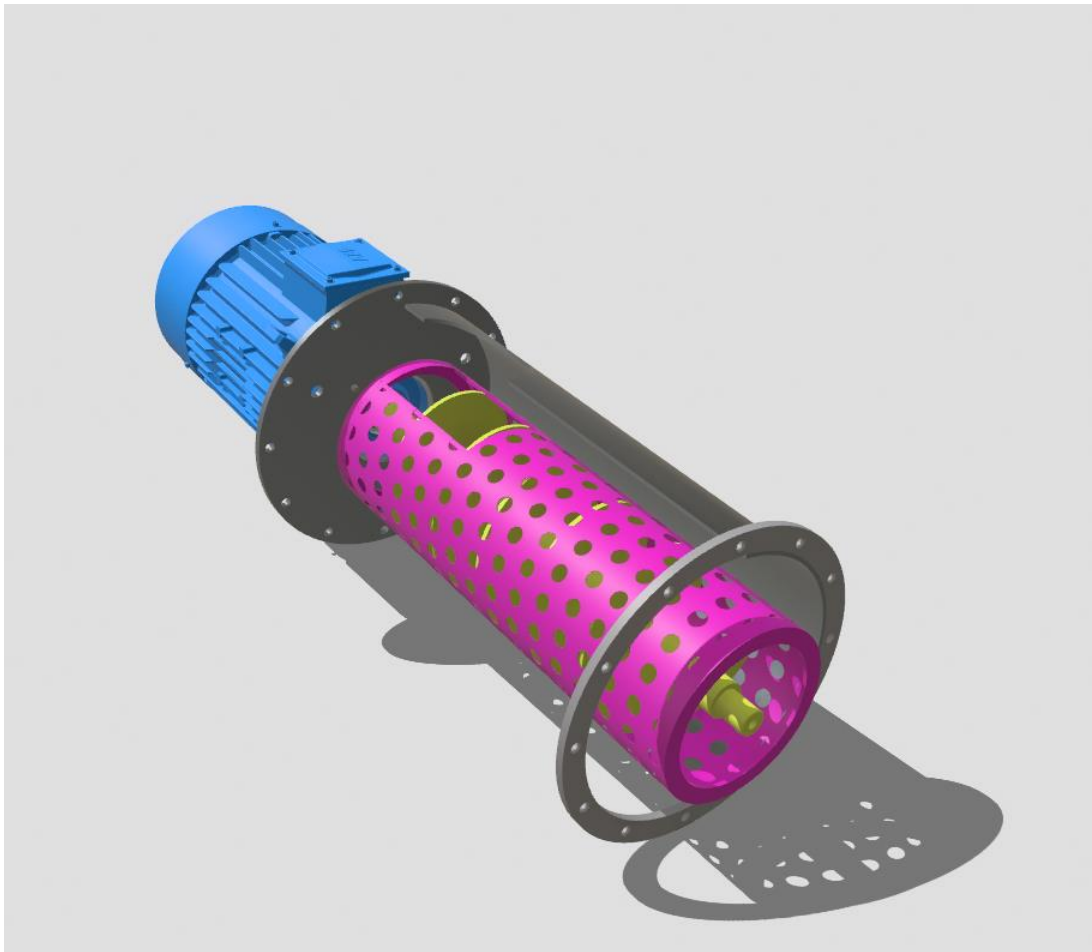
**Kuva 6.** Lopullisen konseptin malli puristimesta, vain kaira ja runko.

Putken päässä sijaitsee säädettävä läppä (**Kuva 7**), jonka vastusta voidaan muokata painoja lisäämällä tai siirtämällä niitä vipumaisessa varressa. Mitä enemmän painoja, sitä suurempi vastus ja sitä tehokkaampi nesteen erotus. Mikäli painoja ei ole, läppä ei tarjoa riittävää vastusta, jolloin puristusteho jää heikoksi eikä neste erotu tehokkaasti massasta.



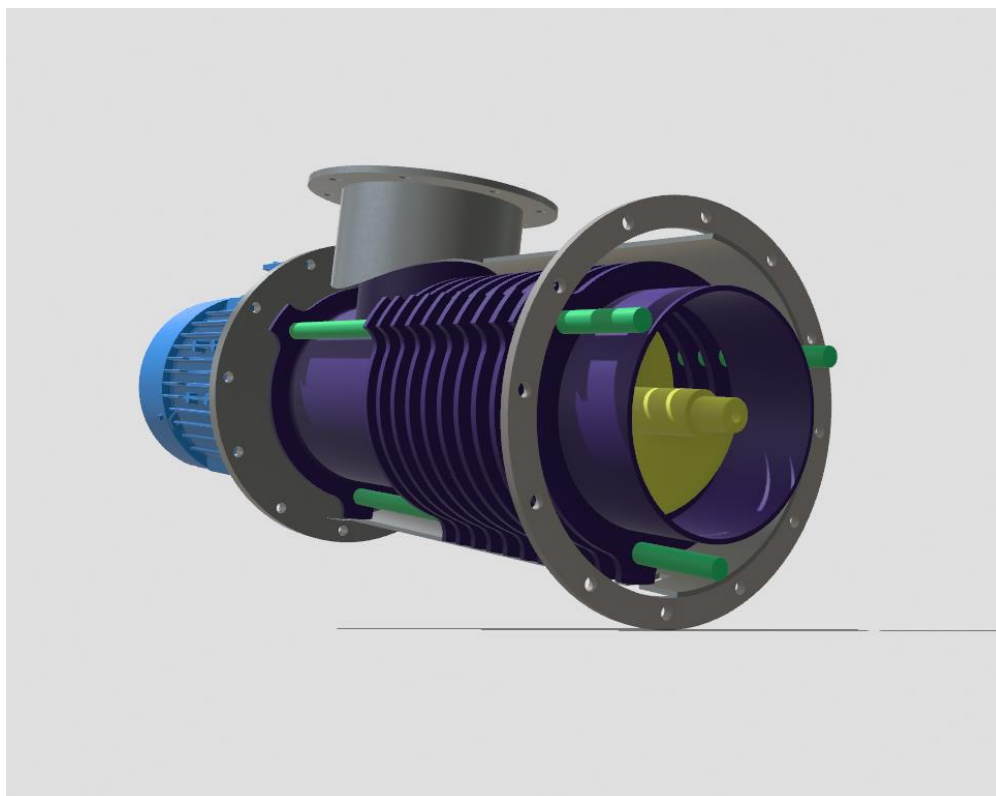
**Kuva 7.** Vastusläppä.

Kun lietemassaa kertyy putkeen riittävästi, syntyy paine, joka pakottaa ylimääräisen nesteen ulos. Neste poistuu putken seinämässä olevan pu-notun teräsverkon kautta. Verkon rakenne sallii nesteen läpäisyn mutta pitää kiinteän aineksen sisällään. Neste valuu painovoimaisesti verkon toisella puolella sijaitsevaan keräyskaivoon, josta se voidaan ohjata joko varastosäiliöön tai jatkokäsittelyyn.



**Kuva 8.** Punottu teräsverkko, "suodatinhylsy".

Punotusta teräsverkosta ja levyn teräs kauluksista koostuva suodatinhylsy (**Kuva 8**) on materiaaliltaan kevyt ja joustava, mutta samalla rakenteellisesti heikko. Tämän vuoksi sen tueksi on suunniteltu erillinen tukirakenne (**kuva 9**), joka koostuu levyistä, putkielementeistä ja akseleista. Tukirakenne varmistaa, että suodatin säilyttää muotonsa ja kestää käsittelyprosessin aikana syntyvän paineen.



**Kuva 9.** Tukirakenne.

Tulevaisuuden kehityssuunnitelmiin kuuluu myös puristimen älykkäiden ominaisuuksien lisääminen. Antureilla voitaisiin jatkuvasti mitata massan kosteutta ja säätää läpän vastusta automaattisesti optimaalisen nesteenpoiston saavuttamiseksi. Tämä olisi erityisen hyödyllistä silloin, kun syötettävän massan koostumus vaihtelee.

Lisäksi BioVille kehittää puristimesta modulaarista versiota, jonka eri osat voidaan helposti vaihtaa ja räätälöidä eri käyttötarkoituksiin – esimerkiksi suurille maatiloille, kyläyhteisöihin tai mobiiliyksiköihin. Tällaiset siirreltävät yksiköt mahdollistaisivat jalostusyksikön käytön ilman kiinteää infrastruktuuria.

Pitkällä aikavälillä puristimessa erotettu neste voitaisiin myös hyödyntää uudelleen esimerkiksi hydroponisissa viljelyjärjestelmissä. Tämä mahdollistaisi entistä kokonaisvaltaisempia ja suljetumpia kiertotalousratkaisuja, joissa biokaasun tuotanto ja ravinnekierto yhdistyvät saumattomasti.

## 6 KOKOONPANO

Kokoonpanoa mietittiin jatkuvasti, kun jokaista osaa suunniteltiin. Osia kuluu, hajoaa tai tukoksia saattaa tulla. Siksi oli tärkeää, että jokainen komponentti oli paitsi toimiva, myös helposti vaihdettavissa ja huollettavissa. Rakenteen piti olla looginen, mutta samalla joustava – sellainen, että mahdolliset viat voitaisiin paikantaa nopeasti ja korjata ilman koko järjestelmän purkamista.

Suunnittelussa ei pyritty vain täydellisyyteen, vaan kestävyys ja käytännöllisyyteen. Jokainen liitos, jokainen mutteri ja jokainen tiiviste käytiin läpi moneen kertaan. Mikäli jokin kohta vaikutti epävarmalta, se palasi takaisin piirustuspyöydälle. Tavoitteena ei ollut rakentaa vain toimivaa kokonaisuutta, vaan jotain, joka kestää aikaa ja käyttöä.

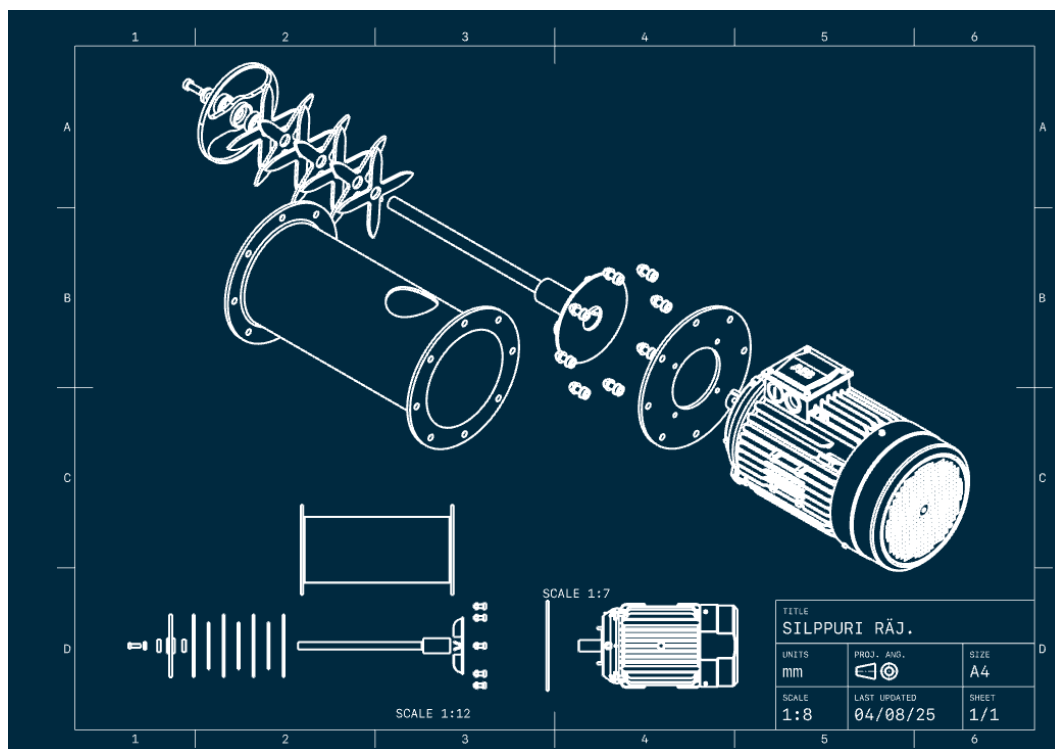
### 6.1 Silppuri

Koko silppuriosuuden kokoonpano on suunniteltu rakenteellisesti yksinkertaiseksi, jotta huoltotoimenpiteet ja purkaminen olisivat mahdollisimman tehokkaita ja selkeitä suorittaa (**kuva 10**). Purkujärjestys aloitetaan avaamalla moottorin pidikelevyn kiinnitysruuvit, jotka pitävät moottorin paikallaan ja silppurin akselin kiinni moottorissa. Kun nämä ruuvikiinnikkeet on irrotettu, voidaan moottori helposti nostaa pois yhdessä moottorin laipan kanssa. Kyseinen laippa on kiinnitetty moottoriin sisäpuolelta ruuviliitoksilla.

Seuraavaksi suoritetaan silppurin akselin irrotus. Tämä akseli on suunnitteluratkaisun mukaisesti varustettu levyterillä, jotka on kiinnitetty akseliin hitsaamalla varmistaen terien pysyvyyden ja toimintavarmuuden pitkäaikaisessa käytössä. Akselin moottorin päähän liitetään myös moottorin akselin läpivientiä suojaava levy, jossa pienet korvakkeet luovat virtausta kohti teriä. Akselin irrotus tapahtuu yksinkertaisesti vetämällä, mutta ennen tätä toimenpidettä on irrotettava moottorin vastakkaisessa päässä oleva päätypultti. Kyseinen pultti pitää akselin kiinni

päätykappaleessa, johon on hitsattu laakeripesä. Tämän pultin irrottamisen mahdollistamiseksi on ensin poistettava koko silppurin putki liitoskäyrästä.

Koska tämä purkamisen mahdollistava suunnitteluratkaisu vaatii koko runkoputken irrottamista, tulee huollossa ottaa huomioon myös tämä vaihe. Putken irrotus tapahtuu avaamalla putkiston kurvin ja varsinaisen silppuriputken välisen pultti-mutteriliitoksen, jonka jälkeen putki voidaan helposti poistaa paikaltaan. Tämä suunnittelun ratkaisu takaa akselin paikallaan pysymisen mutta hankaloittaa huoltoa. Tähän malliin päädyttiin siksi että silppurin akselin vaihtamisen aikaväli on todella pitkä. Lyhyen aikavälin ”tyhjäksi ajo”- huolto, tarkoittaa vain veden syöttämistä koko yksikön läpi ja sillä tavalla huuhtomalla mahdolliset sakkaumat pois putken reunamilta.



**KUVA 10.** Silppurin räjäytyskuva.

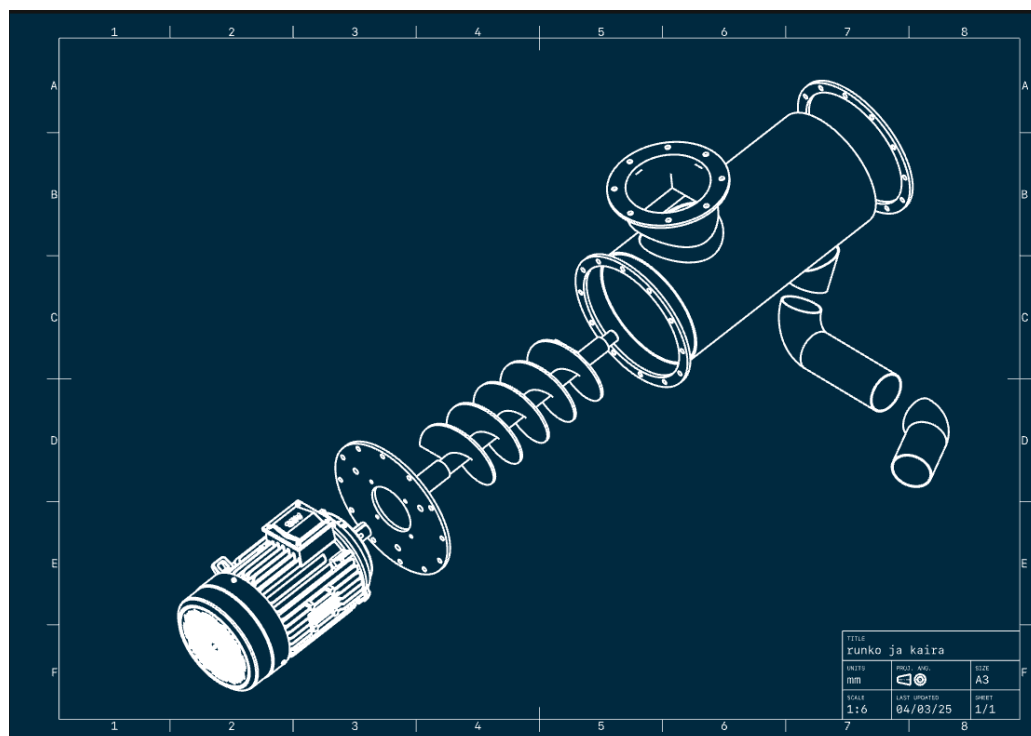
## 6.2 Puristin

Puristinkokonaisuus on itsessään kooltaan huomattavan suuri ja monimutkainen rakenteellinen kokonaisuus. Tämän vuoksi sen esittelyn ja ymmärrettävyyden parantamiseksi puristinkokonaisuus on esitetty jaettuna kolmeen selkeästi eriteltyyn pienempään osakokonaisuuteen.

Nämä osakokonaisuudet ovat runko ja kaira, suodatinhylsy sekä vastuskammio. Jokainen näistä osakokonaisuuksista käsitellään erikseen ja yksityiskohtaisesti, jotta kokonaisuudesta saadaan selkeämpi ja kattavampi kuva.

### 6.2.1 Runko ja kaira

osioon kuuluu moottori, moottorin kiinnityslevy, kaira, kurvin liitântäputki, separoituneen nesteen ohjausputki, puristimen runkoputki ja levylaippoja (**kuva 11**).



**Kuva 11.** Runko ja kaira, räjäytyskuva. CAD

Tässäkin kokoonpanomallissa laitteen purkaminen alkaa irrottamalla moottorin kiinnikkeenä toimiva levy. Levy on kiinnitetty pultein ja mutterein runkoputkeen hitsattuun laippaan. Kun edeltävä vaihe on suoritettu, voi kairan vetää pois putkesta, kunhan vastuskammiossa sijaitseva pultti on avattu. Kurvin liitäntäputki on lyhkäinen ja hitsattu paikallensa runkoputkeen sillä työtilaa on varsin riittävästi päädyn ollessa auki. Putken alaosassa sijaitsee separoituneen nesteen poistoputki. Putki on yhteen hitsattu ensin paloista ja sittemmin hitsattu runkoputken pohjaan, jossa kaivomainen säleikkö sijaitsee.

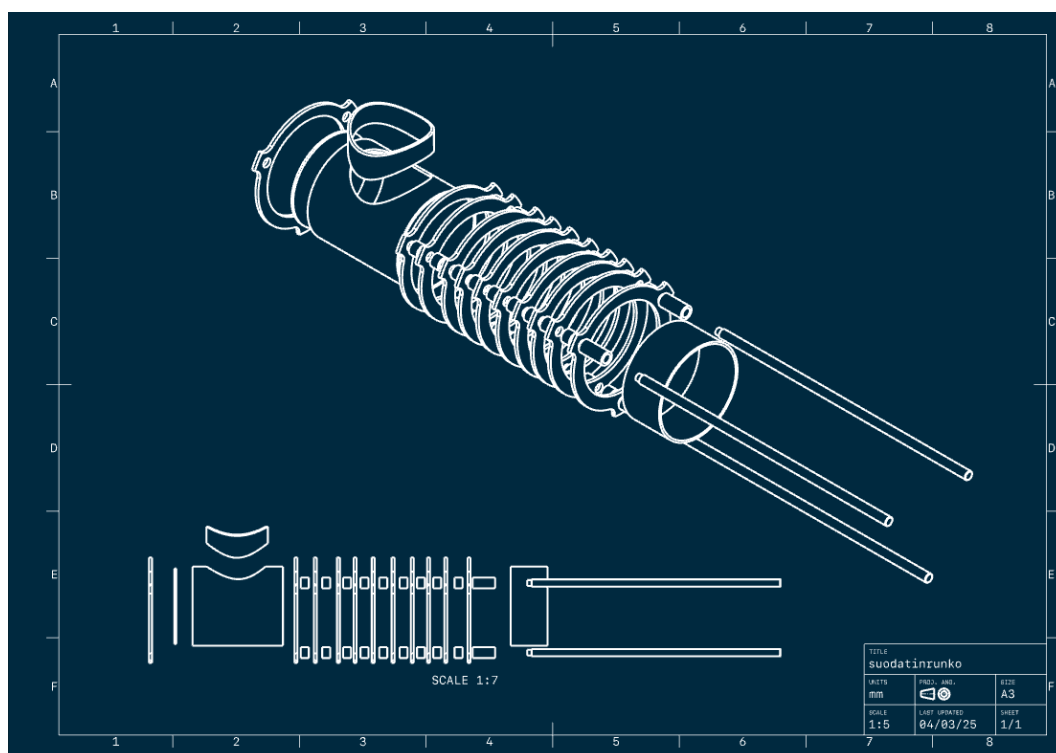
### 6.2.2 Suodatin

kootaan yhtenäiseksi, sisään asetettavaksi komponentiksi käyttämällä palasta punottua teräsverkkoa ja mankeloituja levyn palasia (**kuva 12**). Osat liitetään toisiinsa pistehitsausmenetelmällä, joka on valittu erityisesti siksi, että sen avulla voidaan välttää suurien hitsausaumojen syntyminen. Pistehitsauksella muodostetut saumat jäävät erittäin tasaisiksi ja sileiksi, minkä vuoksi rakenteeseen ei synny ylimääräisiä kynnyksiä tai epätasaisuuksia. Tällainen rakenne helpottaa merkittävästi hylsyn asentamista paikalleen vähentämällä kitkaa ja parantamalla sovitusta. Lopputuloksena on rakenteellisesti kestävä ja toiminnallisesti optimaalinen kokonaisuus, joka parantaa laitteen suorituskykyä ja käyttöikä.



**Kuva 12.** Suodatinhylsy kokonaisena.

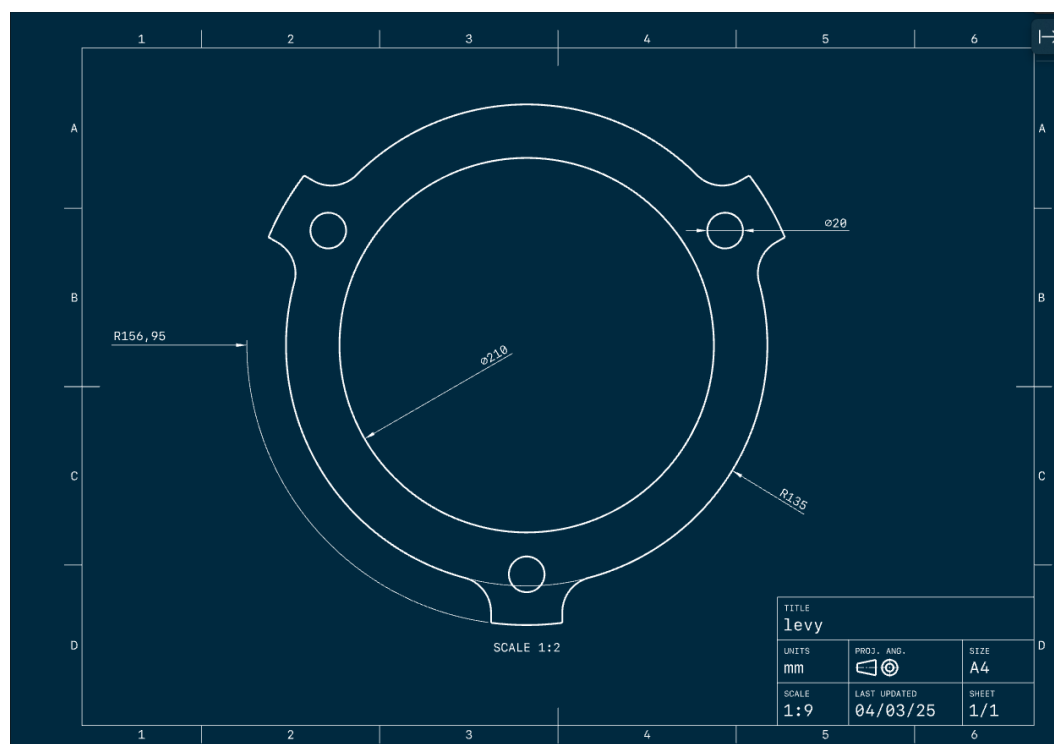
Suodatinhylsy ei yksinään kykene säilyttämään muotoaan tai pysymään vakaasti paikallaan ilman asianmukaisesti suunniteltua tukirakennetta. Koska suodatinhylsyn käyttöikä on suhteellisen lyhyt, on järkevää suunnitella tukirakenne erilliseksi komponentiksi, jolloin suodatinhylsyn vaihtaminen ja ylläpito on helppoa ja kustannustehokasta. Suodatinhylsyn tukirakenne on suunniteltu sylinterimäiseksi, ja sen mitat sekä muoto on tarkasti sovitettu vastaamaan runkoputken sisähalkaisijaa. Näin varmistetaan, että rakenne istuu tukevasti paikallaan ilman välyksiä, parantaen samalla suodatinhylsyn kestävyyttä ja toimintavarmuutta prosessin aikana.



**Kuva 13.** suodattimen tukirakenteen räjäytyskuva.

Tukirakenne (**kuva 13**) koostuu yhteensä yhdestätoista erityisen muotoisesta levykappaleesta (**kuva 14**). Jokaisessa levyssä on useita reikiä, joista uloimmat on suunniteltu keskittämisakseleille. Keskittämisakse-

leiden avulla varmistetaan rakenteen tarkka kohdistus ja vakaa kiinnitys. Lisäksi levyissä on suuri keskireikä, johon suodatinhylsy asetetaan rakenteen ollessa koottuna. Tämän ratkaisun avulla hylsyn asettaminen ja vaihtaminen on helppoa ja nopeaa. Tukirakenteen modulaarinen rakenne mahdollistaa hylsyn vaihtamisen ilman, että koko rakennetta täytyy purkaa tai siirtää pois paikaltaan, mikä säästää aikaa ja vähentää huoltotoimenpiteisiin liittyviä kustannuksia.



**Kuva 14.** Tukirakenteen levykappale.

Sisäputki ja sen kyljessä oleva kaulus liitetään toisiinsa hitsaamalla, mikä varmistaa rakenteen jäykkyyden ja kestävyuden. Lisäksi samaan sisäputkeen hitsataan kaksi ensimmäistä levykappaletta. Näiden levykappaleiden keskellä oleva sisäreikä on suurempi, jotta putki voidaan asettaa helposti paikalleen ja hitsata tarkasti. Putken pätyyn, sisäpuolelle, hitsataan lisäksi toinen levykappale, jossa on kairan istukan mentävä keskireikä. Hitsaus tehdään sisäpuolelta, jolloin sauma jää siistiksi ja rakenteellisesti vahvaksi.

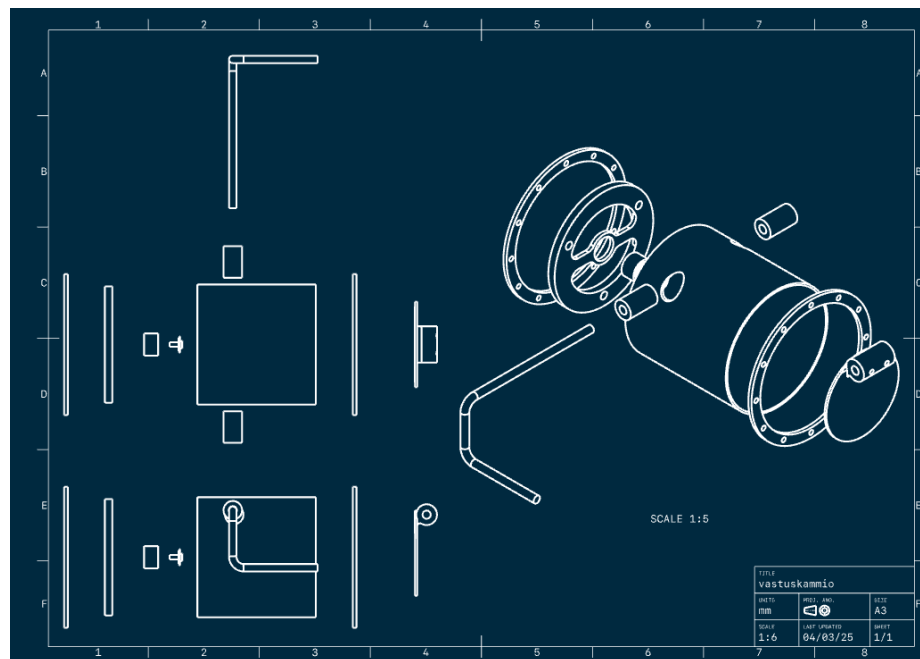
Levykappaleet pidetään oikeassa asemassa ja tarkalla etäisyydellä toisistaan käyttämällä suurta määrää välikappaleita. Kaikkien välikappaleiden pituus on yhdenmukainen, lukuun ottamatta viimeistä välikappaleriviä. Viimeinen holkki on suunniteltu puristumaan vasten puristuskammion levyä, jolloin se varmistaa koko rakenteen paikallaan pysymisen käytön aikana.

Ohjausakselit hitsataan kiinteästi kiinni kahteen ensimmäiseen levykappaleeseen. Akselien päiden halkaisijat on sorvattu pienemmiksi, jotta ne sopivat läpi päätylevyistä molemmista päistä, varmistaen akselien tarkan kohdistuksen. Nämä ohjausakselit ovat myös ainoat komponentit tässä kokoonpanossa, jotka vaativat erillisen karkaisukäsittelyn sorvauksen jälkeen. Karkaisukäsittely varmistaa akselien kestävyiden ja mittapysyvyyden. Tämä on erityisen tärkeää siksi, että samaa tukirakennetta voidaan käyttää useissa huoltosykleissä ilman riskiä osien mitta- ja muutosmuutoksista tai vääntymisestä, mikä voisi aiheuttaa kokoonpanon sovituss ongelmia.

Viimeiseen levykappaleeseen hitsataan kiinni putki, jonka tehtävä on ohjata massaa kohti vastusläppää. Tämä ratkaisu on tarpeellinen, koska suurimmat kairan aiheuttamat voimat kohdistuvat nimenomaan tukirakenteen loppupäähän. Pelkkä suodatinhylsy ja tukirakenne ei kestäisi näitä voimakkaita kuormituksia ilman muodonmuutoksia, joten hitsattu ohjausputki toimii keskeisenä tukirakenteena varmistaen laitteen kestävyiden, pitkäikäisyyden ja toimintavarmuuden.

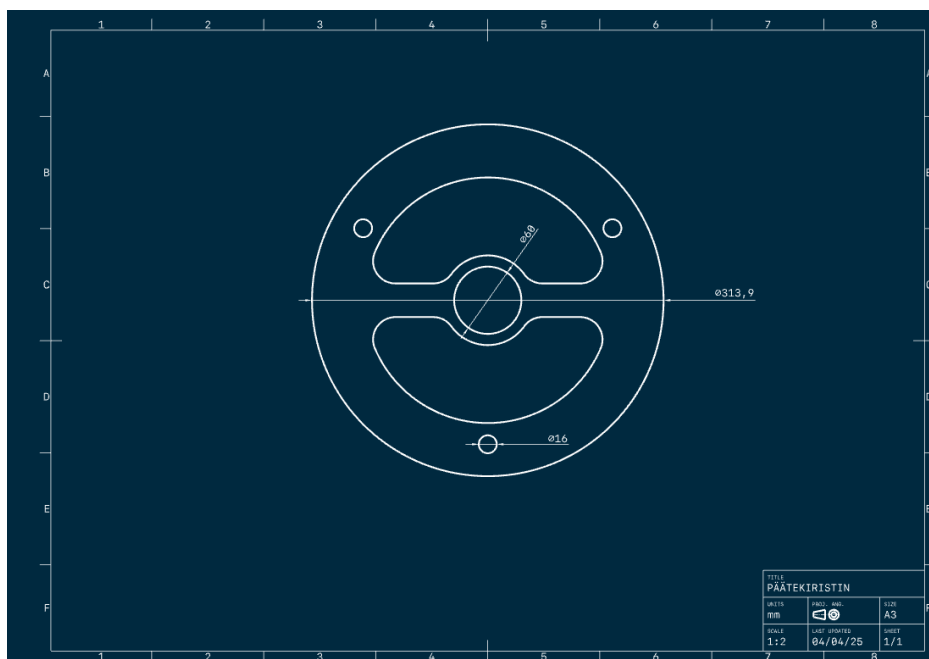
### **6.2.3 Vastuskammio**

Rakenteeseen liitettävä kriittinen komponentti, jonka ensisijaisena tehtävänä on tuottaa säädettävää mekaanista vastusta kairan eteenpäin työntämälle massalle. Lisäksi se toimii suodatinkasetin lukitusmekanismi, varmistaen suodatinhylsyn pysymisen paikoillaan laitteen käytön aikana (**kuva 15**).



**Kuva 15.** Vastuskammion räjäytyskuva.

Kammio rakentuu sylinterimäisestä runkoputkesta, jonka sisäpuolelle on hitsattu päätylevy (**kuva 16**). Tämä levy toimii useassa eri roolissa. Ensinnäkin se lukitsee ohjausakselit paikalleen, toiseksi siihen on hitsattu valmiiksi valmistettu laakeripesä. Laakeripesään upotetaan suuri laakeri, joka tukee kairaa ja ylläpitää sen aksiaalista linjausta käytön aikana. Näin ollen levy ei toimi ainoastaan mekaanisena kiinnityspintana, vaan myös tärkeänä osana koko järjestelmän kuormankantorakennetta.



**Kuva 16.** Vastuskammion päätylevy (sisällä).

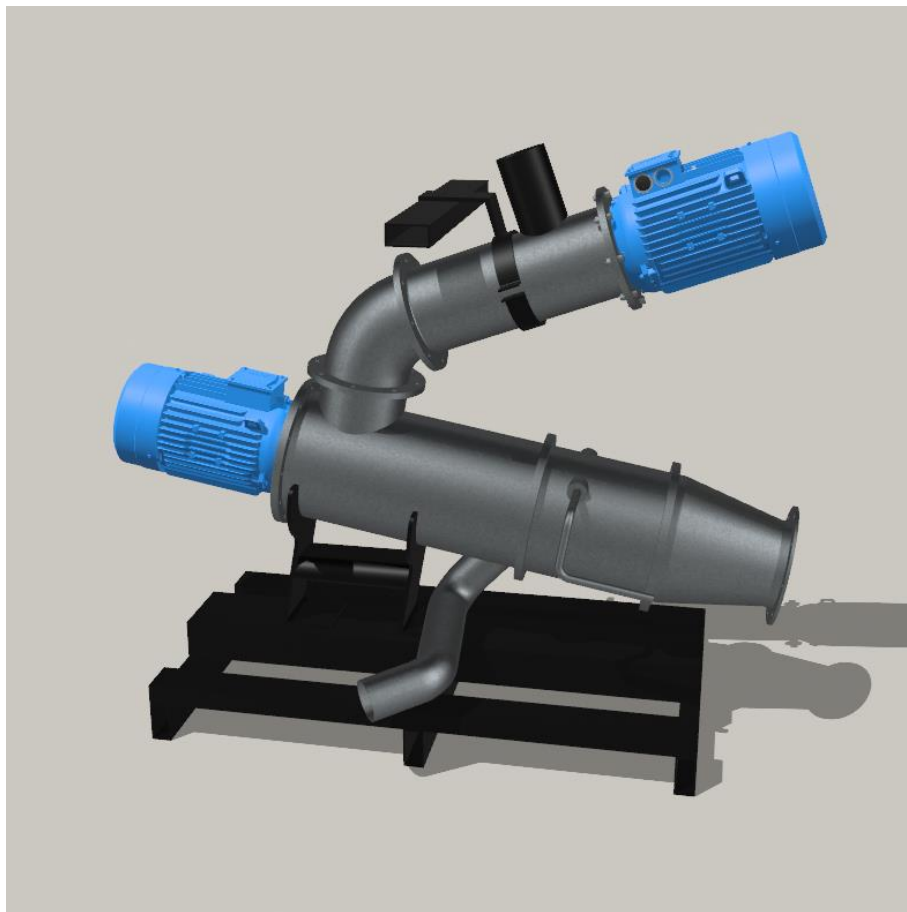
Ennen kokoonpanoa runkoputkeen porataan vinossa kulmassa kaksi reikää, joihin hitsataan metalliholkit. Nämä holkit muodostavat tuen vastusläppäarakenteelle. Kun holkit ovat paikoillaan, niiden väliin asennetaan varsinainen vastusläppä. Lämpö kiinnittyy vipumaiseen akseliin kahdella pultilla, joka työnnetään läpi molempien holkkien sekä itse läpän. Vipumainen muoto mahdollistaa läpän manuaalisen säädön.

Runkoputken molempiin päihin kiinnitetään levylaipat hitsaamalla. Näiden avulla koko vastuskammio voidaan liittää kiinteästi muuhun laitteen runkoon. Laipat varmistavat liitoksen mekaanisen jäykkyyden ja mahdollistavat kammion nopean irrotuksen huoltoa tai tarkastusta varten.

## 7 LOPPUTULOS

Opinnäytetyön tuloksena syntyi laitekoncepti, joka on teknisesti toteuttamiskelpoinen ja joka tarjoaa konkreettisen ratkaisun biokaasun tuotannon haasteisiin. Suunnittelussa yhdistyivät käytännönläheisyys ja ilmiöpohjainen ajattelu. Lopputuloksena (**kuva 17**) syntynyt esikäsittelyyksikkö voi parantaa biokaasulaitoksen toimintavarmuutta, vähentää huoltotarvetta ja tukea kestäväen energiantuotannon kehitystä.

Tämä työ toimii perustana mahdolliselle jatkokehitykselle, jossa laite voidaan testata käytännössä ja skaalata eri käyttöympäristöihin. Lisäksi työ tarjoaa esimerkin siitä, miten suunnitteluprosessi voidaan toteuttaa pienessäkin organisaatiossa niin, että lopputulos täyttää sekä tekniset että taloudelliset vaatimukset.



**Kuva 17.** Lopullinen konsepti kokonaisena.

## 8 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin ja kehitettiin lietalannan jalostusyksikkö biokaasulaitoksen käyttöön. Työn tilaajana toimi BioVille Oy. Työn tavoitteena oli luoda laite, joka tehostaa lietteen esikäsitelyä ennen varsinaista biokaasuprosessia. Suunnitteluratkaisun tuli olla kustannustehokas, huollettava, helposti valmistettava ja toimintavarma.

Laitteen rakenne koostuu kahdesta pääosasta: silppurista ja puristimesta. Silppurin tehtävänä on hajottaa lietteen suuret partikkelit tasaisemmaksi massaksi, kun taas puristin poistaa ylimääräisen nesteen ennen biokaasuprosessia. Nämä kaksi toimintoa muodostavat yhdessä jalostusyksikön, joka parantaa orgaanisen aineksen tasalaatuisuutta ja lisää koko laitoksen tehokkuutta. Laitteen toiminta perustuu yksinkertaisiin, mutta tarkkaan harkittuihin mekaanisiin periaatteisiin. Esimerkiksi silppurin terärivien asettelussa hyödynnetään vastakierrepotkurin kaltaista paineenvaihtelun logiikkaa, mikä parantaa pilkkomisen tehokkuutta ilman, että tarvitaan lisäenergiaa.

Puristin puolestaan käyttää säädettävää vastusläppää, jonka avulla puristustehoa voidaan säätää käyttöolosuhteiden mukaan. Tämä mahdollistaa laitteen toiminnan erilaisilla materiaaleilla ja kuormituksilla. Massan liike putkistossa tapahtuu kairan avulla, ja neste erotetaan verkko-maisen rakenteen kautta. Ratkaisussa on otettu huomioon huollettavuus, modulaarisuus ja osien vaihdettavuus, mikä tekee laitteesta pitkäikäisen ja helposti ylläpidettävän.

Työssä käytiin läpi useita suunnitteluratkaisuja ja kokoonpanon helpoutta. Lisäksi pohdittiin mahdollisuutta hyödyntää laitetta osana laajempia kiertotalousratkaisuja, kuten biokaasulaitoksia maataloilla tai kyläyhteisöissä. Laitteen tulevaisuuden kehitys voisi sisältää myös älykkeitä sensoreita ja automaattista säätöä, mikä parantaisi sen tehokkuutta ja käytettävyyttä entisestään.

## Lähteet

Airaksinen, J., (2012). Biokaasun tuotanto ruokohelvestä ja lehmän liete-  
lannasta maatilamittakaavan biokaasulaitoksella. Opinnäytetyö, Oun-  
lun seudun ammattikorkeakoulu, Theseus. Noudettu 10. huhtikuuta  
2025.

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/43656/Airaksi-  
nen\\_Jenni.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/43656/Airaksi-<br/>nen_Jenni.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Axiom Heat Treatment. (2023). Why is the Post-Weld Heat Treatment  
Process Important for Stress Relief? Noudettu 12. huhtikuuta 2025.

[https://axiomht.com/post-weld-heat-treatment/why-is-the-post-weld-  
heat-treatment-process-important-for-stress-relief/](https://axiomht.com/post-weld-heat-treatment/why-is-the-post-weld-<br/>heat-treatment-process-important-for-stress-relief/)

Babaei ja Shayegan. (2020.) Effects of temperature and mixing modes  
on the performance of municipal solid waste anaerobic slurry digester.  
Journal of Environmental Health Science and Engineering, 17(2), 1077–  
1084. Noudettu 10. huhtikuuta 2025.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6985316/>

Bauer. (n.d.). Separator S655/S855. Noudettu 10. huhtikuuta 2025.

[https://www.bauer-at.com/en/product/slurry-technology/separa-  
tors/separator-s655-s855/](https://www.bauer-at.com/en/product/slurry-technology/separa-<br/>tors/separator-s655-s855/)

Craig, K. (2009.) Fundamental principles of mechanical design. Rensse-  
laer Polytechnic Institute. Noudettu 14. huhtikuuta 2025.

[https://web.mae.ufl.edu/designlab/DFMA%20Tips/Fundamental De-  
sign Principles KCraig.pdf](https://web.mae.ufl.edu/designlab/DFMA%20Tips/Fundamental_De-<br/>sign_Principles_KCraig.pdf)

Engineering Product Design. (2024). Concurrent Engineering & Sequen-  
tial Engineering. Noudettu 10. huhtikuuta 2025.

[https://engineeringproductdesign.com/knowledge-base/concurrent-en-  
gineering/](https://engineeringproductdesign.com/knowledge-base/concurrent-en-<br/>gineering/)

Essengold. (2024). Countersink. Achieve Precision with Every Screw.  
Noudettu 12. huhtikuuta 2025.

<https://essengoldparts.com/blog/countersink/>

Ghosh ja muut. (2021). TIG welding of dissimilar steel: A review. Re-  
searchGate. Noudettu 13. huhtikuuta 2025.

[https://www.researchgate.net/publication/353322427 Tig Wel-  
ding of Dissimilar Steel A Review](https://www.researchgate.net/publication/353322427_Tig_Wel-<br/>ding_of_Dissimilar_Steel_A_Review)

Hovila. (2016). Tuotantoprosessin virtauttaminen soluvalmistuksen  
avulla (Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto). Noudettu 10. huh-  
tikuuta 2025.

<https://trepo.tuni.fi/bitstream/123456789/23610/3/Hovila.pdf>

INOX-TEK. (2023). The importance of proper maintenance for seals and gaskets. Noudettu 12. huhtikuuta 2025.  
<https://www.inox-tek.com.tw/en/new/maintenance-of-seals-and-gaskets>

Josimović ja muut. (2024). Enhancing biogas plant efficiency for the production of electrical and thermal energy. Noudettu 4. toukokuuta 2025

[https://www.researchgate.net/publication/381988043\\_Enhancing\\_Biogas\\_Plant\\_Efficiency\\_for\\_the\\_Production\\_of\\_Electrical\\_and\\_Thermal\\_Energy](https://www.researchgate.net/publication/381988043_Enhancing_Biogas_Plant_Efficiency_for_the_Production_of_Electrical_and_Thermal_Energy)

Jukola ja Ronkainen (2006). Contra-rotating propellers – Combination of DP capability, fuel economy and environmental friendliness. Dynamic Positioning Conference. Noudettu 10. huhtikuuta 2025.  
[https://dynamic-positioning.com/proceedings/dp2006/thrusters\\_jukola.pdf](https://dynamic-positioning.com/proceedings/dp2006/thrusters_jukola.pdf)

Kanninen, J., & Laakso, J. (2018). Biokaasulaitoksen mädätysjäännöksen käsittely. Hämeen ammattikorkeakoulu. Noudettu 14. huhtikuuta 2025.  
[https://www.theseus.fi/bitstream/10024/149537/1/Kanninen\\_Johanna\\_Laakso\\_Jenni.pdf](https://www.theseus.fi/bitstream/10024/149537/1/Kanninen_Johanna_Laakso_Jenni.pdf)

Kauppi, T., (2019). Hitsien rikkomaton aineenkoetus [Opinnäytetyö, LAB-ammattikorkeakoulu]. Theseus.  
[https://www.theseus.fi/bitstream/10024/267720/2/Kauppi\\_Hitsien%20rikkomaton%20aineenkoetus.pdf](https://www.theseus.fi/bitstream/10024/267720/2/Kauppi_Hitsien%20rikkomaton%20aineenkoetus.pdf)

Latvala, M., (2009). Ympäristö.fi. Biokaasun tuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä. Noudettu 10. huhtikuuta 2025.

<https://core.ac.uk/download/pdf/14926620.pdf>

Lincoln Electric. (n.d.). Welding pressure pipelines & piping systems Noudettu 11. huhtikuuta 2025.

<https://ch-delivery.lincolnelectric.com/api/public/content/a8186a0774ae4156af05bc3714e83070?v=e0ed76e7>

Logistiikan Maailma. (n.d.). Kontti. Noudettu 14. huhtikuuta 2025.  
<https://www.logistiikanmaailma.fi/kuljetus/merikuljetus/kontti/>

Luostarinen ja muut. (2023). Valtioneuvosto, Kestävät käytännöt bio-kaasutuotannossa. Haettu 10. huhtikuuta 2025.

[https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164889/VNTEAS\\_2023\\_32.pdf](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164889/VNTEAS_2023_32.pdf)

Miller Electric. (2022). How to control welding heat input when working with thin material. Noudettu 12. huhtikuuta 2025.

<https://www.millerwelds.com/resources/article-library/how-to-control-welding-heat-input-when-working-with-thin-material>

Paul. (2023). Optical Metrology Services. The importance of bevelling in pipe welding. Noudettu 10. huhtikuuta 2025.

<https://www.omsmeasure.com/blog/the-importance-of-bevelling-in-pipe-welding>

Riikonen ja muut. (2020). Biokaasulaitosten ja maatalojen lantamäärien yhteensovittaminen: Ravinne- ja kasvihuonekaasupäästövaikutusten arviointi. Luonnonvarakeskus (Luke). Noudettu 14. huhtikuuta 2025. <https://oulurepo.oulu.fi/bitstream/handle/10024/53973/nbnfioulu-202502051463.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

Ryckebosch ja muut. (2011). Techniques for transformation of biogas to biomethane. Noudettu 4. toukokuuta 2025.

[https://www.researchgate.net/publication/251627761\\_Techniques\\_for\\_transformation\\_of\\_biogas\\_to\\_biomethane](https://www.researchgate.net/publication/251627761_Techniques_for_transformation_of_biogas_to_biomethane)

Satakunnan biokaasulaitokset osana tehokasta ravinteiden kierrätystä. (2020). Haettu 10. huhtikuuta 2025.

<https://www.prizz.fi/media/bio-ja-kiertotalous/bio-ja-kiertotalous-materiaalit/satakunnan-biokaasulaitokset-osana-tehokasta-ravinteiden-kierratysta-2020.pdf>

Winqvist, E., (2021). Luonnonvarakeskus. Biokaasun tuotanto maatalouden sivuvirroista – ympäristöhyötyjä ja resurssitehokkuutta. Noudettu 10. huhtikuuta 2025.

<https://www.luke.fi/fi/blogit/biokaasun-tuotanto-maatalouden-sivuvirroista-ymparistohyotyja-ja-resurssitehokkuutta>