

# Muovimurskaimen suunnittelu

## Tiivistelmä

Tekijä(t) Tolonen, Arttu	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika 2024
	Sivumäärä 23	
Työn nimi <b>Muovimurskaimen suunnittelu</b>		
Tutkinto Insinööri (AMK), konetekniikan koulutus		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio Reijo Heikkinen, yliopettaja, LAB-ammattikorkeakoulu		
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella ja mallintaa muovimurskain LAB-ammattikorkeakoulun toimeksiannosta. Tarkoituksena on löytää ratkaisu kevyiden, kalvomaisten kappaleiden murskaukseen. Muovimurskaimen tulee lisäksi olla helppokäyttöinen ja turvallinen, koska konetta käyttävät koulun opiskelijat ja opettajat. Tavoitteena on, että toimeksiantaja voi valmistaa uuden muovimurskaimen tässä opinnäytetyössä valmistuvan suunnitelman mukaisesti.</p> <p>Muovimurskaimen suunnittelussa sovellettiin koneen suunnittelun periaatteita ja prosessia. Koneen osien ja kokoonpanon suunnittelussa ja mallintamisessa käytettiin SolidWorks-ohjelmaa.</p> <p>Tuotoksena syntynyt suunnitelma sisältää toimeksiannon mukaiset 3D-mallit muovimurskaimen osista sekä valmistus- ja kokoonpanopiirustukset toimeksiantajan käyttöön. Työn tuloksena saatiin valmis suunnitelma, jota voidaan hyödyntää muovimurskaimen valmistuksessa.</p>		
Asiasanat Konesuunnittelu, muovimurskain, muovi, kierrätys		

## Abstract

Author(s) Tolonen, Arttu	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2024
	Number of Pages 23	
Title of Publication <b>Designing a plastic crusher</b>		
Name of Degree Engineer (UAS), Mechanical Engineering		
Name, title and organization of the client Reijo Heikkinen, principal lecturer, LAB University of Applied Sciences		
Abstract <p>The purpose of this thesis is to design and model a plastic crusher commissioned by LAB University of Applied Sciences. The purpose is to find a solution for crushing light, film-like pieces. The plastic shredder must also be easy to use and safe because the machine is used by school students and teachers. The goal is that the client can manufacture a new plastic crusher according to the plan completed in this thesis.</p> <p>The principles and process of machine design were applied in the design of the plastic crusher. The SolidWorks program was used in the design and modeling of the machine's parts and assembly.</p> <p>The resulting plan includes 3D models of the parts of the plastic crusher in accordance with the order, as well as manufacturing and assembly drawings for the customer's use. As a result of the work, a finished plan was obtained, which can be used in the manufacture of a plastic crusher.</p>		
Keywords Machine designing, plastic crusher, plastic, recycling		

## Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Muovi materiaalina.....	2
2.1	Muovin määritelmä .....	2
2.2	Muovin kierrätys .....	2
3	Muovin murskaaminen.....	5
3.1	Muovimurskaimen toiminta .....	5
3.2	Muovimurskaimen käyttö LAB-ammattikorkeakoulussa .....	5
4	Konesuunnittelun lähtökohdat.....	6
4.1	Säädökset ja direktiivit.....	6
4.2	Konesuunnitteluprosessi .....	6
5	Muovimurskaimen suunnittelu.....	8
5.1	Suunnitteluprosessi .....	8
5.2	SolidWorks .....	9
5.3	Muovimurskaimen osat.....	10
5.3.1	Murskausterät.....	10
5.3.2	Runko .....	13
5.3.3	Laatikko ja suodatin .....	14
5.3.4	Syöttösuppilo.....	16
5.4	Muovimurskaimen kokoonpano .....	17
6	Yhteenveto ja pohdinta .....	20
	Lähteet .....	22

## 1 Johdanto

Koneita koskevat vaatimukset ohjaavat koneiden suunnittelua. Vaatimusten yhdenmukaisamisella pyritään turvaamaan tuotteiden vapaa liikkuvuus sekä turvallisuuden hyvä taso (EU:n konedirektiivi 2006/42/EY) ja koneidensuunnitteluun ja rakentamiseen liittyvät olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset (Valtioneuvoston asetuskoneiden turvallisuudesta 400/2008).

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella ja mallintaa LAB-ammattikorkeakoulun tarpeita vastaava uusi muovimurskain koulun työpajaan. Toimeksiantajan käytössä olevassa muovimurskaimessa on ilmennyt ongelmia, joita tässä opinnäytetyössä lähdetään ratkaisemaan. Tarkoituksena on löytää ratkaisu kevyiden, kalvomaisten kappaleiden murskaukseen. Murskaimen syöttöaukon tulisi olla kooltaan noin 200 mm x 200 mm ja murskaimesta ulos tulevan murskan koko tulisi olla noin 10 mm x 10 mm. Vaatimukset murskaimen kokoon liittyen eivät ole tarkkoja, vaan ne varmistuvat koneen suunnitteluprosessin aikana. Muovimurskainta käyttävät ammattikorkeakoulun opiskelijat ja opettajat. Laitteen tulee olla helppokäyttöinen ja turvallinen laaja käyttäjäkunta huomioiden.

Tavoitteena on, että toimeksiantaja voi valmistaa uuden muovimurskaimen tässä opinnäytetyössä valmistuvan suunnitelman mukaisesti. Koneen valmistus- ja käyttöönotto rajautuvat kuitenkin tämän opinnäytetyön ulkopuolelle.

Tässä opinnäytetyöraportissa käsitellään aluksi teoriaa muovista materiaalina, muovin murskaamisesta sekä konesuunnittelun lähtökohdista ja prosessista. Teoriaosuuden jälkeen kuvataan muovimurskaimen suunnittelua ja sen eri vaiheita sekä suunnittelun tuloksena syntyneet muovimurskaimen osat ja kokoonpano. Lopuksi yhteenveto ja pohdinta luvussa arvioidaan tavoitteiden saavuttamista ja suunnitteluprosessia sekä esitetään jatkokehittämisideoita.

## 2 Muovi materiaalina

### 2.1 Muovin määritelmä

Muovi on monipuolinen rakennemateriaali, joka sisältää suurelta osin suurimolekyylisiä polymeeriä ja jossain sen valmistusvaiheessa sitä työstetään virtaavassa tilassa. Muovit ovat valtaosin petrokemian tuotteita. Muovituotteita kutsutaan myös synteettiseksi orgaaniseksi materiaaliksi, ihmisen oma muokkaamisen sekä muovien valmistuksen lähtöaineiden takia. Muovien yhteiset tekijät, polymeerit, ovat suuria ketjumaisia molekyyliä. Polymeerit voivat olla täysin synteettisesti valmistettuja tai luonnonpolymeerejä, esimerkkinä tärkkelys. Polymeereihin sekoitetaan erilaisia lisä-, lujite-, ja täyteaineita, joiden avulla pystytään muovamaan valmiin tuotteen ominaisuuksia. (Muoviteollisuus ry 2024.)

Tekninen kehitys on keventänyt muovituotteita merkittävästi, mikä vähentää materiaalin tarvetta ja pidentää tuotteiden elinikää. Suomessa muoveja käytetään noin 600 000 tonnia vuodessa, ja valtamuoveista suurin osa valmistetaan kotimaassa. Valtamuoveja on polyeteeni (PE), polypropeeni (PP), polystyreeni (PS) ja polyvinyylikloridi (PVC). Ne kattavat noin 80 % kaikkien muovien kokonaiskäytöstä. (Muoviteollisuus ry 2024.)

### 2.2 Muovin kierrätys

Muovi on arvokas ja monikäyttöinen materiaali, jota voidaan kierrättää monin tavoin. Eri muovilaadut voivat vaikuttaa hyvin eritavoilla ympäristöön. Käytetty raaka-aine, valmistusprosessi, käyttöikä ja materiaalien kierrätettävyyden ovat suurimpia tekijöitä muovien ympäristövaikutuksiin. Muovit eivät aina ole kestävä valinta, sillä niitä voidaan myös uudelleen käyttää. Oikealla tavalla kierrätettyinä ne pienentävät uusien materiaalien tarvetta. Kierrätykseen kuuluu muovien keräys ja käsittely oikeaan muotoon, jonka jälkeen joko käytetään uudestaan materiaalina tai hyödynnetään energiana. Euroopan Unionin jätehierarkia (4R-malli) painottaa, että jätteiden vähentäminen, uudelleenkäyttö ja kierrätys tulisi priorisoida ennen polttamista eli hyödyntämisenä energiana. Hyötykäyttö energiana on kuitenkin Euroopassa eniten käytetty muovijätteen käsittelytapa. Noin 50 % Euroopassa kierrätykseen menevistä muoveista päätyy Euroopan ulkopuolelle käsiteltäviksi. Tämä yleensä johtuu kapasiteetin, teknologian tai varojen puutoksesta. (Muoviteollisuus ry 2024; Euroopan Parlamentti 2024; Abena 2024.) Ympäristöministeriön (2018) Muovitiekartassa on koottu toimenpiteitä, joilla voidaan vähentää muoveista aiheutuvia haittoja, pienentää muovin kulutusta ja tehostaa muovien kierrätystä.

Muovituotteiden keventymisen myötä on pystytty säästämään materiaaleja, mikä vähentää jätteen määrää. Itse muovi ei aiheuta ympäristöongelmia; vaan sen väärinkäsittely, kuten

roskaaminen, on ongelmien taustalla. Kun muovia käytetään asianmukaisesti, se tukee esimerkiksi ruoan säilyvyyttä, jäteveden käsittelyä ja ekologisempaa viljelyä. Siksi on tärkeää kehittää muovin kierrätystä ja varmistaa jätteiden vastuullinen käsittely. (Muoviteollisuus ry 2024.)

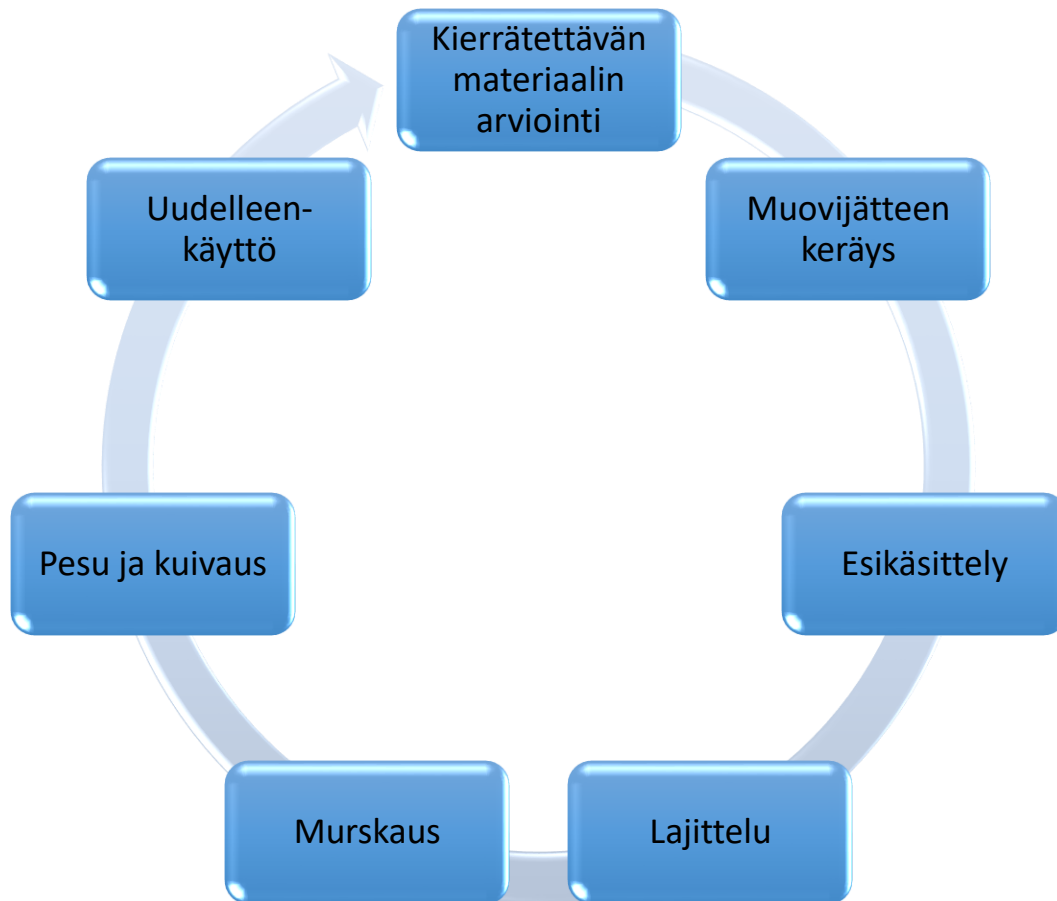
Kovamuovit, kuten muutkin muovituotteet, ovat kierrätettävissä ja niitä voidaan hyödyntää uusien tuotteiden raaka-aineina. Valitettavasti kaikki kunnat ja kaupungit eivät kuitenkaan ole varustettuja kierrättämään kovamuoveja. Tämä johtaa siihen, että monet kovamuovit päätyvät sekajätteeseen ja lopulta kaatopaikoille. Kaatopaikalle joutuessaan kovamuovit voivat hajota mikromuoveiksi, jotka voivat saastuttaa maaperää ja meriä. Tämä aiheuttaa vakavaa haittaa merieläimille, linnuille, kasveille ja muille eläimille. Meillä on kuitenkin tieto ja teknologia kierrättää myös kovamuovit oikein. Lisäksi, jos ihmisillä on suuria määriä kovamuoveja kierrätettäväksi, niistä voi saada jopa rahallista korvausta. Koska muovit ovat niin keskeisessä roolissa arjessamme, niiden kierrätys voi kuitenkin olla sekavaa ja haastavaa. Monille on epäselvää, mitkä muovit ovat kierrätettäviä ja mitkä ei. Muovien kierrätyksen epäonnistuminen voi johtaa siihen, että kokonaiset jäte-erät päätyvät kaatopaikalle. (Plastic Expert 2024.)

Kovamuovit ovat laaja ryhmä erilaisia muovilaatuja, jotka voivat sisältää monenlaisia eikotitalousjätteitä. Käytännön esimerkkejä ovat:

- Leipälaatikot ja lavat (yleensä valmistettu HDPE- tai PP-muovista)
- Korkeatiheyksiset polyeteenialtaat, -säiliöt ja -ämpärit
- Kaupan korit, lavat ja ostoskärryt
- Elektroniikan kotelot
- Vesiautomaattipullot

Näiden esimerkkien valossa on selvää, että monet ihmisten hylkäämät esineet ovat valmistettu erilaisista kovamuoveista. Usein ihmiset eivät ymmärrä kierrätyksen arvoa, ja kovamuovit päätyvät sekajätteeseen. Näiden materiaalien kierrätys voi kuitenkin merkittävästi pienentää ihmisten hiilijalanjälkeä. (Plastic Expert 2024.)

Monivaiheinen kierrätysprosessi alkaa kierrätettävän materiaalin arvioinnilla, jonka perusteella määritellään kuorman arvo ja mahdollinen hinnoittelu. Usein materiaalit tiivistetään paaleiksi ennen kuljetusta kierrätyslaitokseen, jossa muovit puhdistetaan ja erotellaan erillaisiksi muovilaaduksi optisia laitteita hyödyntäen. Lajittelun jälkeen muovit pilkotaan hiutaleiksi, joista poistetaan epäpuhtaudet, ja ne sulatetaan pelleteiksi. Näistä pelleteistä voidaan valmistaa uusia tuotteita, kuten pakkauksia, putkia tai muita hyödykkeitä. (Plastic Expert 2024; Ympäristöministeriö 2018, 18–19.)



Kuvio 1. Muovin kierrätysprosessi (mukaillen Plastic Expert 2024)

Kovamuovien kierrättäminen on tärkeä osa kestäväää jätteenhallintaa, ja sen avulla voidaan vähentää merkittävästi kaatopaikkojen kuormitusta. Prosessi tukee kiertotaloutta ja auttaa säilyttämään arvokkaita luonnonvaroja samalla, kun se tarjoaa ihmisille mahdollisuuden toimia ympäristövastuullisesti ja hyötyä taloudellisesti. (Plastic Expert 2024.)

### 3 Muovin murskaaminen

#### 3.1 Muovimurskaimen toiminta

Muovimurskauksen toiminta perustuu muovin mekaaniseen käsittelyyn, jossa muovijäte murskataan paloiksi. Murskaus voidaan toteuttaa erilaisilla laitteilla, kuten murskaimilla ja silppureilla, jotka leikkaavat, repivät tai puristavat muovin pienimmiksi kappaleiksi. Muovimurskaimet voivat käsitellä monia muovimateriaaleja eri muodoissaan. Muovimurskaimella voidaan murskata pehmeitä ja kovia muoveja, kuituja, kangasjätettä, jättekumia, muovikalvoja ja muita materiaaleja. Muovimurskaimet ovat avainasemassa muovinkierrätyslaitoksissa ja tuotantolaitoksissa. Ne tarjoavat useita etuja lisäksi muovin käsittelyyn, jota käytetään raaka-aineena muiden tuotteiden, kuten säilytysastioita, leluja, pakkauspusseja ja kodin elektroniikkaa varten. Teollisuuden muovimurskaimet eivät vain auta pienentämään kokoa, vaan myös kierrättämään muovijätettä. Murskaimet ovat olennainen osa tehokkaita ja kustannustehokkaita toimintoja kierrätys- ja jätehuoltoalan yrityksissä. Muovimurskaimet on suunniteltu murskaamaan laaja valikoima muoveja, joten ne vaihtelevat matalanopeuksista kohtalaisen nopeisiin, suurella vääntömomentilla varustettuihin malleihin, sekä niillä on erilaisia spesifikaatioita ja terän kokoja. (Fangtai Plastic Machinery 2024.)

Muovimurskain pyörittää leikkuuterää tai -teriä moottorin avulla suurella nopeudella. Liikkuvien terien väliin muodostunutta rakoa käytetään muovimurskauksen ja leikkaamisen aiheuttamiseen, jotta muovikappaleet saadaan murskattua. Lopuksi murskattu muovi menee seulan läpin ja siinä se suodatetaan halutun hiukkaskoon mukaisesti. (Soxi Machine 2024.)

#### 3.2 Muovimurskaimen käyttö LAB-ammattikorkeakoulussa

LAB-ammattikorkeakoulu käyttää muovimurskainta muovin uusiokäyttöön ja helpottaakseen varastointia sekä kierrätystä. Murskattu muovi voidaan sulattaa ja käyttää näin uudelleen erilaisin tavoin. Jos muovi ei mene uusiokäyttöön, se yleensä lähtee kierrätykseen. Muovi on paljon helpompaa kierrättää murskattuna, kun se ei vie niin paljon tilaa kuin suurempina kappaleina.

Muovimurskaimen käyttö LAB-ammattikorkeakoulussa täytyy olla helppoa ja turvallista. Murskaimen täytyy olla yksinkertainen käyttää, jotta jokainen sitä tarvitseva on kykenevä sitä käyttämään. Kun käyttöä on paljon ja käyttäjäkunta laaja, on turvallisuuteen panostettava erityisen paljon. Erilaiset hätäpysäytysmekanismit sekä turvarajakytkimet ovat tärkeä osa murskaimen turvallisuutta LAB-ammattikorkeakoulun työpajassa. Myös kone itsessään täytyy rungoltaan ja turvaosiltaan rakentaa niin, että se on mahdollisimman turvallinen käyttää.

## 4 Konesuunnittelun lähtökohdat

### 4.1 Säädökset ja direktiivit

EU:n konedirektiivin (2006/42/EY) mukaan kaikkien koneiden täytyy olla vaatimusten mukaisia. Kone on toisiinsa liitettyjen osien tai komponenttien yhdistelmä, joka on poikkeuksia lukuun ottamatta varustettu muulla kuin suoralla ihmis- tai eläinvoimalla toimivalla voimansiirrolla. Koneessa täytyy olla ainakin yksi liikkuva osa ja kone on aina rakennettu jotain erityistä toimintoa varten. Vaatimusten yhdenmukaistamisen tavoitteena on varmistaa tuotteiden vapaa liikkuvuus sekä taata hyvä turvallisuustaso. Koko Euroopan unionin alueella toimiva direktiivi määrittää valmistajan velvollisuudet:

- Koneessa täytyy olla CE-merkintä ja muut koneasetuksessa määritetyt tiedot, kuten koneen nimi ja yksilöintitunnus sekä valmistajan nimi ja osoite.
- Koneiden suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvät tärkeät terveys- ja turvallisuusvaatimukset.
- Menettelyt koneen vaatimustenmukaisuuden osoittamiselle ja markkinoille saattamiselle. Koneen mukana täytyy tulla käyttö- ja huolto-ohjeet sekä EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus. (Tukes 2024.)

Koneen suunnittelijalla ja valmistajalla on velvollisuus arvioida ja tunnistaa koneen vaarat sekä niistä aiheutuvat riskit. Mahdollisten riskien on oltava mahdollisimman pienet ja niitä on hallittava erilaisin turvamenetelmin, kuten turvalaittein ja suojuksin. (Työturvallisuuskeskus 2024.) ”CE-merkintä on merkintä, jolla tuotteen valmistaja tai valtuutettu edustaja vakuuttaa, että tuote täyttää tuotetta koskevien EU:n direktiivien ja asetusten olennaiset vaatimukset” (Tukes 2024). Tässä opinnäytetyössä muovimurskaimen suunnittelussa kiinnitetään erityistä huomiota koneenkäyttäjän turvallisuuteen. Murskaimen suunnittelussa pyritään tunnistamaan turvallisuusriskit ja estämään kaikin tavoin, ettei liikkuviin osiin pääse käsiä koneen ollessa käynnissä.

### 4.2 Konesuunnitteluprosessi

Koneensuunnittelu on monivaiheinen ja vaativa prosessi, jossa yhdistyvät tekninen asiantuntemus ja luova ongelmanratkaisu. Suunnittelu on tiedonkäsittelyä ja muodostamista sellaisen ratkaisun löytämiseksi, joka kattaa asiakkaan tarpeet toimintojen avulla. Se kattaa vaiheet ideoinnista ja konseptin luonnista aina tuotannon viimeistelyyn sekä testausvaiheeseen asti. Tavoitteena on kehittää koneita, jotka ovat toimivia, tehokkaita ja turvallisia sekä täyttävät käyttäjien odotukset ja vaatimukset. Työ alkaa yleensä projektin tarpeiden ja

vaatimusten määrittelyllä. Tämä vaihe on keskeinen, sillä sen pohjalta asetetaan projektin suunta ja päämäärä. (Hefmec 2024; Hietikko 2023, 4.)

Suunnittelun kohteena on harvoin täysin uusi kone. Yleensä suunniteltavassa koneessa on standardiosa tai -osia aikaisemmin suunnitellusta tuotteesta. Suunnitelma voi olla kehitys vanhaan koneeseen, jolloin tehdään parannuksia tai muutoksia aikaisempaan tuotteeseen. Yksi tärkeimmistä konesuunnittelun asioista onkin uudelleenkäyttö. Ei ole tarkoituksenmukaista kehittää uudelleen sellaista, mikä on jo keksitty. Suunnittelu tulee käynnistää tiedonhankinnalla ja aiemmin käytössä olleiden koneiden ominaisuuksiin perehtymisellä ja ongelmakohtien tunnistamisella. (Hietikko 2020, 6.)

Monipuolisen tiedonhaun kautta saatua tietoa ja ymmärrystä sovelletaan uuden koneen suunnittelussa. Konesuunnittelussa ja tuotteen osien mallintamisessa käytetään tietokoneavusteisia 3D-suunnitteluohjelmia, kuten SolidWorks-ohjelmaa. Suunnittelun tuloksena syntyy 3D-mallit ja koneen valmistus- ja kokoonpanopiirustukset. Lopullista tuotosta arvioidaan suhteessa suunnitteluprosessin alussa tuotteelle asetettuihin tavoitteisiin ja koneille asetettuihin säädöksiin ja direktiiveihin peilaten.

## 5 Muovimurskaimen suunnittelu

### 5.1 Suunnitteluprosessi

Muovimurskaimen suunnitteluprosessi (Kuvio 2) noudatti yleistä konesuunnittelun prosessia. Suunnittelu käynnistyi projektin tarpeiden ja vaatimusten määrittelyllä toimeksiantajan kanssa. Toimeksiantaja antoi useita tärkeitä vaatimuksia uuden muovimurskaimen suunnitteluun ja valmistamiseen. Toimeksiantajalla on vastaava laite käytössä, mutta siinä on havaittu muutamia ongelmakohtia. Suurimpana ongelmana se, että murskain ei pysty murskaamaan kevyitä sekä kalvomaisia kappaleita tehokkaasti. Toimeksiantaja painotti myös murskaimen helppokäyttöisyyttä ja turvallisuutta, koska koneen käyttäjinä on laaja joukko ammattikorkeakoulun opettajia ja opiskelijoita.



Kuvio 2. Muovimurskaimen suunnitteluprosessi (mukaillen Hietikko 2023)

Tarpeiden ja vaatimusten määrittelyssä keskityttiin laitteen turvallisuutta lisääviin ominaisuuksiin ja murskausteriin, mitkä pääosin määrittelevät laitteen toimivuuden. Suunnittelussa oli tunnistettava mahdolliset turvallisuusriskit ja ratkaistava ne. Muovimurskain oli suunniteltava niin, että vältetään minkään ihmisen raajan joutumisen murskausteriin koneen ollessa päällä. Teräosien ympärille suunniteltiin runko ja syöttöaukolle syöttösuppilo, minkä tarkoitus on tehdä koneen käyttämisestä turvallisen. Lisäksi koneessa tulee olla hätäpysäytysmekanismit sekä turvarajakytimet, jotka mahdollistavat nopean reagoinnin mahdollisen hätätilanteen sattuessa. Hätäpysäytysmekanismit sijoittuvat kuitenkin tämän

suunnittelutyön ulkopuolelle. Turvallisuutta lisää myös toimeksiantajan tunnistautumistapa erilaisille laitteille, jolla rajataan koneiden käyttöä vain koulutuksen saaneille.

Tarpeiden ja vaatimusten määrittelyn jälkeen oli tarpeeksi tietoa aloittaa ideointi ja konseptointisuunnittelu, jonka tarkoituksena on selvittää, mikä on paras tapa toteuttaa vaadittu lopputulos. Tässä vaiheessa tehtiin erilaisia vaihtoehtoja muovimurskaimen toteuttamisesta. Osien suunnittelu ei vielä ollut tarkkaa, tarkoitus oli pelkästään käydä erilaiset toteutustavat läpi sekä arvioida niiden hyviä ja huonoja puolia. Konseptien valinnassa huomioitiin toimeksiantajan mielipiteet. Kun ratkaisut konseptien välillä olivat valmiita, alkoi yksityiskohtainen suunnittelu ja mallinnus. Yksityiskohtaisessa suunnittelussa tehtiin 3D-mallit sekä valmistuskuvat SolidWorks-ohjelmalla.

## 5.2 SolidWorks

Parametrinen piirremallinnusjärjestelmä on tietokoneavusteinen suunnittelutyökalu, jonka avulla luodaan kolmiulotteisia malleja suunniteltavista kohteista. Nämä kolmiulotteiset mallit ovat paljon monipuolisempia ja tehokkaampia kuin perinteiset kaksiulotteiset piirustukset. Esimerkiksi mekaanisten laitteiden toiminnan tarkastelu on helpompaa, koska voidaan havaita osien törmäykset tai yhteensopimattomuudet jo suunnitteluvaiheessa.

Yksi merkittävä etu on, että yhdestä 3D-mallista voidaan tuottaa erilaisia näkymiä, jotka vastaavat erilaisia piirustuksia. Parametrisuuden ansiosta mallin mittoja voidaan muuttaa milloin tahansa, ja mallin geometria päivittyy automaattisesti vastaamaan uusia mittoja. Tämä tekee suunnittelusta joustavaa, sillä tarkkoja mittoja ei tarvitse tietää heti alussa. Mittoja voidaan tarkentaa tai muuttaa suunnittelun edetessä ilman, että koko mallia täytyy rakentaa uudelleen. Näin myös muutosten tekeminen on nopeaa ja tehokasta. 3D-mallinnukseen kuuluu kolme vaihetta:

1. osamalli
2. kokoonpano
3. piirustus

Osamalli on tuotteen yksittäistä osaa, joka on joko valmistettava osa tai standardiosa. Kokoonpano on yksittäisten osien ja osakokoonpanojen kokonaisuus. Piirustuksessa esitetään yksityiskohtia eri projektiosta. (Hietikko 2020, 14, 18.)

SolidWorks on tehokas ja helppokäyttöinen ratkaisu 3D-suunnitteluun ja tuotekehitykseen. Sitä käytetään maailmanlaajuisesti luomaan, tekemään yhteistyötä ja tarjoamaan poikkeuksellisia tuotekokemuksia. SolidWorks sisältää ominaisuuksia, jotka tehostavat tuotteiden kehittämisaikaa ja näin tuovat tuotteet nopeammin markkinoille järkevimmillä kustannuksilla

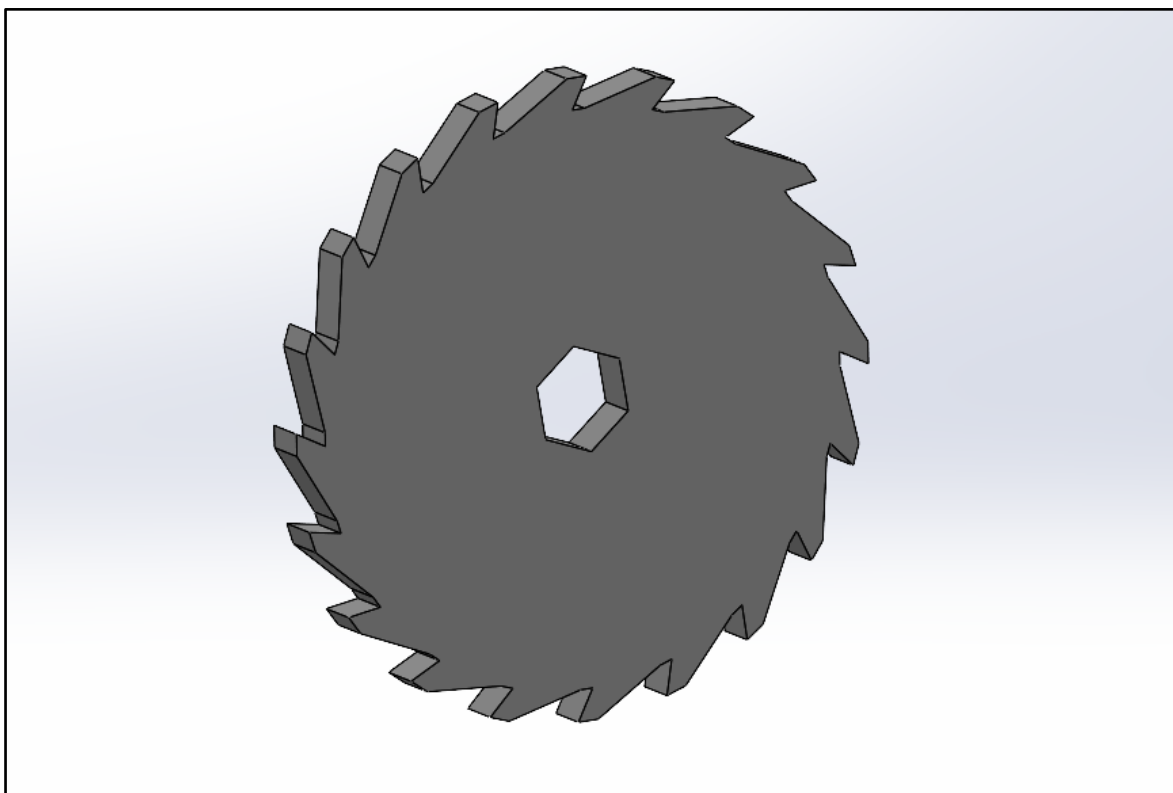
sekä paremmalla laadulla. SolidWorks tukee koko suunnitteluprosessia ideoinnista ja konseptoinnista aina prototyyppiin ja valmiin tuotteen valmistukseen asti.

Ohjelmiston avulla käyttäjät voivat tehdä 2D- ja 3D-mallinnusta, tarkastella osien kinematiikkaa, testata rakenteiden kestävyyttä ja simuloida tuotteiden käyttäytymistä. Lisäksi Solidworks tarjoaa pilvipohjaisia työkaluja ja yhteistoimintamahdollisuuksia, jotka tukevat suunnittelutiimien yhteistyötä ja tiedon jakamista reaaliajassa. (Solidworks 2024; PLM Group 2024; Hietikko 2023)

### 5.3 Muovimurskaimen osat

#### 5.3.1 Murskausterät

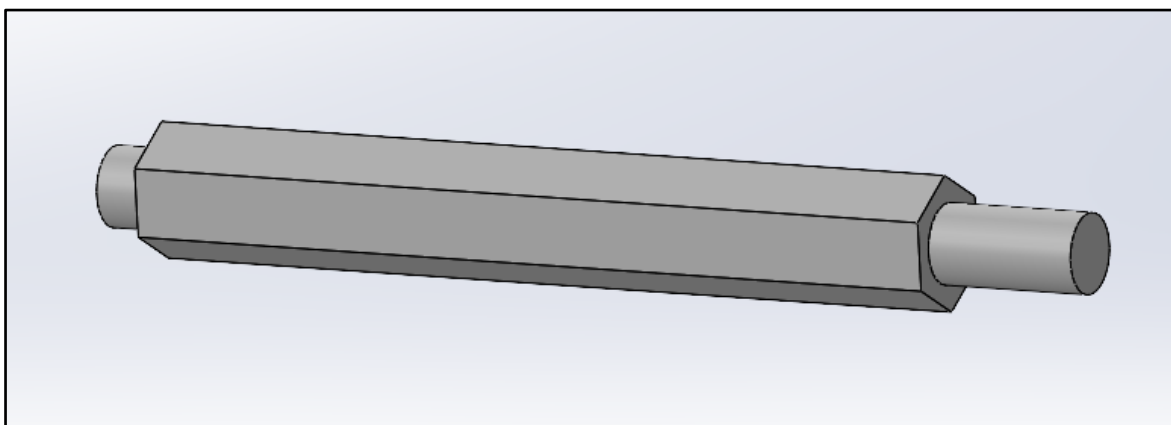
Muovimurskaimen murskausterät (Kuva 1) ovat keskeisin osa koneessa, koska ne vastaavat muovimateriaalin tehokkaasta ja tarkasta murskaamisesta haluttuun kokoonsa. Murskausterät koostuvat yleensä teristä, jotka ovat kiinnitettynä pyörivään akseliin. Terät asetetaan pyörimään limittäin vastakkaiseen suuntaan, jolloin kappaleet murskautuvat teräksien väliin.



Kuva 1. Murskausterä

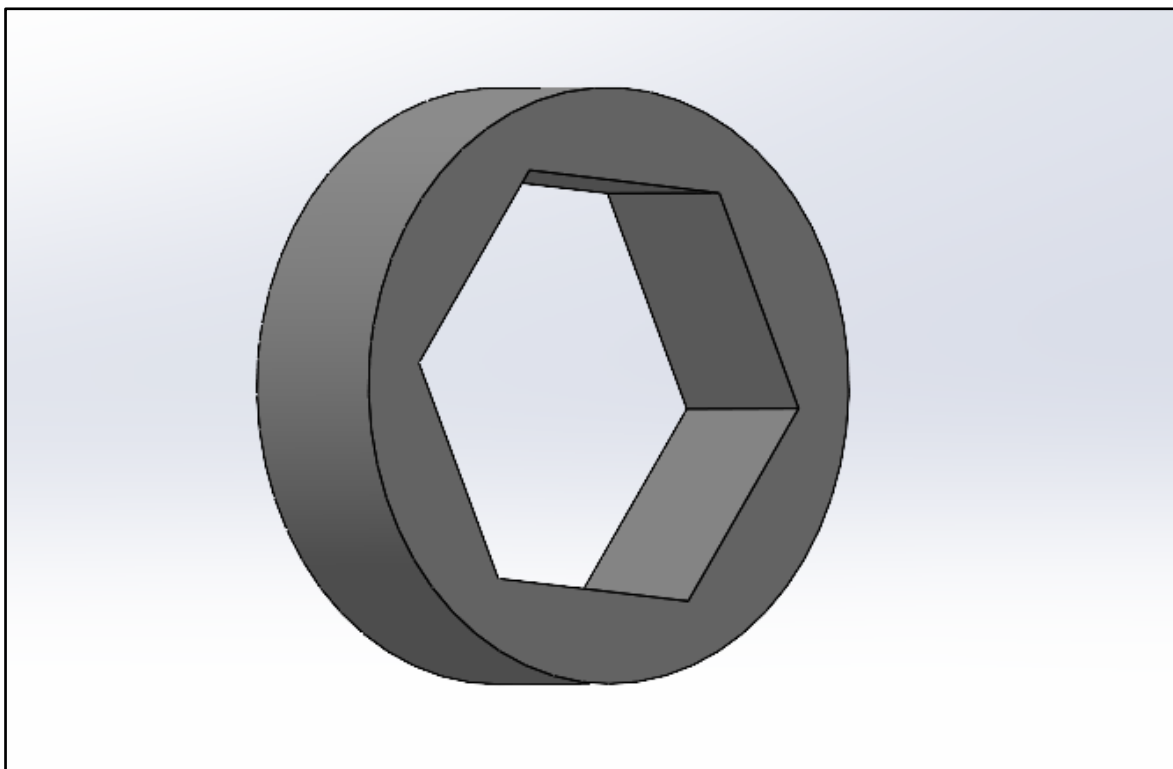
Murskausterät on hyvä valmistaa erittäin kestävästä ja kovista materiaaleista, kuten erikoisteräksistä tai kovametalleista. Nämä materiaalit tarjoavat riittävän lujuuden ja kestävyuden kestävästi korkeaa rasiitusta ja kulumista, jota syntyy muovimurskauksen aikana. Lisäksi murskausterät suunnitellaan ja valmistetaan tarkasti varmistaakseen tietyn murskauskoon ja -muodon.

Suunnitteluprosessissa monien vaihtoehtojen joukosta valikoitui 10 mm paksu, karkaistusta teräksestä valmistettu murskausterä. Paksuus valikoitui toimeksiantajan vaatimusten mukaan, jolloin murskekoko on myös maksimissaan 10 mm leveää. Terä on halkaisijaltaan 150 mm ja siinä on 20 hammasta. Hampaiden määrän ja hammasvälin suunnittelussa täytyi ottaa huomioon kevyet, kalvomaiset kappaleet kuten muovikalvot. Hammaskulma täytyi olla positiivinen eli niiden suunta on eteenpäin ja hampaita suhteellisen tiheästi, jotta murskausteristä tulisi tehokkaasti murskaava, eikä kevyet, kalvomaiset tuotteet jäisivät pyörimään terien päälle. Vahvistin hampaan rakennetta katkaisemalla sen, enkä jättänyt hampaaseen yksittäistä piikkiä.



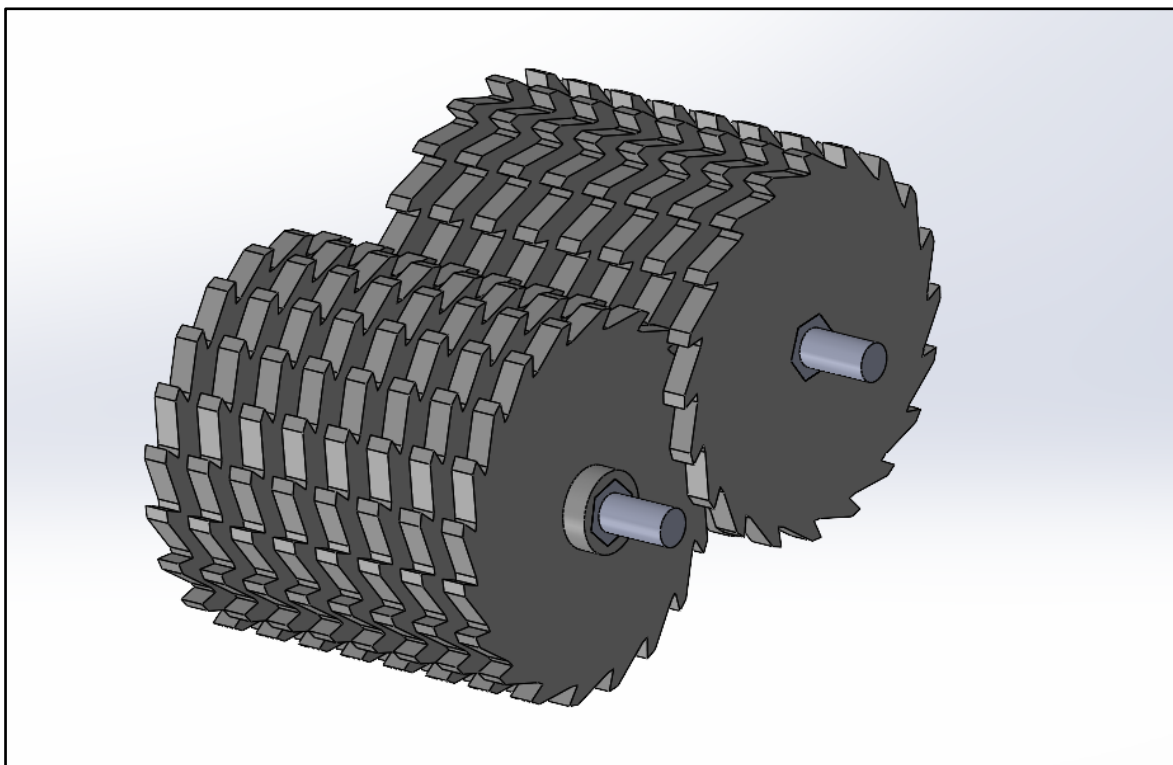
Kuva 2. Teräakseli

Pyöröterille täytyi suunnitella akseli, joka pyörittää teriä ja kestää koviakin voimia. Suunnitteluprosessissa mietin, millä tavalla terä saadaan pysymään pyöreässä akselissa niin, ettei se pääse pyörimään tyhjää. Päädyin valintaan, jossa akseli (Kuva 2) on työstetty kuusikulmaiseksi kuten teränkin reikä (Kuva 1), jotta sen avulla terä pyörii akselin mukana. Ainoa vaikeus akselin kanssa on sen asennus runkoon, sillä akseli on asetettava paikalleen jo runkoa rakentaessa, jotta sen saa paikalleen. Akselin päät on sorvattu pyöreiksi, jotta ne sopivat laakerille ja moottoriin. Pyöreiden päiden halkaisijat ovat 15 mm ja koko akseli on pituudeltaan 208 mm. Vaihdomoottori rajautuu tämän opinnäytetyön ulkopuolelle. Toimeksiantajalla on mahdollisuus suunnitella sen haluamansa pyörimisnopeuden mukaan.



Kuva 3. Akselin väliholkki

Teriä suunnitellessa oli ongelma, miten saan terät pysymään paikallaan niin, etteivät ne liikkuisi akselin suuntaisesti. Jos terä pääsee liikkumaan akselin suuntaisesti, on riskinä vastakkaisten terien törmäminen toisiinsa. Akselin väliholkki (Kuva 3) on suunniteltu niin, että se on hieman leveämpi kuin terä, jotta se jättää terien väliin pienen raon. Väliholkki on myös työstetty akselille sopivaksi. Holkki on ulkohalkaisijaltaan 32 mm ja kuusikulmaisen reiän sisämitta on 22 mm.



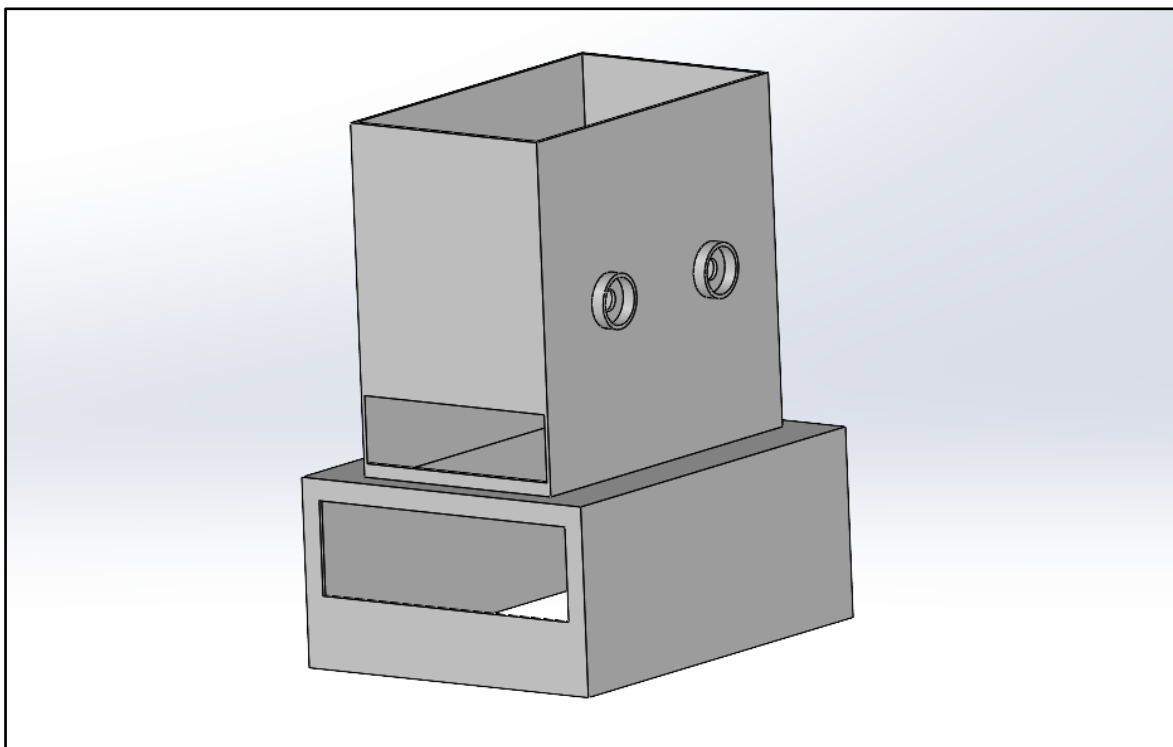
Kuva 4. Teräpakka 1 ja 2

Tunnistin teräpakat (Kuva 4) muovimurskaimen suurimmaksi riskiksi ja aloin pohtimaan, millä tapaa riskin pystyisi mahdollisesti poistamaan kokonaan tai ainakin saamaan mahdollisimman pieneksi. Huomioin riskit seuraavien osien suunnittelussa:

- Runko
- Syöttösuppilo
- Laatikko
- Suodatin

### 5.3.2 Runko

Muovimurskaimen runko on koneen perusta ja keskeinen rakenneosana, joka tarjoaa vakaan ja kestävä alustan muille komponenteille. Rungon suunnittelu on ensiarvoisen tärkeää varmistamassa, että muovimurskain toimii tehokkaasti ja turvallisesti. Rungon tulee kestää voimia ja rasituksia, joita syntyy muovin murskausprosessin aikana. Yleisesti ottaen muovimurskaimen runko valmistetaan vahvasta ja kestävästä materiaalista, hitsatusta teräslevystä. Näitä materiaaleja käytetään niiden erinomaisen lujuuden ja kestävyuden vuoksi, jotka mahdollistavat rungon kestämissen suurta painetta ja rasitusta murskausprosessin aikana. Rungon suunnittelin 8 mm paksuista teräslevyistä, jotka hitsataan yhteen. Murskausaukon koko on 160 mm x 270 mm.

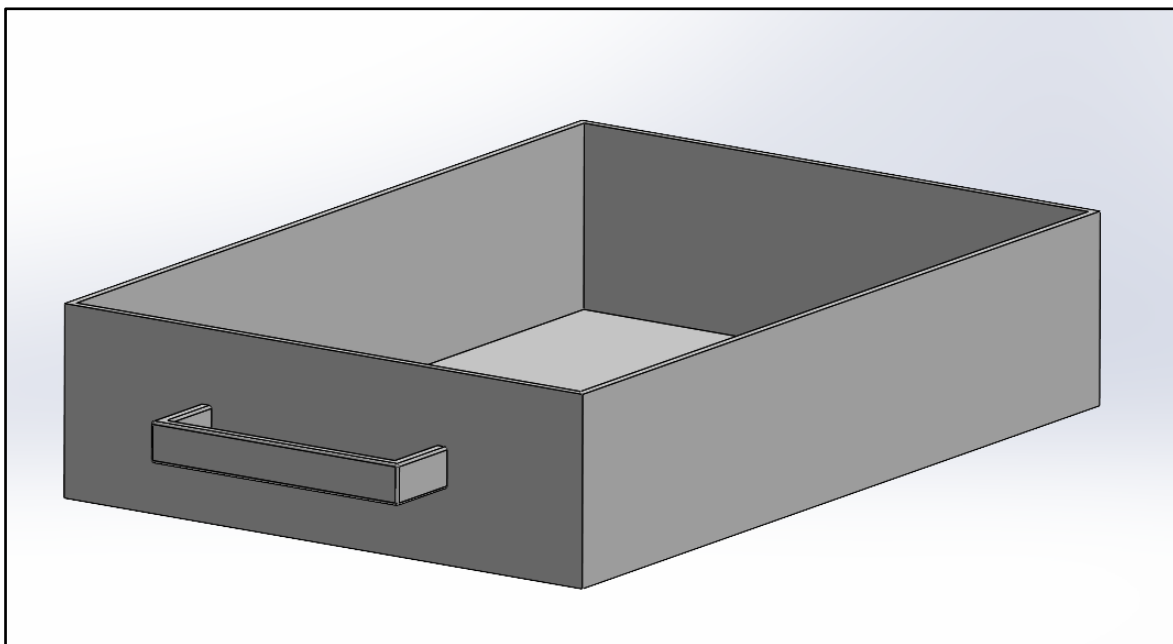


Kuva 5. Runko

Rungon (Kuva 5) suunnittelussa otettiin huomioon myös ergonomia ja käytettävyys. On tärkeää, että muovimurskaimen rungon muotoilu mahdollistaa helpon pääsyn kaikkiin tarvittaviin osiin huoltoa ja korjauksia varten. Rungon täytyy olla sen kokoinen, että syöttösuppilon (Kuva 8) kiinni ollessa, kappaleiden syöttö olisi ergonomisesti hyvällä korkeudella. Rungon suunnittelussa kiinnitettiin erityistä huomiota turvallisuuteen. Sen täytyi sisältää suojakoteloita estämään käyttäjien pääsyn vaarallisiin liikkuvien osiin. Lisäksi on tärkeää varmistaa, että rungon pinta on käsitelty asianmukaisesti estämään korroosiota ja pidentämään sen käyttöikää.

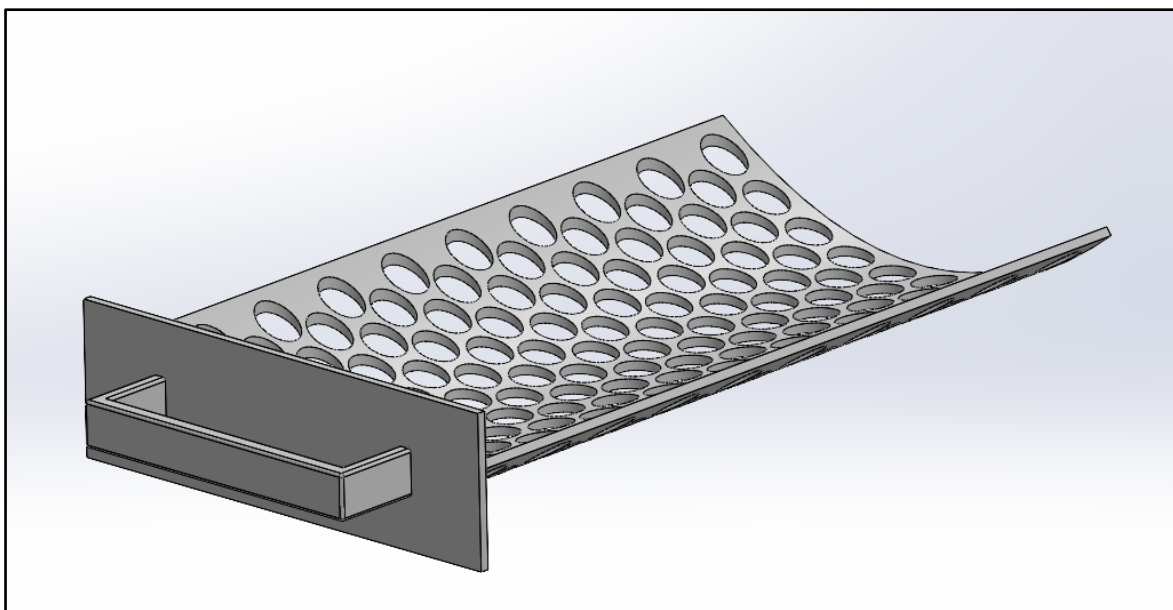
### 5.3.3 Laatikko ja suodatin

Muovimurskaimessa täytyy olla laatikko (Kuva 6), johon murske menee murskausterien jälkeen. Laatikon avulla saadaan murskejäte siirrettyä helposti jatkokäyttöön. Laatikko on mitoiltaan 220 mm x 315 mm ja se on 70 mm korkea. Laatikossa on kahva, joka helpottaa laatikon tyhjentämistä.



Kuva 6. Laatikko

Ennen laatikkoa on mahdollisuus asentaa murskesuodatin (Kuva 7), joka päästää läpi vain tietyn kokoisen murskekoon. Sen avulla voidaan erotella mahdollisesti liian suureksi jääneet murskekappaleet ja syöttää kappaleet uudestaan muovimurskaimeen. Halkaisijaltaan suodattimen reiät ovat 18 mm, jotta läpimenevän suodattuvan murskeen koko olisi sitä pienempää. Suodattimessa on laatikon tavoin kahva, joka helpottaa suodattimeen jääneen murskeen tyhjentämistä.

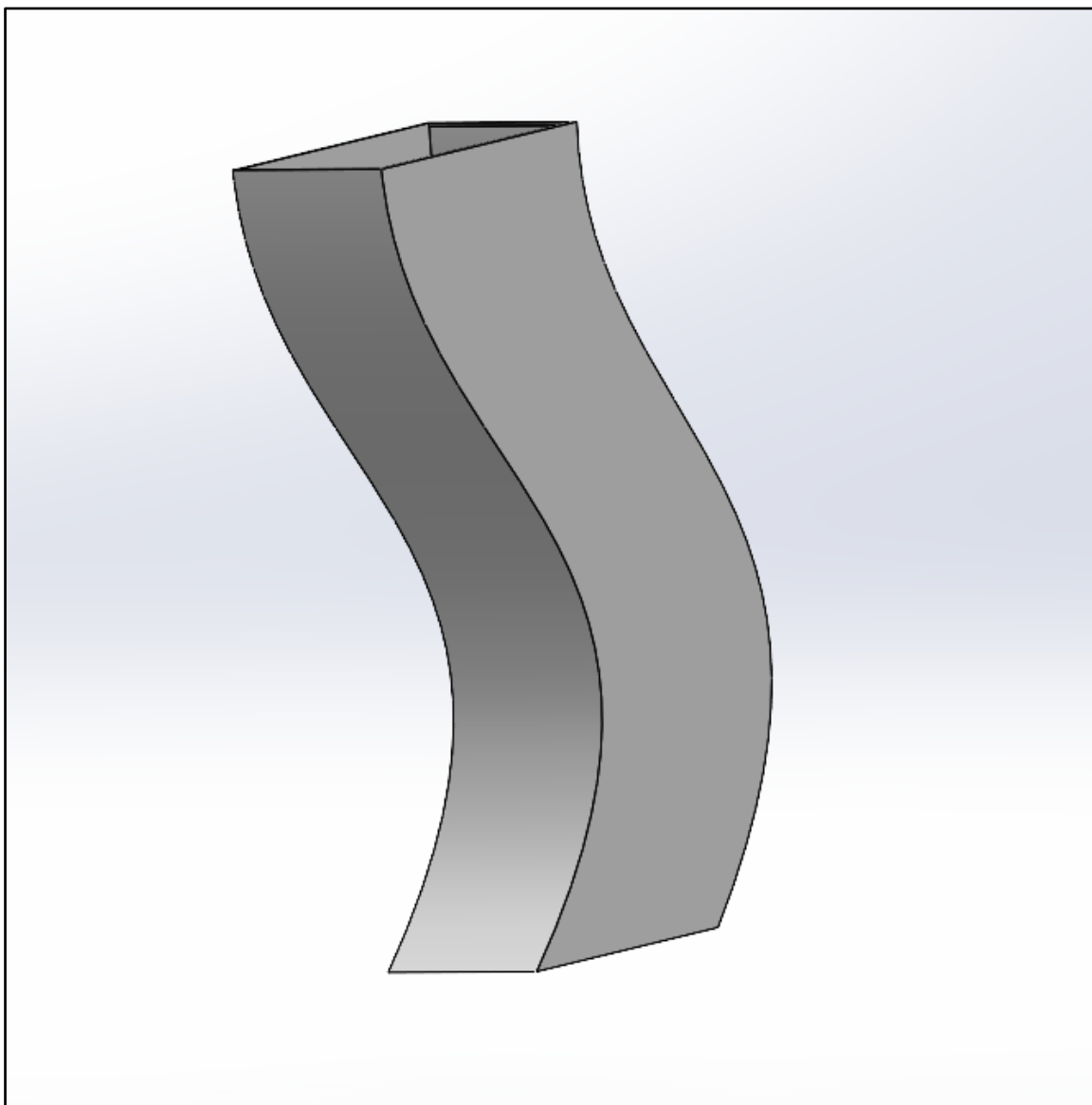


Kuva 7. Suodatin

Laatikossa ja suodattimessa on turvallisuuden takia oltava turvarajakytkin. Se on toimittava niin, että laatikon tai suodattimen ollessa auki, muovimurskain ei lähde päälle. Näin vältetään minkään murskaimeen kuulumattoman pääsevän murskausterille.

#### 5.3.4 Syöttösuppilo

Muovimurskaimen syöttösuppilo (Kuva 8) on murskaimen osa, johon muovijäte syötetään. Sen tehtävänä on ohjata materiaali murskausmekanismiin ja varmistaa tasainen syöttöprosessi. Syöttösuppilo on 750 mm korkea, jolloin koko koneen korkeudeksi tulee 1150 mm. Tulin siihen päätökseen, että 1150 mm on ergonomisesti hyvä korkeus syöttää kappaleita murskaimeen. Syöttösuppilon korkeuden takia terille, minkään sinne kuulumattoman, on haastavampi ylettyä. Suppilon syöttöaukko on 170 mm x 314 mm.



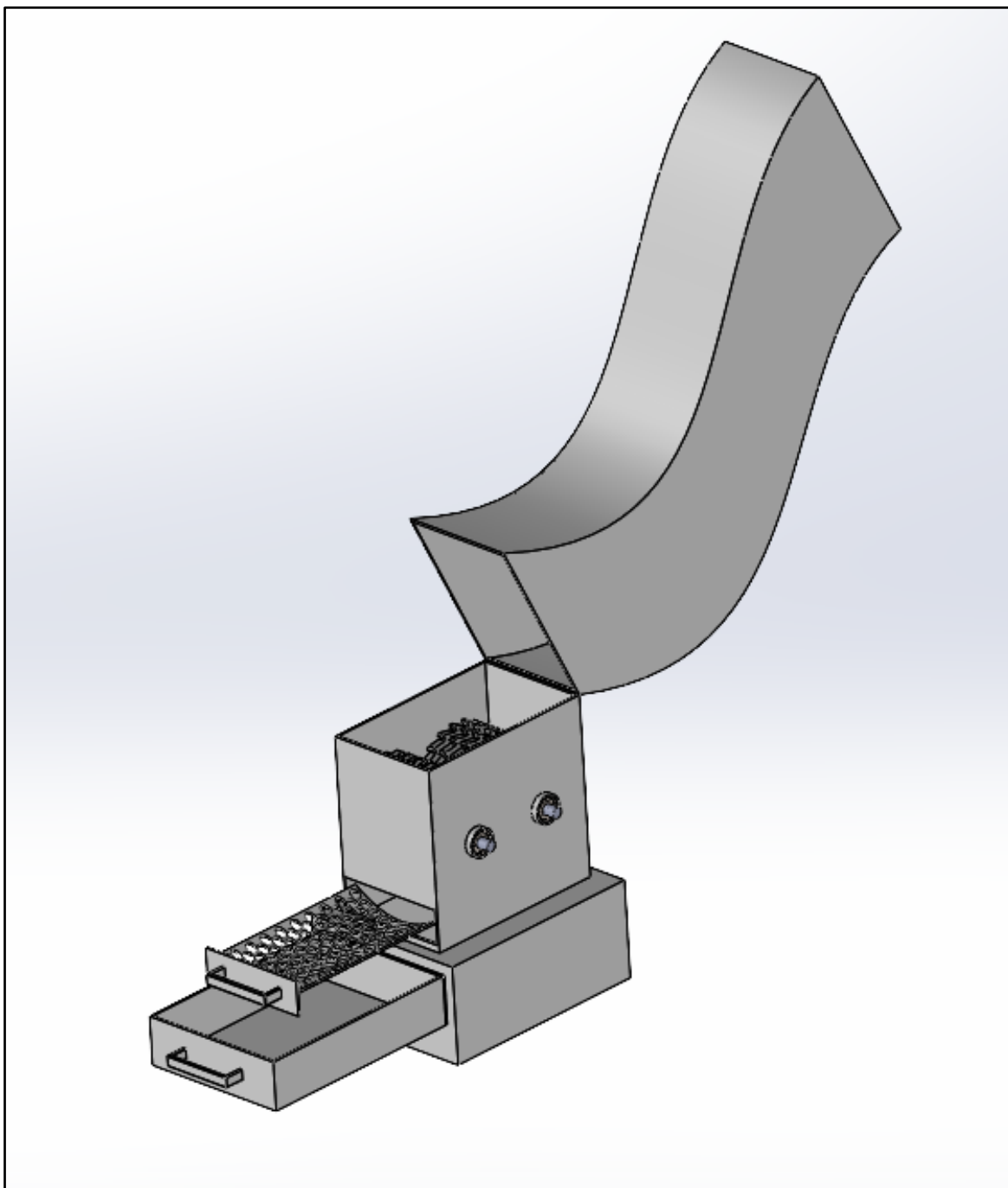
Kuva 8. Syöttösuppilo

Suppilon suunnittelussa pidin tärkeimpänä sen pituutta turvallisuuden kannalta. Kaikilla tavoin täytyy estää ihmisen ruumiinosien pääsy murskausteriin. Lisäsin muotoon mutkan, jotta matka terille pitenisi, eikä näin käsi tai muukaan ruumiinosa ylettyisi terille. Suppilon mutka myös hidastaa kappaleen putoamista terille, eikä näin riko mitään terän osia. Huolto tai ongelmatilanteessa pääsy murskausterille on helppo, koska suppilossa on saranat, joilla sen saa käännettyä pois rungon päältä. Kun suppilo aukeaa, on siihen asetettava myös turvarajakytkin, jotta muovimurskain ei lähde päälle suppilon ollessa auki.

#### 5.4 Muovimurskaimen kokoonpano

Muovimurskaimen kokoonpanokuva (Kuva 9) havainnollistaa suunnitellun koneen osien yhteensopivuutta ja koneen rakennetta kokonaisuudessa. Muovimurskaimen osat ovat

- Runko
- Teräpakka 1, joka sisältää 8 kpl pyöröteriä, 8 kpl väliholkkeja ja teräakselin
- Teräpakka 2, joka sisältää 8 kpl pyöröteriä, 8 kpl väliholkkeja ja teräakselin
- Laatikko
- Suodatin
- Syöttösuppilo
- Laakeri 4 kpl (standardiosa)
- Sarana 2 kpl



Kuva 9. Muovimurskaimen kokoonpano

Muovimurskaimen suunnittelussa on suunniteltu osien yhteensopivuus. Kokoonpanokuva (Kuva 9) havainnollistaa, minkälainen koneen rakenne on. Koko muovimurskain on korkeudeltaan 1150 mm, jolloin syöttökorkeus on kaikille ergonomisella korkeudella. Syöttösuppilo on mahdollista kääntää sivuun, jos teriin on päästävä käsiksi. Laatikon ja suodattimen aukeaminen on myös havainnollistettu kokoonpanokuvassa.

Muovimurskaimen pintakäsittely on erityisen tärkeää. Kaikenlaisten metallipinnoitteiden pääasiallinen tarkoitus on suojata metallia ympäristörasitusten aiheuttamilta vaurioilta,

esimerkiksi korroosiolta. Hyvälaatuiset metallipinnoitteet myös parantavat koko koneen kestävyyttä sekä luovat laadukkaan ulkonäön. Jopa äärimmäisissäkin sääolosuhteissa laadukkaat metallipinnoitteet pitävät koneen uudenveroisena. Kestävä metallipinnoite suojaa niin kemikaaleilta kuin vedeltäkin, sekä on olemassa metallipinnoitteita, joissa on myös palosuojaus. (Tikkurila 2024.)

## 6 Yhteenveto ja pohdinta

Tämän työn tarkoituksena oli suunnitella helppokäyttöinen ja turvallinen muovimurskain LAB-ammattikorkeakoulun työpajan jokapäiväiseen käyttöön. Tavoitteena oli kehittää jo olemassa olevaa muovimurskainta niin, että se murskaisi paremmin kevyitä ja kalvomaisia muoveja.

Muovimurskaimen suunnitteluprosessi on monivaiheinen (Hietikko 2020, 4–6). Suunnittelu-työ alkoi LAB-ammattikorkeakoulun käytössä olevan aikaisemman murskaimen ominaisuuksiin perehtymisellä ja ongelmakohtien tunnistamisella sekä tavoitteen asettamisella ja sitä tukevalla tiedonhankinnalla. Tiedon soveltaminen jatkui 3D-suunnittelussa SolidWorks-ohjelman avulla. Suunnittelun tuotoksina syntyi toimeksiannon mukaiset 3D-mallit muovimurskaimen osista sekä ja muovimurskaimen valmistus- ja kokoonpanopiirustukset LAB-ammattikorkeakoulun käyttöön.

Koneen suunnittelijalla on velvollisuus arvioida ja tunnistaa koneen vaarat sekä niistä aiheutuvat riskit. Mahdollisten riskien on oltava mahdollisimman pienet ja niitä on hallittava erilaisin turvamenetelmin, kuten turvalaittein ja suojuksin. (Työturvallisuuskeskus 2024.) LAB-ammattikorkeakoulun laajalle käyttäjäkunnalle suunnitellun muovimurskaimen käytön turvallisuutta on pyritty lisäämään rungon ja syöttösuppilon ratkaisuilla. Kehitysideana turvallisuutta voidaan lisätä hätäpysäytys- ja turvarajakytkimin.

Suunnitteluprosessin haasteet liittyivät tutkimus- ja teorian tiedon hankintaan. Muovimurskaimista löytyi hyvin tietoa tuotteen valmistavien tai myyvien yritysten verkkosivuilta, mutta objektiivista tutkimustietoa muovimurskainten suunnittelusta niukemmin. Opinnäytetyöprosessi opetti paljon konesuunnittelukokonaisuuden läpiviemisestä ja vahvisti osaamista tietokoneavusteisesta 3D-mallinnuksesta. Jatkossa vastaavissa kehitystehtävissä on hyvä panostaa parempaan aikatauluttamiseen, jossa on huomioitu varautuminen mahdollisiin aikataulumuutoksiin ja tiiviimpään yhteistyöhön toimeksiantajan kanssa suunnittelun eri vaiheissa.

Muovimurskaimen jatkokehittämisessä tulisi arvioida tehdyn suunnitelman toteuttamiskelpoisuutta, rakentaa tuote suunnitelman mukaan ja testata suunnitellun muovimurskaimen ja terämallien toimivuutta. Lisäksi kehitystyössä on hyvä arvioida myös ratkaisun ympäristöystävällisyyttä ja energiatehokkuutta, automaation ja paremman jätehallinnan integroimismahdollisuuksia murskausprosessissa.

Muovimurskaimet ovat keskeinen osa muovijätteen käsittelyä ja kierrätystä ja niiden kehitys jatkuu edelleen vastauksena kasvavaan tarpeeseen käsitellä muovijätettä kestäväällä ja tehokkaalla tavalla. Muovimurskaimia käytetään monissa eri yhteyksissä, kuten

teollisuudessa, kierrätyslaitoksissa ja jätehuollossa. Yksi tärkeimmistä käyttötarkoituksista on muovijätteen tilavuuden pienentäminen. Murskaamalla muovijäte pienemmiksi paloiksi muovimurskain vähentää merkittävästi sen tilantarvetta ja helpottaa sen varastointia, kuljetusta ja käsittelyä.

## Lähteet

Abena 2024. Muovit ja ominaisuudet. Viitattu 4.11.2024. Saatavissa

<https://www.abena.fi/tietopankki/muovit/muovit-ja-ominaisuudet>

EU:n konedirektiivi 2006/42/EY. Saatavissa [https://eur-lex.europa.eu/legal-](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX:32006L0042)

[content/FI/ALL/?uri=CELEX:32006L0042](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX:32006L0042)

Euroopan Parlamentti 2024. Muovijäte ja kierrätys EU:ssa. Saatavissa

<https://www.europarl.europa.eu/topics/fi/article/20181212STO21610/muovijate-ja-kierratys-eu-ssa>

Fangtai Plastic Machinery 2024. Everything You Need to Know About Plastic Crusher Machine. Viitattu 9.4.2024. Saatavissa

<https://www.fangtaiplasticmachine.com/resources/everything-you-need-to-know-about-plastic-crusher-machine.html>

Hefmec 2024. Koneensuunnittelu: Asiantuntijan opas 2024. Viitattu 6.11.2024. Saatavissa

<https://hefmec.fi/koneensuunnittelu-asiantuntijan-opas/>

Hietikko, E. 2023. SolidWorks 2023. Books on Demand.

Hietikko, E. 2021. Tuotekehitystoiminta. Books on Demand.

Hietikko, E. 2020. SolidWorks 2020. Books on Demand.

Muoviteollisuus ry 2024. Muovitietoa. Viitattu 4.11.2024. Saatavissa

<https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/>

Plastic Expert 2024. How Rigid Plastic is Recycled. Viitattu 17.11.2024. Saatavissa

<https://www.plasticexpert.co.uk/plastic-recycling/rigid-plastic-recycling/how-rigid-plastic-is-recycled/>

PLM Group 2024. SolidWorks 3D CAD. Viitattu 10.11.2024. Saatavissa

<https://plmgroup.fi/ohjelmistot/solidworks-3d-cad/>

Solidworks 2024a. Viitattu 10.11.2024. Saatavissa <https://www.solidworks.com/>

Solidworks 2024b. Why Choose SOLIDWORKS. Viitattu 10.11.2024. Saatavissa

<https://www.solidworks.com/solution/why-choose-solidworks>

Soxi Machine 2024. The Principle, Use and Classification of Plastic Crusher. Viitattu

9.4.2024. Saatavissa <https://www.cnsoxi.com/the-principle-use-and-classification-of-plastic-crusher.html>

Sudhakara, R. & Thunga, R. 2018. Design and Development of mini plastic shredder machine. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Viitattu 25.10.2024. Saatavissa <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/455/1/012119/pdf>

Tikkurila 2024. Opas metallipintojen teolliseen maalaukseen. Viitattu 21.11.2024. Saatavissa <https://tikkurila.fi/teollisuus/tietopankki/opas-metallipintojen-teolliseen-maalaukseen>

Tukes 2024. Koneita koskevat vaatimukset. Viitattu 4.11.2024. Saatavissa <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/koneet>

Työturvallisuuskeskus 2024. Koneet, laitteet ja työvälaineet. Viitattu 4.11.2024. Saatavissa <https://ttk.fi/tyoturvallisuus/tyoympariston-turvallisuus/koneet-laitteet-ja-tyovalineet/>

Valtioneuvoston asetuskoneiden turvallisuudesta 400/2008. Saatavissa <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2008/20080400>

Ympäristöministeriö 2018. Vähennä ja vältä, kierrätä ja korvaa. Muovitiekartta 2.0. Viitattu 19.11.2024. Saatavissa <https://ym.fi/documents/1410903/42733297/V%C3%A4henn%C3%A4+ja+v%C3%A4lt%C3%A4,+kierr%C3%A4t%C3%A4+ja+korvaa.+Muovitiekartta+2.0.pdf/4336039b-f222-dc07-6ae5-f193ad418e60/V%C3%A4henn%C3%A4+ja+v%C3%A4lt%C3%A4,+kierr%C3%A4t%C3%A4+ja+korvaa.+Muovitiekartta+2.0.pdf?t=1681804745974>