

Saska Soukka

**OHUTLEVYTUOTTEIDEN PAKKAUSTEN 3D-MALLINNUS JA
DOKUMENTOINTI**

OHUTLEVYTUOTTEIDEN PAKKAUSTEN 3D-MALLINNUS JA DOKUMENTOINTI

Saska Soukka
Opinnäytetyö
Kevät 2021
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Konetekniikka, auto- ja kuljetustekniikka

Tekijä: Saska Soukka

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Ohutlevy tuotteiden pakkausten 3D-mallinnus ja dokumentointi

Opinnäytetyön nimi englanniksi: 3D modeling and documentation of sheet metal products' packages

Työn ohjaajat: Esa Törmälä

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2021

Sivumäärä: 37 + 3 liitettä

Opinnäytetyön aiheena on ohutlevy tuotteiden pakkausten 3D-mallinnus ja dokumentointi. Kehittämistyön kohteena olevan Ruukki Construction Oy:n teräksestä valmistetut ohutlevy tuotteet toimitetaan asiakkaalle tuotekohtaisissa puupakkauksissa. Pakkaukset suojaavat tuotteita ja parantavat niiden liikuteltavuutta. Yhtiöltä puuttuu pakkauksien valmistusta koskevat piirustukset ja dokumentaatio. Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda tarkat 3D-mallit ja piirustukset pakkausten menekkiä seuraavan datan perusteella valituista pakkaustyypeistä. Tuotoksena luodut piirustukset toimisivat työkaluina yhtiön sisäisissä prosesseissa ja kommunikation apuvälineenä pakkauksia valmistavan alihankkijan ja niitä tilaavan yhtiön välillä. Opinnäytetyössä ei käsitellä puisten pakkausten kokoamiseen käytettäviä ruuveja, nauloja, muoveja tai muita kiinnitys- ja pakkaustarvikkeita.

Yhtiön tuotteisiin ja pakkauksiin tutustuttiin tehdasvierailujen aikana. Pakkauksien ja tuotteiden mitoista laadittiin muistiinpanot, joiden pohjalta pakkaukset mallinnettiin etänä. Tiedostoille luotiin yksinkertainen pakkaustyyppikohtainen kansiohakemisto ja Excel-tiedosto, johon koottiin opinnäytetyössä käsiteltyjen pakkausten päämitat, raaka-ainekulutukset ja piirustusnumerot.

Opinnäytetyön tuloksena luotiin 19 eri pakkauksen 3D-mallit ja tarkat piirustukset, joiden perusteella pakkaukset pystytään valmistamaan ilman muita ennakkotietoja. Piirustuksiin sisällytetty tieto raaka-ainekulutuksesta helpottaa pakkausten kulu- ja tarjouslaskentaa ja luo näkökulmia pakkauksen rakenteen optimointiin. Opinnäytetyön aikana pystysaumakatteiden uusiksi pakkaustyypeiksi luotujen vakiomittaisten V70- ja V71-pakkausten raaka-ainekulutusta verrattiin nykyisen käytössä olevan määrämittaisen V20-pakkauksen raaka-ainekulutukseen. Tuloksien perusteella yrityksen kannattaa jatkaa V70- ja V71-pakkauksen kehittämistä ja ohjata pakkaustoimintoja suuntaan, jossa määrämittaisesta pakkaustavasta voitaisiin luopua. Tämä loisi yritykselle säästöjä ja pienentäisi sen hiilijalanjälkeä.

Asiasanat: pakkaus, 3D, CAD, tietokoneavusteinen suunnittelu, logistiikka, piirustus, ohutlevy tuote

ALKULAUSE

Haluan kiittää työn toimeksiantajaa Ruukki Construction Oy:tä, joka tarjosi mahdollisuuden tähän opinnäytetyöhön, vaikka työn ajankohta oli Covid-19-pandemian vuoksi haastava. Lisäksi haluan kiittää yhtiön henkilöitä, joiden kanssa sain työskennellä tämän työn aikana. Erityinen kiitos kuuluu Vimpelin toimipisteen tuotantopäällikkö Tuomo Hovilalle, joka on ollut aktiivinen yhteyshenkilö minun ja yhtiön välillä ja antanut vastauksia työn aikana ilmenneisiin kysymyksiin.

Haluan myös kiittää opinnäytetyön ohjaavaa opettajaa lehtori Esa Törmälää, joka tuki opinnäytetyöni etenemistä kokemuksellaan ja asiantuntemuksellaan.

Saska Soukka 19.5.2021

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
2 PAKKAUKSEN MERKITYS	9
2.1 Tuotteiden suojaaminen	9
2.2 Tuotteiden liikuteltavuus	10
2.3 Tuotetietojen ja yrityksen näkyvyys	10
3 TIETOKONEAVUSTEINEN SUUNNITTELU	12
3.1 2D:n ja 3D:n väliset eroavaisuudet	12
3.2 Tekninen piirustus	15
3.2.1 Koneenpiirustus ja sen sisältö	16
3.2.2 Työkalu kulu- ja tarjouslaskentaan	17
4 PAKKAUSTEN MALLINNUKSEN JA PIIRUSTUSTEN LUOMINEN	18
4.1 Lähtötietojen kerääminen	18
4.2 Mallinnusprosessi	19
4.2.1 Tiedostonhallinta	20
4.2.2 Osien eli part-tiedostojen luonti	20
4.2.3 Kokoonpano eli assembly	23
4.3 Teknisten piirustusten luonti	25
5 TULOKSET	29
6 YHTEENVETO	33
LÄHTEET	35
LIITTEET	
Liite 1 Piirustusten yhteenveto	
Liite 2 V65-pakkauksen piirustukset	
Liite 3 V93-pakkauksen piirustukset	

SANASTO

2D two-dimensional, kaksiulotteinen

3D three-dimensional, kolmiulotteinen

CAD computer aided design, tietokoneavusteinen suunnittelu

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä käsitellään Ruukki Construction Oy:n työhön rajattujen käytössä olevien pakkausten 3D-mallintamista ja teknisten piirustusten luomista. Valmiiden piirustusten on tarkoitus toimia valmistusohjeena pakkausten valmistajalle sekä työkaluna kulu- ja tarjouslaskennassa ja yhtiön sisäisissä prosesseissa. Näillä toiminnoilla pyritään yhdenmukaistamaan pakkausten laatua ja luomaan säästöjä yritykselle. Kun mahdolliset pysyvät muutokset tai lisäykset pakkauksen rakenteeseen dokumentoidaan aina piirustuksiin, voidaan olla varmoja siitä, että muutos on kaikkien osapuolien hyväksymä. Pakkauksen virtuaalinen tarkastelu on myös eri yhteyksissä helpompaa, kun siitä on olemassa dokumentaatio. Opinnäytetyön kohteena ovat puiset pakkaukset ja niiden osat eikä työssä käsitellä pakkausten kokoamiseen käytettäviä ruuveja, nautoja, suojamuoveja tai muita kiinnitys- ja pakkaustarvikkeita.

Ruukki Construction Oy Vimpelin toimipisteessä valmistetaan yrityksille ja kuluttajille teräksestä erilaisia tuotteita, kuten kattotuotteita, keloja, arkkeja, kantavia poimulevyjä ja orsia. Tuotteilla on tuotekohtaiset pakkaustyytit, jotka on koottu ylläpidettävään pakkausluetteloon Vxx-kirjainnumeroyhdistelmällä. Pakkaustyyppi määräytyy tuotteen mukaan. Yhdellä tuotteella voi olla useampi kuin yksi pakkaustyyppi. Pakkaus voi olla esimerkiksi puinen koko tuotteen ympäröivä runko tai pelkkä tuotteen alle asetettava puualusta. Pakkaustyytin valintaan voi tuotteen lisäksi vaikuttaa sen ulkomainen toimituspaikka, jolloin pakkauksella saattaa olla logistisia erityisvaatimuksia. Taustalla voi olla myös jokin muu erikoisjärjestely tai asiakkaan toive, johon halutaan vastata parhaalla mahdollisella tavalla.

Työhön valikoitui 11 eri pakkaustyyppiä. Valinnat tehtiin hyödyntäen pakkausten menekkiä seuraavaa dataa. Näin löytyivät kysytyimmät pakkaustyytit. Yksi pakkaustyyppi voi lisäksi sisältää muun muassa eripituisia alustoja, minkä vuoksi tässä tapauksessa eri pakkausmalleja dokumentoitiin lopulta 19, joista kaksi on esimerkkinä liitteissä 2 ja 3.

Ruukki Construction Oy on SSAB-konsernin alla toimiva organisaatio, joka tuottaa erilaisia rakentamisen tuotteita ja palveluja Ruukki- ja Plannja-päätuotemerkeillä. Yhtiöllä on tuotantoa ja muita toimintoja tarjoavia yksiköitä kymmenessä Euroopan maassa, ja se työllistää yhteensä noin 1 400 henkilöä. Yhtiön pääkonttori sijaitsee Helsingissä. (1.)

Nykyiseksi muodostunut liiketoiminta alkoi Rannilan toimesta vuonna 1961 Vimpelin kunnassa, jossa katteita ja muita ohutlevytuotteita valmistetaan edelleen. Vuonna 1991 Rannilan liiketoiminta myytiin silloiselle Rautaruukille, ja vuonna 2004 yhtiön nimeksi tuli nykyinen Ruukki, joka on sittemmin vielä tarkentunut Ruukki Construction Oy:ksi. (2.) Opinnäytetyön kirjoittaja on työskennellyt Ruukki Construction Oy:n Vimpelin toimipaikassa työnjohtajana vuosien 2019 ja 2020 kesäkausina.

2 PAKKAUKSEN MERKITYS

On yleisessä tiedossa, että tuotteiden pakkaamisella ja pakkauksilla on erilaisia merkittäviä tehtäviä. Pakkauksen on tarkoitus suojata tuotetta ympäristöstä erityyvältä liialta ja bakteereilta sekä muilta tuotteeseen negatiivisesti vaikuttavilta aineilta (3). Pakkauksella voi olla myös ympäristöystävällinen näkökulma kuten moottoriöljyn tapauksessa, jossa pakkauksen tehtävä suojata ympäristöä tuotteelta on yhtä tärkeässä roolissa kuin itse tuotteen suojeleminen. Pakkaukset helpottavat tuotteen käsittelyä sekä jakeluketjussa että kuluttajan käsittelyssä. Pakkauksia ja suurten tuotteiden pakkaamista kehittämällä voidaan helpottaa tuotteen käsittelyä esimerkiksi nosturilla tai trukilla. Pakkaamalla tuote suunnitellusti pakkaukseen, joka helpottaa raskaiden tai ulkomuodoltaan vaikeiden ja hankalamuotoisten tuotteiden käsittelyä ja siirtämistä, ehkäistään tuotteen vaurioitumista, toisin sanoen kustannuksia. Pakkauksen tarkoituksena voi myös olla tuotteen brändin esille tuominen ja sen ominaisuuksista tiedottaminen. (4.)

Nykyisin on yhä enemmän noussut esiin myös pakkauksen ekologinen näkökulma. Pakkauksen ekologisuuteen on mahdollista vaikuttaa monella tavalla kuten valitsemalla pakkauksen raaka-aineeksi ympäristöystävällisiä ja kierrätettäviä materiaaleja. (5.) Tässä opinnäytetyössä käsiteltävien pakkausten raaka-aine, puu, on uusiutuva ja ekologinen luonnonmateriaali (6). Puusta voi jalostaa myös muita pakkaustarvikkeita kuten aaltopahvia (7). Pakkauksen ympäristövaikutuksia voi pyrkiä minimoimaan optimoimalla pakkausprosessia.

Tässä opinnäytetyössä käsiteltävien pakkauksien tuotteilla on ominaisuuksia, jotka on täytynyt ottaa huomioon pakkauksen suunnittelussa. Näitä ominaisuuksia ovat muun muassa tuotteiden suuri koko, ulkomuodosta aiheutuva hankala käsiteltävyys ja raskas paino. Lähetyksen toimituspaikka voi myös vaikuttaa pakkauksen rakenteeseen.

2.1 Tuotteiden suojaaminen

Pakkauksen tärkein tehtävä on suojata tuotetta ympäristön aiheuttamilta rasituksilta. Ennen alustalle tai pakkauksen sisälle asettamista tuote suojataan pakkausprosessissa tuotteen tyypistä riippuen muun muassa suojamuovilla, -pahvilla ja

metallisilla kulmasuojilla. Pakkausprosessin jälkeen tuote asetetaan pakkaukseen, joka voi olla esimerkiksi tuotteen ympäröivä runko tai pelkkä alusta. Pakkaus suojaa tuotetta käsittelyn ja kuljetuksen aiheuttamalta rasitukselta. Tuote kiristetään puupakkaukseen muovisella kiristysvanteella, jotta se ei pääse liikkumaan tai irtoamaan pakkauksestaan. Puseen pakkauksen osat kiinnitetään toisiinsa nauloilla, jotta pakkauksen valmistus ja purkaminen on nopeaa.

Tuotteet kuljetetaan lähes poikkeuksetta tehtaalta kuorma-autolla joko suoraan asiakkaalle tai esimerkiksi satamaan odottamaan jatkoyhteyttä ulkomaan toimintukohteeseen. Tuotteeseen kohdistuu kuljetuksen aikana paljon erilaisia voimia varsinkin koneellisista nostoista. Pakkauksia saatetaan joissain tapauksissa myös pinota päällekkäin, jos pakkaustyyppi sen sallii.

2.2 Tuotteiden liikuteltavuus

Pakkausprosessin jälkeen tuotteita käsitellään lähes poikkeuksetta suuren painon ja hankalan ulkomuodon vuoksi, tuotteen valmistumishetkestä asiakkaalle saakka, nostureilla tai trukeilla. Sen vuoksi jokainen tässä opinnäytetyössä tarkasteltavana oleva pakkaus on yhteensopiva konenostoon. Tehtaalla käytettävien trukkien nostohaarukoiden minimileveys on täytynyt ottaa huomioon varsinkin lyhyimmissä pakkauksissa. Jos pakkauksen nostohaarukalle tarkoitettu väli on liian kapea, nosto voi olla vaarallinen ja epäonnistuessaan kaataa tuotteen aiheuttaen sen vikaantumisen. Epävarmat käsittelytavat ja kyseenalaiset konenostot luovat myös merkittävän työtaturmariskin.

2.3 Tuotetietojen ja yrityksen näkyvyys

Tuotteen suojaamisen ja liikuteltavuuden helpottamisen lisäksi pakkauksella on mahdollista markkinoida yritystä ja informoida asiakasta tuotteen ominaisuuksista. Tämän opinnäytetyön pakkausten tapauksessa ostopäätös tuotteen ostoon on jo tehty näkemättä pakkausta eikä se näin ollen varsinaisesti vaikuta viimeiseen ostopäätökseen kuten elintarvikemyymälän hyllyllä vierekkäin olevien tuotteiden pakkaukset. Pakkauksen rakenne on suunniteltu pääosin logistiikan näkökulma priorisoituna. Pakkaustarvikkeiden, kuten pahvin ja suojamuovin grafiikkaan on kuitenkin sisällytetty valmistajan logoja.

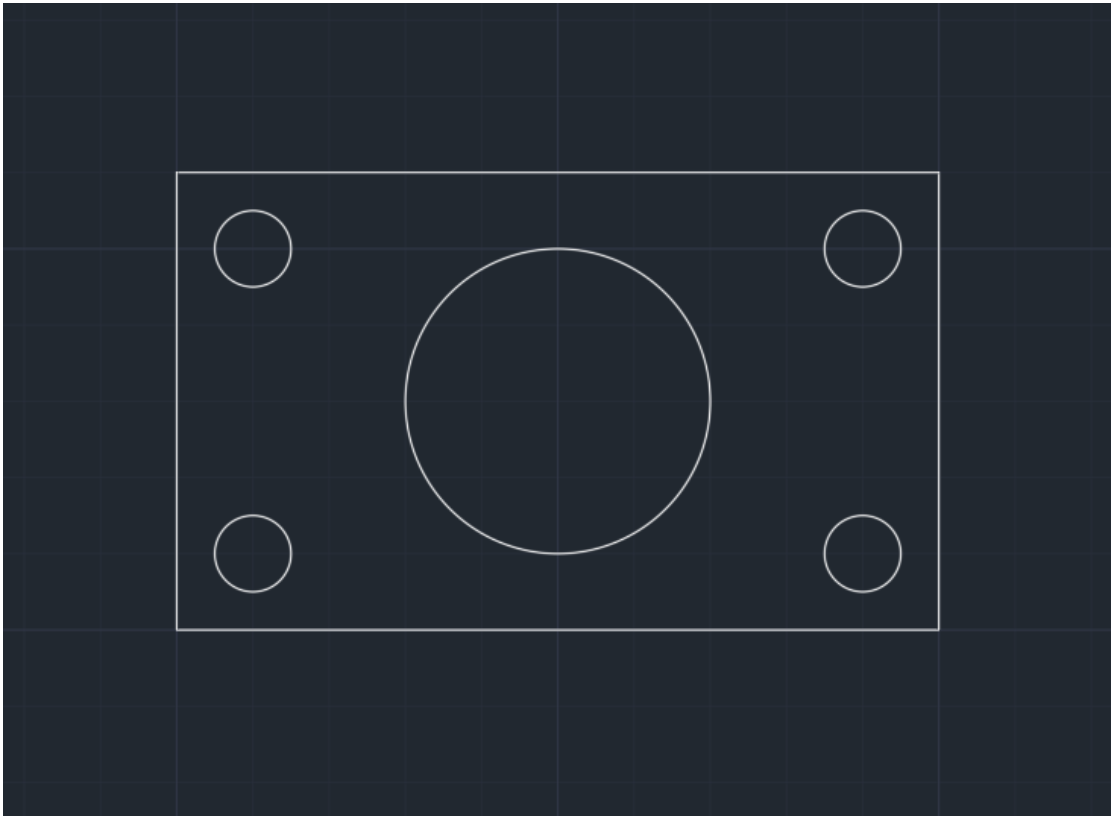
Pakkaustarvikkeisiin sisältyy myös kollimerkintätarra, joka kertoo muun muassa erilaisia spesifikaatioita pakkauksen sisällöstä, tilaajan yhteystiedot, toimipaikan sekä tehtaan sisäisen lastausalueen. Lisäksi mukana tulee tuotekohtaisia asennusohjeita ja pakkauksen sekä tuotteen käsittelyä koskevia varoituksia ja ohjeita.

3 TIETOKONEAVUSTEINEN SUUNNITTELU

Nykyisellään tietokoneavusteinen suunnittelu eli Computer Aided Design (CAD) on suunnittelijoiden perustyökalu varsinkin teollisuus- ja arkkitehtuurikäytössä. Vuonna 1963 Ivan Sutherland antoi ensimmäisen demonstraation tietokoneavusteisesta suunnittelusta ja vuosi tämän jälkeen suuri teknologiayritys IBM (International Business Machines) esitteli ensimmäisen kaupallisen CAD-ohjelmistonsa. Tietokoneiden kehittyttyä tehokkaammiksi myös CAD-ohjelmistot edistyivät ja syrjäyttivät aikanaan perinteisen piirtämisen. (8, s. 288.) Yrityskäytössä johtavia CAD-ohjelmistoja ovat muun muassa Dassault Systemésin SolidWorks, PTC:n CATIA, Siemensin NX sekä Autodeskin AutoCAD ja tässä työssä käytetty Inventor (9).

3.1 2D:n ja 3D:n väliset eroavaisuudet

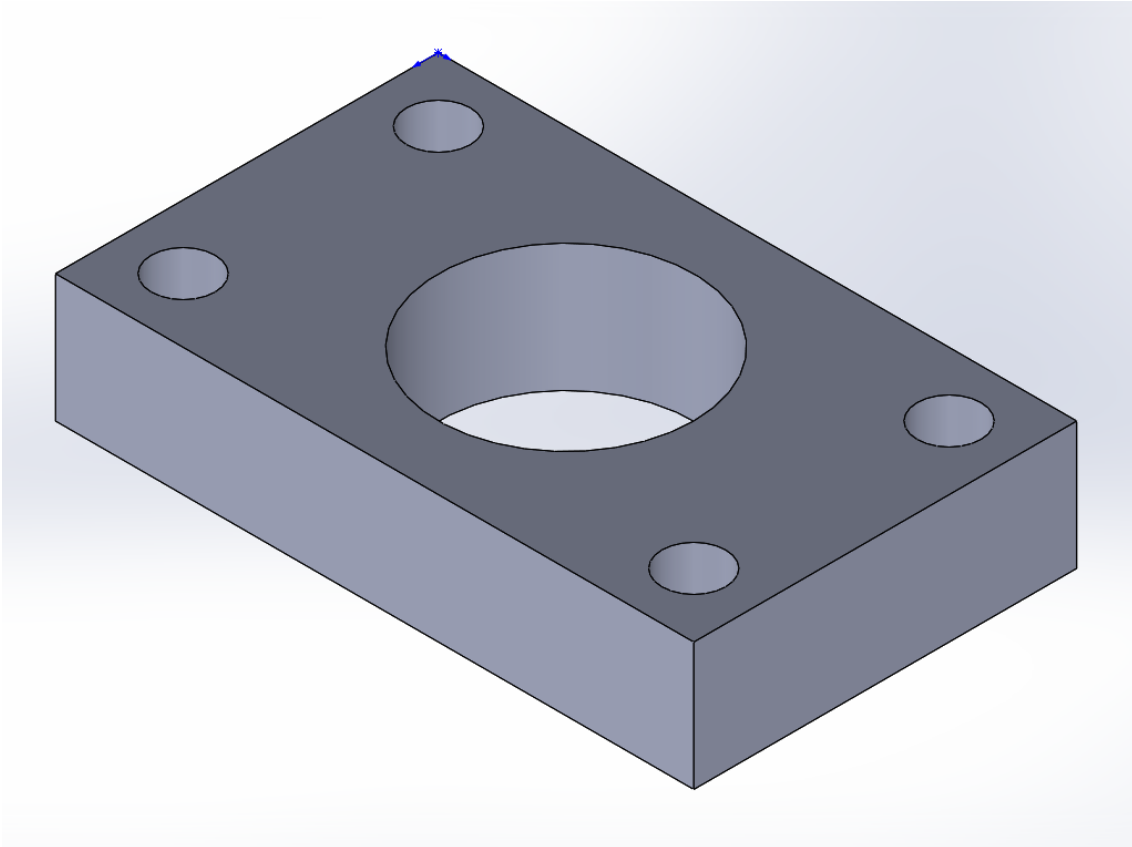
Tietokoneavusteinen suunnittelu voi tarkoittaa joko kaksiulotteista (2D) tai kolmiulotteista (3D) kohteiden tai kappaleiden kuvaamista. Pisteiden ja lokaatioiden sijoittaminen tapahtuu hyödyntäen koordinaatistoa, jossa on kaksi tai kolme akselia. Kaksiulotteisessa piirtämisessä kappale piirretään tasossa, jossa käytössä on vain X- ja Y-suuntaiset akselit. Kuvan 1 kaltaisella 2D-kuvalla on vain yksi tarkasteltava kuvakulma eikä kappaleesta ole saatavilla esimerkiksi tietoa sen massasta, tiheydestä tai muusta analysoitavasta ominaisuudesta, jonka laskenta vaatisi myös Z-suuntaisen syvyysulottuvuuden.



KUVA 1. AutoCAD-ohjelmistolla piirretty esimerkki 2D-piirroksesta

Vaikka 3D-suunnittelu on syrjäyttänyt hieman 2D-suunnittelua, kaksiulotteisia piirustuksia käytetään edelleen konepajateollisuuden lisäksi esimerkiksi sähkö-, putkisto- ja prosessikaavioissa, koska ne voivat usein olla yksinkertaisempia toteuttaa 2D-ohjelmistolla. Kuten tämän opinnäytetyönkin tapauksessa, on yleistä, että kappaleesta luodaan ensin 3D-malli, josta sitten luodaan kaksiulotteinen tekninen piirustus valmistusta varten. Kaksiulotteisen piirustuksen merkitys kuitenkin mitä todennäköisimmin pienenee tulevaisuudessa. (10, s. 18.)

Kolmiulotteisessa suunnittelussa X- ja Y-suuntaisten dimensioiden lisäksi mallilla on myös Z-suuntainen syvyyssuuntavuus. Tämä luo mallista realistisen näköisen ja mahdollistaa virtuaalisesti kappaleen vapaan kääntämisen ja liikuttelun sekä yksityiskohtaisen tarkastelun kuten kuvassa 2.



KUVA 2. SolidWorks-ohjelmistolla mallinnettu kolmiulotteinen esimerkkikappale

Kolmiulotteisesta mallista on saatavilla välittömästi luomisen jälkeen paljon erilaista luotettavaan laskentaan pohjautuvaa tietoa sen ominaisuuksista verrattuna kaksiulotteisen piirroksen tarjoamaan tietoon kuten kuvan 3 esimerkissä on nähtävillä. Näitä tarvittavia tietoja voivat olla massa, tiheys, tilavuus tai esimerkiksi massakeskipisteen sijainti. Kolmiulotteiseen malliin on myös mahdollista simuloida erilaisia siihen kohdistuvia voimia ja tutkia niiden vaikutusta kappaleeseen. (11.)

General	Summary	Project	Status	Custom	Save	Physical
Material						
<input type="text" value="1,000 g/cm^3"/>						Update
Density		Requested Accuracy			Clipboard	
1,000 g/cm ³		Low				
General Properties						
<input type="checkbox"/> Include Cosmetic Welds			<input type="checkbox"/> Include QTY Overrides			
Center of Gravity						
Mass	16,407 kg (Relative Er	X	500,562 mm (Relative			
Area	2002108,606 mm ² (Y	-326,498 mm (Relativ			
Volume	16406784,000 mm ³	Z	147,033 mm (Relative			
Inertial Properties						
Principal		Global		Center of Gravity		
Mass Moments						
Ixx	1505020,858 kç	Calculated using negative integral.				
Ixy	0,000 kg mm ² :	Iyy	3021687,154 kç			
Ixz	-0,000 kg mm ²	Iyz	-0,000 kg mm ²	Izz	3573026,830 kç	

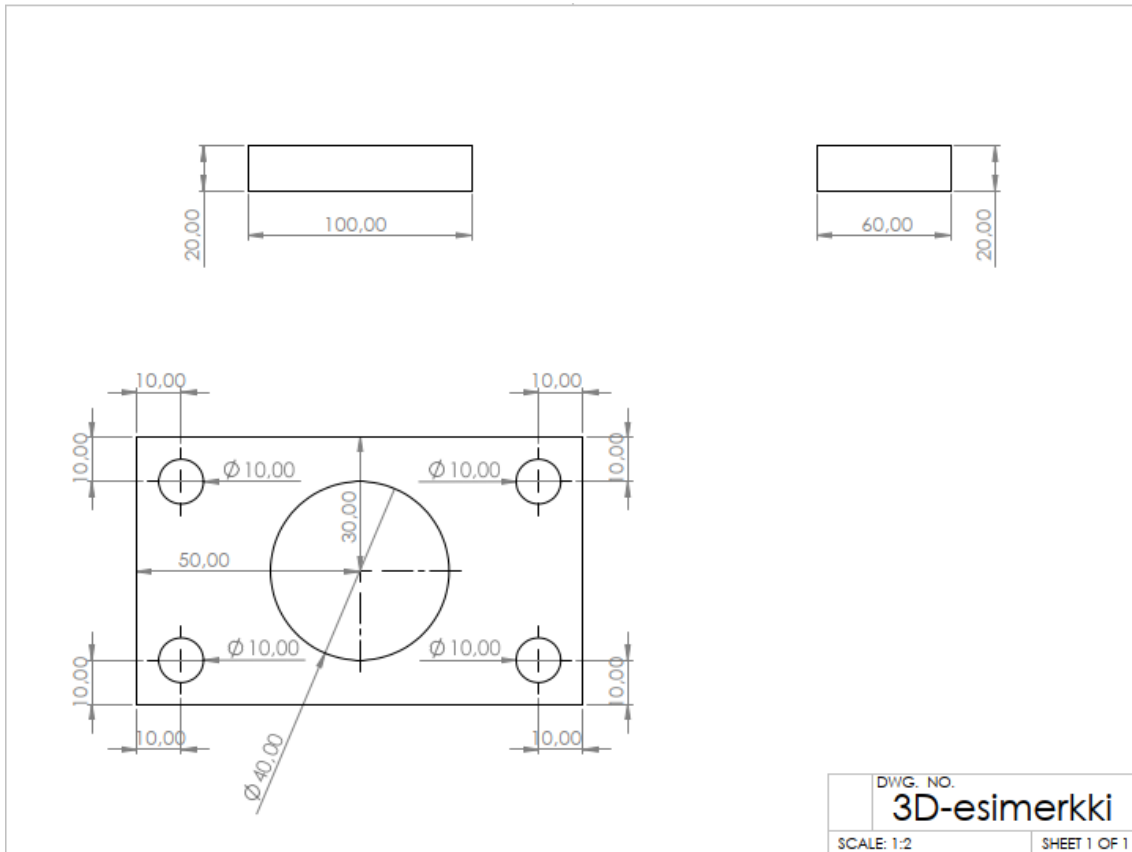
KUVA 3. Esimerkkikuva kolmiulotteisesta kappaleesta saatavista ominaisuuksista

3.2 Tekninen piirustus

Tekninen piirustus on tarkka informatiivinen kuva, joka toimii ohjeena jonkin asian, rakennuksen, laitteen tai kokonaisuuden esittämiseen, valmistamiseen tai kokoamiseen. Piirustus on nopeampi, helpompi ja selkeämpi tapa esittää asioita verrattuna siihen, että asia esitettäisiin verbaalisesti kirjoittaen tai puhuen. (12, s. 12.) Tekniset piirustukset toimivat kommunikaatiosiltana usean eri toiminnon ja ihmisryhmän välillä. Teknisten piirustusten tyyppejä ovat esimerkiksi koneenpiirustus, sähköpiirustus ja arkkitehtipiirustus. (13.)

3.2.1 Koneenpiirustus ja sen sisältö

Koneenpiirustuksia voi soveltaa monenlaisiin muihinkin käyttötarkoituksiin kuin osien piirustuksiin (kuva 4). Koneenpiirustus voi toimia myös kokoonpano-ohjeena tai käyttöohjepiirustuksena. Riittävän valmistusinformaation määrän lisäksi koneenpiirustuksen tärkein kriteeri on matala väärintulkittamisen mahdollisuus. (14, s. 2.)



KUVA 4. SolidWorks-ohjelmistolla luotu malliesimerkki koneenpiirustuksesta

Piirustukseen sisällytetään kohteen mittojen lisäksi myös muita käyttötarkoitusta tukevia tietoja kuten valmistusmateriaali, skaalausuhde, versionumero ja piirustuksen luomispäivämäärä. Yrityksen hallinnassa oleviin piirustuksiin sisällytetään myös piirtäjän nimen tai nimikirjaimien lisäksi piirustuksen hyväksyjän merkintä. Hyväksyjänä voi toimia esimerkiksi piirustusprosessin toimeksiantaja, projektinvetäjä tai muu tarkistuksesta vastaava taho. Versiomerkinnot ovat tärkeitä, jos mallin muutosprosessissa tai versiohistorian tarkastelussa esiintyy ristiriitaisuuksia. Merkintöjen avulla yritys pystyy seuraamaan, kuka muutoksia on tehnyt

ja millä perustein, jolloin piirustusten hallinnointi säilyy järjestelmällisenä ja selkänä.

3.2.2 Työkalu kulu- ja tarjouslaskentaan

Piirustukseen on mahdollista sisällyttää laajasti erilaista informaatiota. Tämän opinnäytetyön tilaajan pyyntö, sisällyttää kuviin pakkauskohtainen puun raaka-ainekulutusmäärä, toimii hyvänä esimerkkinä siitä. Raaka-ainekulutuksen määrän merkinnällä pyritään nopeampaan ja tarkempaan kulu- ja tarjouslaskentaan. Pakkauksien valmistushintojen kysyminen eri toimijoilta on helpompaa, kun valmistajat voivat piirustuksia tarkasteltuaan arvioida nopeasti pakkauskohtaisen valmistushinnan. Toiminto nopeuttaa kulu- ja tarjouslaskentaan liittyviä prosesseja ja säästää yrityksen resursseja.

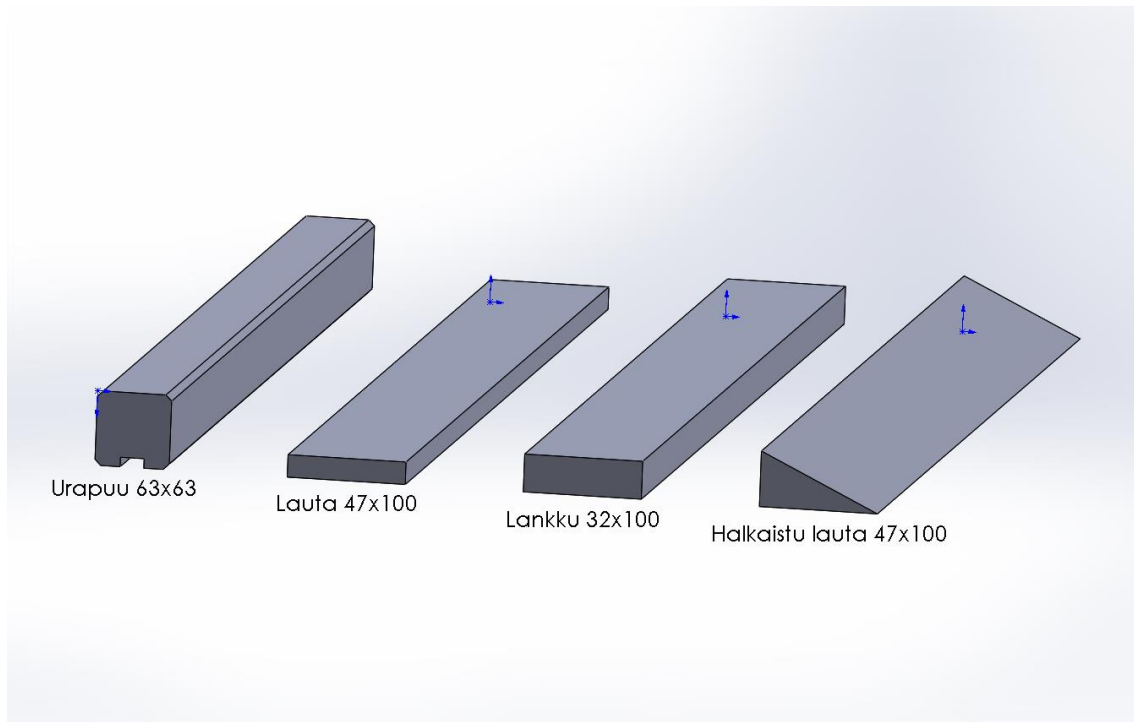
4 PAKKAUSTEN MALLINNUKSEN JA PIIRUSTUSTEN LUOMINEN

Tässä opinnäytetyössä luotujen teknisten piirustusten on tarkoitus toimia työkaluna pakkauksia valmistavan alihankkijan ja niitä tilaavan yhtiön eli Ruukki Construction Oy:n välillä. Ruukilla oli ennestään vakiintuneet tuotekohtaiset pakkausmallit, mutta niistä ei ollut tarkkaa dokumentaatiota eli piirustuksia valmistusta varten. Opinnäytetyön tekohetkellä pakkauksia valmisti Vimpelin toimipisteen lähetyksellä sijaitseva Vimpelin Puu ja Parkki Oy. Keskustelun perusteella alihankkijalla oli pakkausten valmistuksesta vähäistä dokumentaatiota mutta pääosin niiden valmistus perustui muistiin sekä valmistustoistojen kehittämään kokemukseen.

4.1 Lähtötietojen kerääminen

Koska Ruukilla tai pakkauksia valmistavalla alihankkijalla ei ollut olemassa tarkkaa dokumentaatiota käytössä olevista pakkauksista, prosessin ensimmäinen askel oli kerätä niistä informaatiota 3D-mallien luontia varten. Käytännössä tämä tarkoitti vierailuja tehtaalla, joiden aikana pakkauksia ja tuotteita mitattiin ja tutkittiin sekä tutustuttiin niiden yksityiskohtiin, jotka olivat mallinnuksessa huomionarvoisia. Aikaisempi työkokemus Ruukilla helpotti lähtötietojen keräämistä merkittävästi, sillä tuotteet ja näiden pakkaukset olivat pääpiirteittäin ennestään tuttuja.

Lisäksi selvitettiin pakkauksissa käytettävät puulaadut ja niiden standardimitat. Materiaalien puulajit valikoituvat pääasiassa hinnan ja saatavuuden mukaan koska materiaalille ei ollut asetettu esimerkiksi ulkonäöllisiä kriteerejä vaan pakkaukset valmistettiin logistinen näkökulma etusijalla. Pakkauksissa käytettävät materiaalit koostuivat erikokoisista urapuista, lautatavarasta ja lankuista, joista osa on nähtävillä kuvassa 5.



KUVA 5. SolidWorks-ohjelmistolla luotuja malliesimerkkejä erilaisista pakkauksissa käytettävistä raaka-ainetyypeistä

Tuote kiinnitettiin jokaisessa työn pakkaustyyppissä pakkaukseen muovisella vanenauhalla. Tästä syystä suurimmassa osassa pakkauksista alustan pohjan puuna käytetään urapuuta, jotta alustan ja tuotteen ympäri kiristettävä muovivanne pysyisi paikallaan. Pakkauksissa käytettävät muut materiaalit ovat mitä todennäköisimmin valikoituneet sillä ajatuksella, että sama pakkaus kestäisi eri painoisten tilausten painon. Hyvänä esimerkkinä toimii kelapakkaus V90, joka on suunniteltu kestäämään 50–200 juoksumetrin pituiset tilaukset, jolloin painoeroa voi syntyä lyhimmän ja pisimmän kelamäärän välillä jopa 720 kiloa peltimateriaalin ollessa 0,5 millimetriä paksua sekä 1 250 millimetriä leveää.

4.2 Mallinnusprosessi

3D-mallien piirtämiseen käytettiin Autodesk Inventor Mechanical Professional 2019 ohjelmistoa. Autodesk Inventor on tuote- ja mekaniikkasuunnitteluun tarkoitettu solid modeling-ohjelmisto. Ohjelmisto sisältää myös työkaluja muun muassa simulointiin, automaatio suunnitteluun, lujuustarkasteluun sekä lukuisiin muihin toimintoihin, joiden avulla tuotetta tai kappaletta halutaan tutkia ja tarkastella ennen sen valmistusta (15). Pääsyy tämän ohjelmiston valintaan oli se, että Ruukki

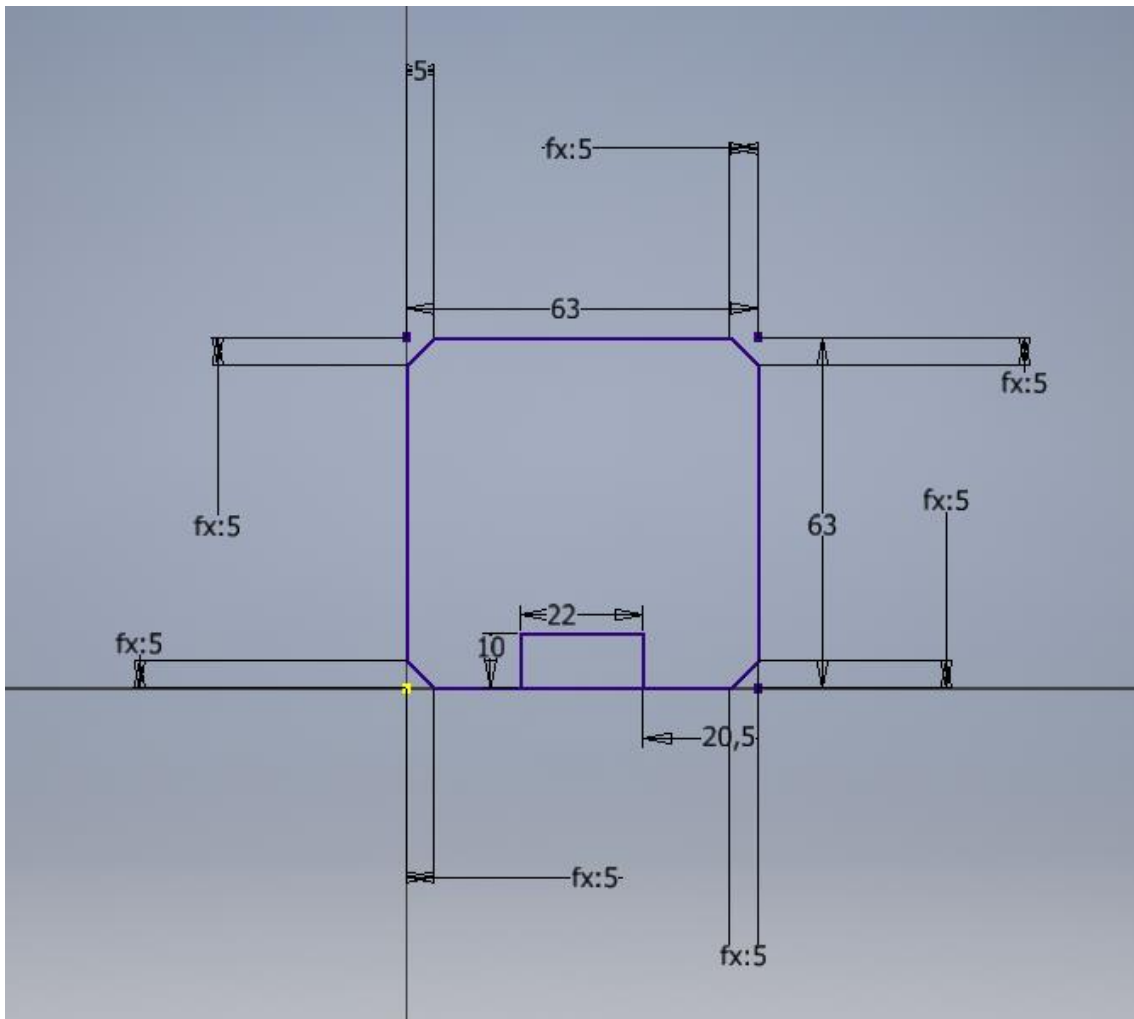
omisti lisenssin Autodeskin tuotteisiin. Ohjelmisto ei ollut tekijälle tuttu ennen opinnäytetyöprosessia, joten se opeteltiin sen aikana.

4.2.1 Tiedostonhallinta

Yhtiöllä ei ollut valmista hakemistoa piirustuksille. Ennen mallinnuksen aloittamista tiedostoille luotiin yksinkertaiset pakkausnumerokohtaiset kansiot, jotta tiedostonhallinta olisi selkeää. Pakkausnumerokohtaisten pääkansioiden alle luotiin erilliset alikansiot osille, *assembly*-tiedostoille eli tiedostoille, joissa osat koottiin yhteen valmiiksi pakkaukseksi sekä piirustuksien PDF-tiedostoille ja muille mahdolliselle dokumenteille. Jos kaikki yksittäisen pakkauksen tiedostot tallennettaisiin yhteen kansioon, joidenkin pakkausten tapauksessa samassa kansiossa olisi lähes 200 tiedostoa. Piirustukset nimettiin piirustusnumerolla, joka koostui pakkaustyypistä ja juoksevasta numeroinnista.

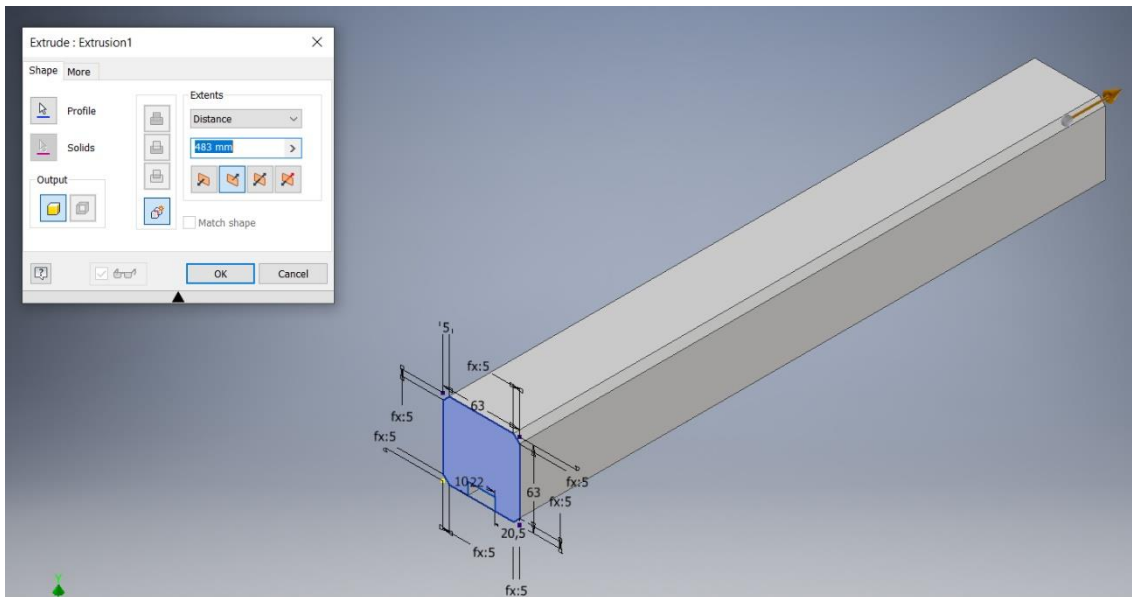
4.2.2 Osien eli part-tiedostojen luonti

Mallinnus alkoi yhdistelemällä aikaisemmin kerättyä informaatiota pakkausten mitoista sekä niissä käytettävistä raaka-ainetyypeistä. Tehdasvierailuilla otetuilla kuvilla sai myös hahmoteltua pakkausten kokonaisuutta ja tiettyjä ominaisuuksia, joiden merkitseminen muistiinpanoihin olisi ollut tehdasvierailujen aikana liian aikaa vievää. Mallinnus suoritettiin pakkaus kerrallaan. Ensin mallinnettiin pakkauksen erikokoiset ja -pituiset puuosat. Osan mallintaminen aloitettiin luomalla *sketch* eli sketsi, joka on haluttua muotoa kuvaava vektorigrafiikka, joka piirretään kaksiulotteisena haluttuun tasoon (16). Kuvassa 6 on nähtävillä 63x63 urapuun sketsi.



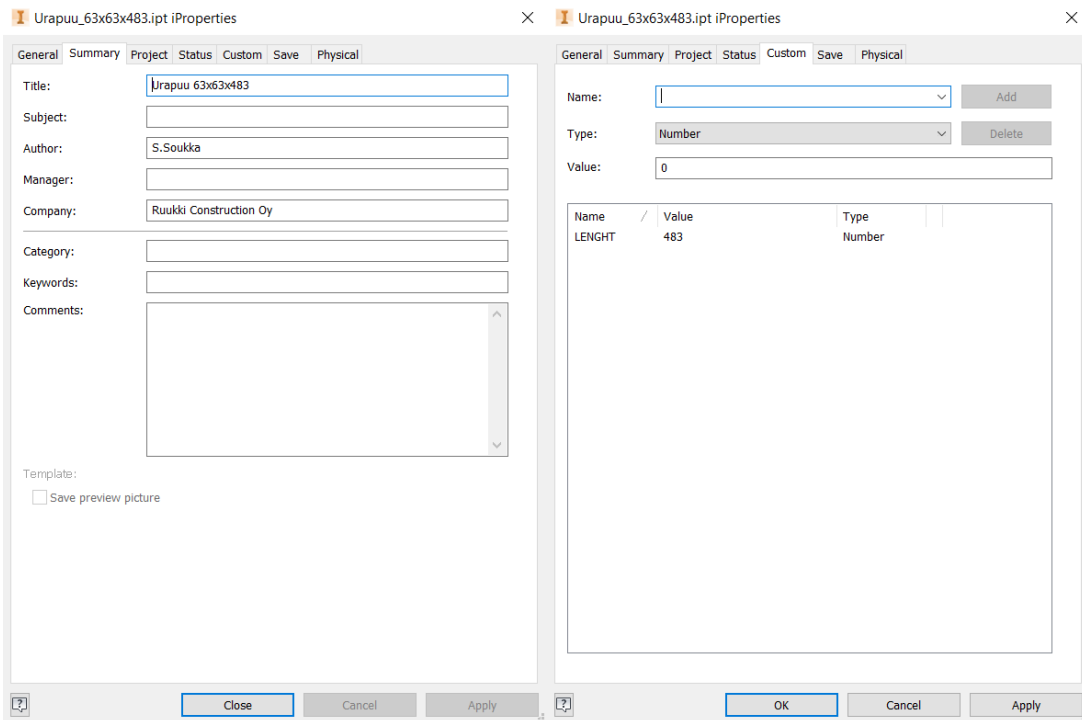
KUVA 6. 63x63 urapuun sketsi

Sketsi toimii usein jonkin toiminnon luonnoksena. Toiminto voi olla esimerkiksi pursottaminen eli *extrude* tai toiminto, jolla tehdään jo pursotettuun malliin esimerkiksi kierrereikä tai muu muoto (17). Tässä tapauksessa luonnosta käytettiin pursottamiseen, jolloin syntyy sketsin muotoinen ja määriteltävän mittainen kolmiulotteinen kappale (kuva 7).



KUVA 7. Sketsistä pursotettu urapuun muoto

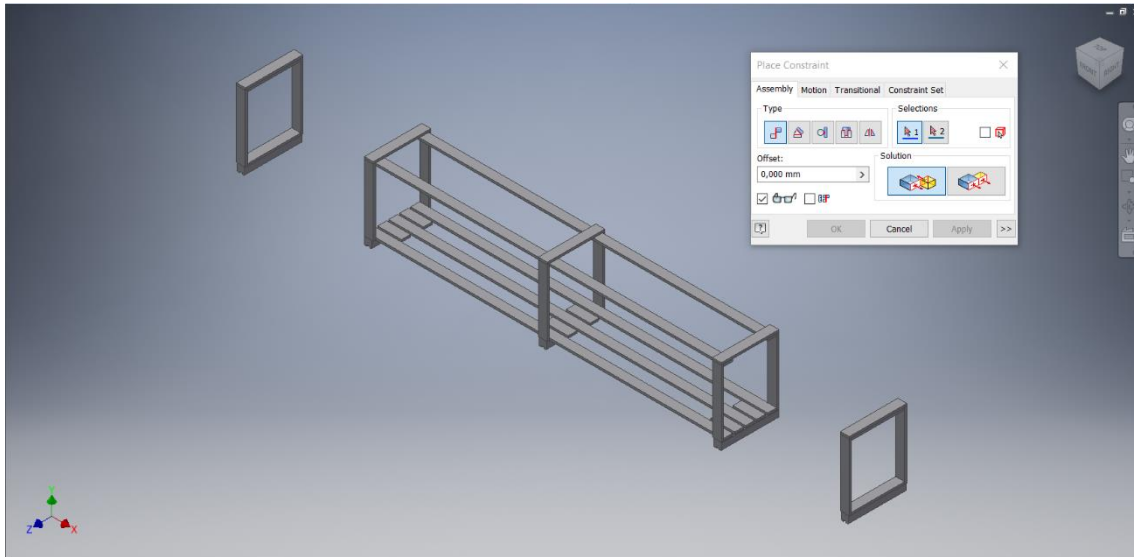
Kappaleen muodostamisen jälkeen sen *iProperties*-ominaisuuksiin (kuva 8) syötettiin sen yksityiskohtaisia taustatietoja, kuten nimi ja osanumero sekä suunnittelijan nimi. Custom-välilehdelle on mahdollista luoda esimerkiksi erilaiseen laskentaan tarkoitettuja lisäarvoja tai tekstejä, joille ei ole valmista osiota, johon ne voisi syöttää. Tässä tapauksessa tälle välilehdelle lisättiin "LENGHT"-tunnukselle osan pituus millimetreinä koska osaluetteloon haluttiin lisätä yksinkertaisella tavalla osan pituudelle erillinen kolumni.



KUVA 8. Malliesimerkki osan iProperties-tiedoista

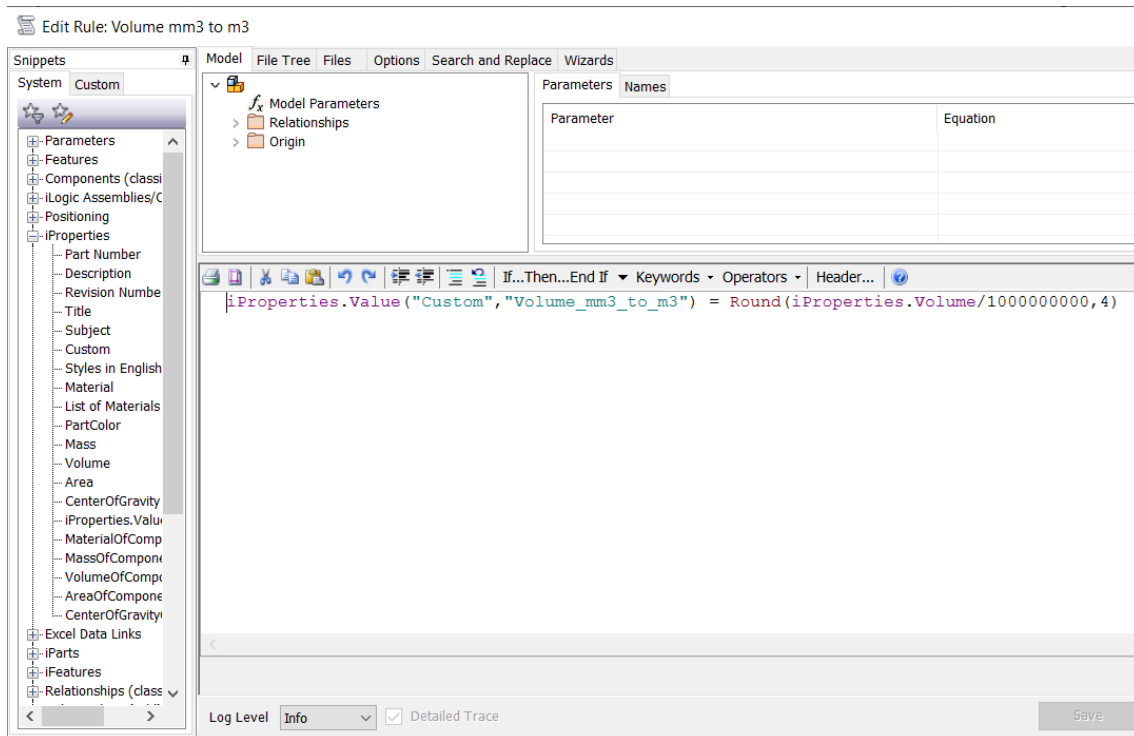
4.2.3 Kokoonpano eli assembly

Kun kaikki pakkauksen osat oli mallinnettu, luotiin *assembly*- eli kokoonpanotiedosto tai -tiedostoja. Jos pakkaus sisälsi erikseen esimerkiksi alustan ja kannen, näistä tehtiin erilliset alikokoonpanot. Kokoonpanotiedostoissa osat ja mahdolliset alikokoonpanot liitetään toisiinsa käyttäen Inventorin *constraint*-toimintoa (kuva 9). *Constraint*-toiminnossa kappaleita sijoitetaan avaruuteen toistensa suhteen, jolloin kahden tai useamman eri kappaleen välisinä referensseinä voi käyttää esimerkiksi eri sivujen etäisyyttä tai kulmaa (18). Näin osat saadaan haluttuun sijaan ja niistä muodostuu haluttu kokoonpano.



KUVA 9. V71-pakkauksen kokoonpanonäkymä

Ohjelmisto osaa itse laskea luotettavasti osan tai kokoonpanon sisällön osien tilavuuden eli ts. raaka-ainekulutuksen. Vaikka tilavuuden yksikön voi muuttaa halutuksi kokoonpanotiedostossa, ohjelmisto ei osannut kuitenkaan automaattisesti esittää sitä kuutiometreinä enää piirustustiedostossa. Mallinnusprosessin loppuksi Inventorin iLogic-toimintoon luotiin *rule* eli sääntö, joka muuttaa tilavuuslaskennan yksikön kuutiomillimetreistä kuutiometreihin (kuva 10). Sääntö haluttiin luoda siksi, että raaka-ainekulutuksen yksikkö olisi käytännönläheisempi.



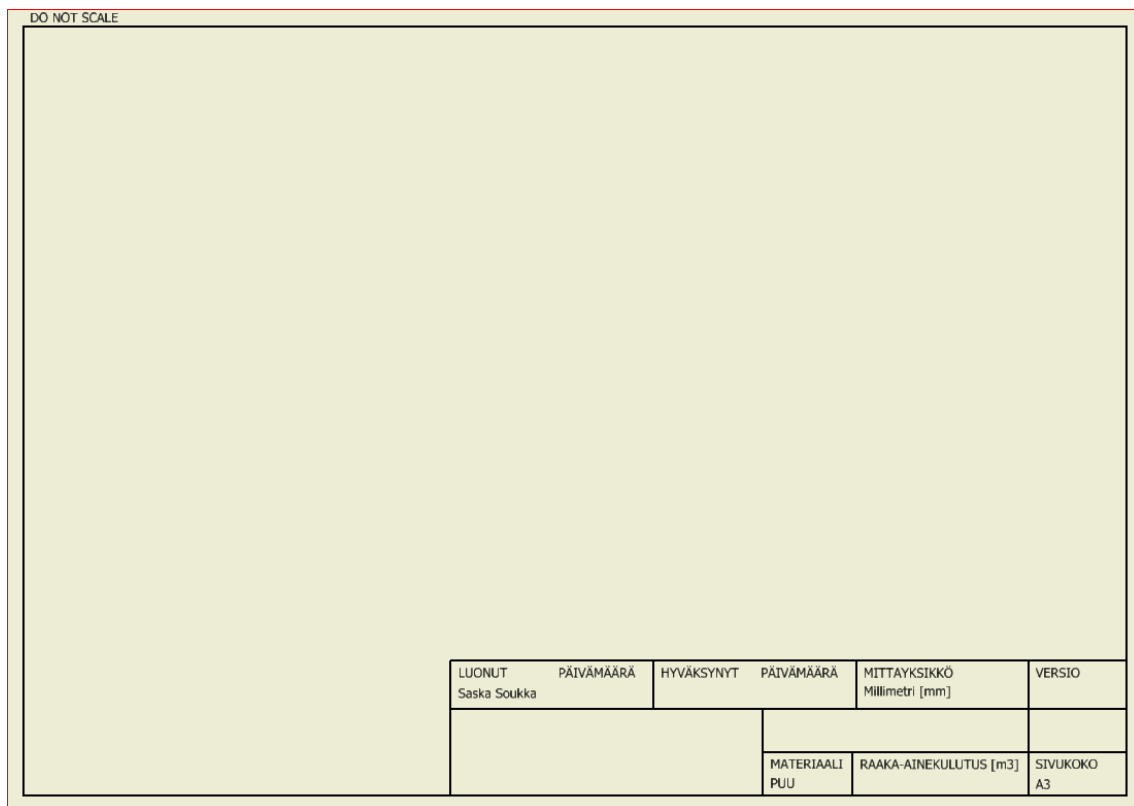
KUVA 10. Inventorin iLogic-toimintoon lisätty sääntö, joka suorittaa yksikkömuunnoksen kuutiomillimetreistä kuutiometreihin

iLogic on Inventorin toiminto, jolla voi luoda makroja, komentoja ja työkaluja, joiden avulla voi automatisoida erilaisia laskentaa tai spesifejä tehtäviä, joita ei esimerkiksi löydy ohjelmiston perustoiminnoista (19). Jos kokoonpanoon tai sen osiin tehdään tilavuuteen vaikuttavia muutoksia, kuten lisätään osia tai muutetaan olemassa olevien osien kokoa, täytyy iLogicin komento suorittaa aina uudestaan, jotta raaka-ainekulutuksen määrä päivittyy piirustukseen.

4.3 Teknisten piirustusten luonti

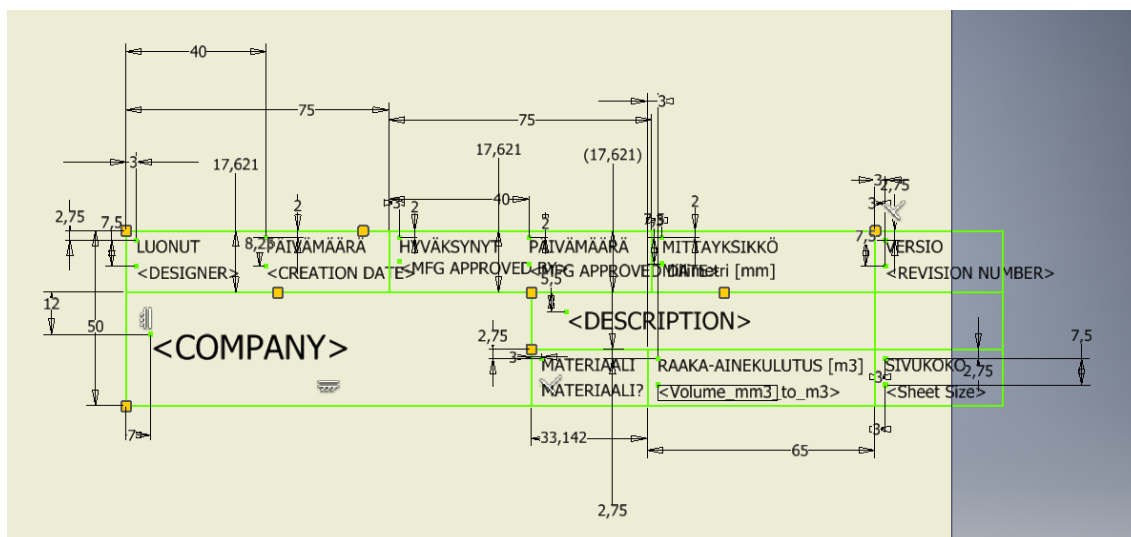
Kun organisaation toimintoihin kuuluu suunnittelua ja toistuvaa suunnittelutiedostojen luontia, on järkevää luoda piirustuksille ensin järjestelmälliset pohjatiedostot eli *template*-tiedostot (kuva 11). Näitä tiedostoja käytetään piirustustiedostojen pohjana, jotta kaikista piirustuksista saadaan mahdollisimman yhdenmukaisia eikä piirustuksen reunoja eli *bordereita* tai muuta sisältöä tarvitse aina määrittää uudelleen haluamukseen. Pohjatiedoston luonti myös nopeuttaa ja helpottaa yksilön työtä, sillä hyvin määritelty pohjatiedosto osaa täyttää useita piirustuksessa näkyvillä vaadittavia spesifikaatioita automaattisesti poistaen mahdollisen ihmisen tekemän virheen mahdollisuuden. Pohjatiedostoon voi luoda ennalta

muun muassa ääriviivat, kohdistusmerkkejä ja esimerkiksi skaalaukseen liittyviä huomiotekstejä. (20.)



KUVA 11. Valmis tiedostopohja piirustuksille

Pohjatiedostoon sisällytetään Inventorissa *titleblock*-nimikkeellä määritetty osio, johon voi sisällyttää tietoja esimerkiksi piirustuksen revisiosta, valmistukseen liittyvistä huomioista tai tiedoston suunnittelijasta ja hyväksyjästä. *Titleblock*-osion laatikot sekä tiedot ovat täysin käyttäjän määriteltävissä ja muokattavissa (kuva 12).



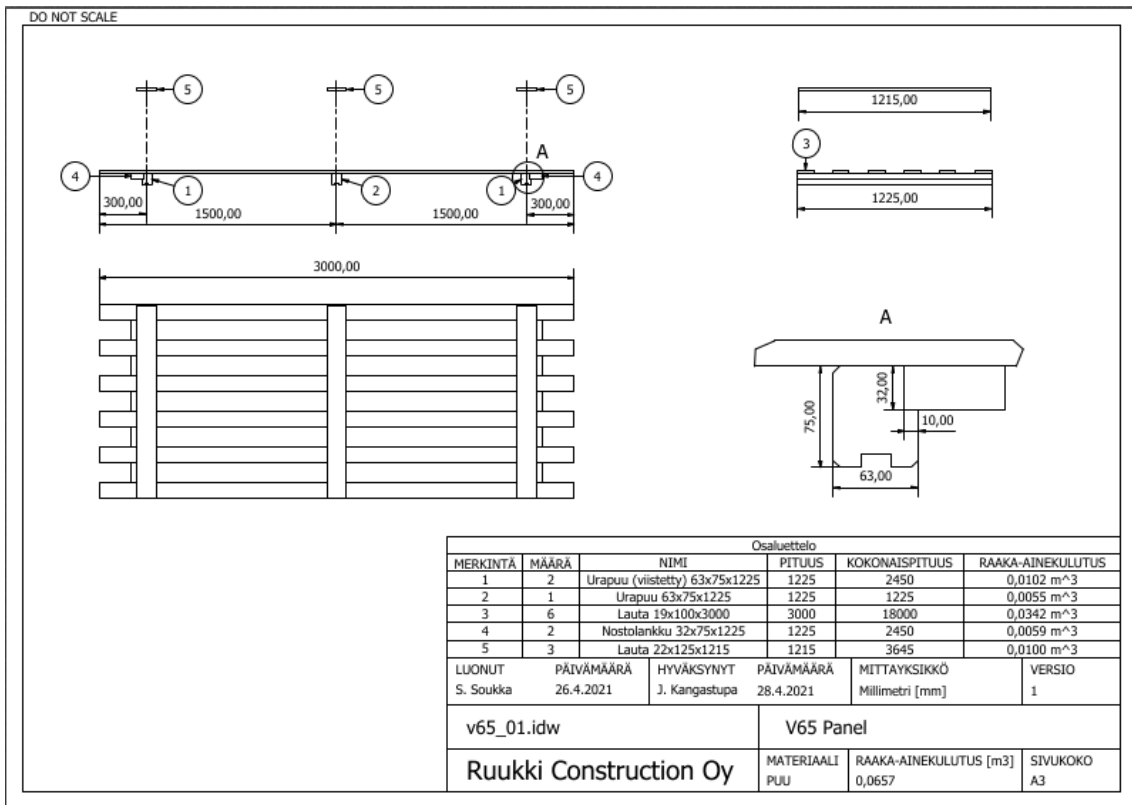
KUVA 12. Esimerkkikuva titleblock-osion määrittämisestä

Kun mieleinen pohjatiedosto saatiin luotua piirustukselle, siitä tallennettiin talteen tyhjä idw-formaatin kopio, jotta se on uudelleenkäytettävissä muita projektin piirustuksia varten. Pohjatiedoston tallentamisen jälkeen 3D-malli tuotiin piirustustiedostoon, jolloin voitiin valita muun muassa skaalauksen koko, projektiot eli kuvakulmat joista pakkausta tarkastellaan 90 asteen välein sekä projektioiden sijainti. Kun projektiot saatiin asetettua piirustukseen, niihin lisättiin erilaisia mittatietoja, kohdistusviivoja ja suurennuskuvia pienemmistä yksityiskohdista, joita tarvitaan pakkauksen valmistamiseen.

Projektioiden mitoitusien ja yksityiskohtien lisäämisen jälkeen tarkistettiin pohjatiedoston automaattisesti täyttämät tiedot, jotka se on generoinut 3D-malliin syötetyistä tiedoista. Tarkastetut piirustustiedostot tallennettiin piirustusnumerolla, jossa ensimmäinen tunnus määrittää pakkaustyyppin ja toinen pakkaustyyppin juoksevan numeroinnin. Esimerkiksi V22-pakkaustyyppin lyhimmän eli 2 000 millimetriä pitkän arkkiastian piirustusnumero on v22_01 ja pakkaustyyppin seuraavan alustakoon eli 2 500 millimetriä pitkän alustan piirustusnumero on v22_02.

Koska tiedostoja on tarkoitus käyttää tarjosten kyselyyn, niiden tiedostomuoto on järkevä muuttaa generisempään muotoon. Tämän vuoksi piirustuksista luotiin piirustusnumeroilla nimetyt PDF-tiedostot, minkä jälkeen ne luovutettiin yhtiölle hyväksyntää varten. Hyväksyjän nimi sekä hyväksynnän päivämäärä

päivitetiin kaikkiin piirustus- ja PDF-tiedostoihin niiden hyväksynnän jälkeen (kuva 13).

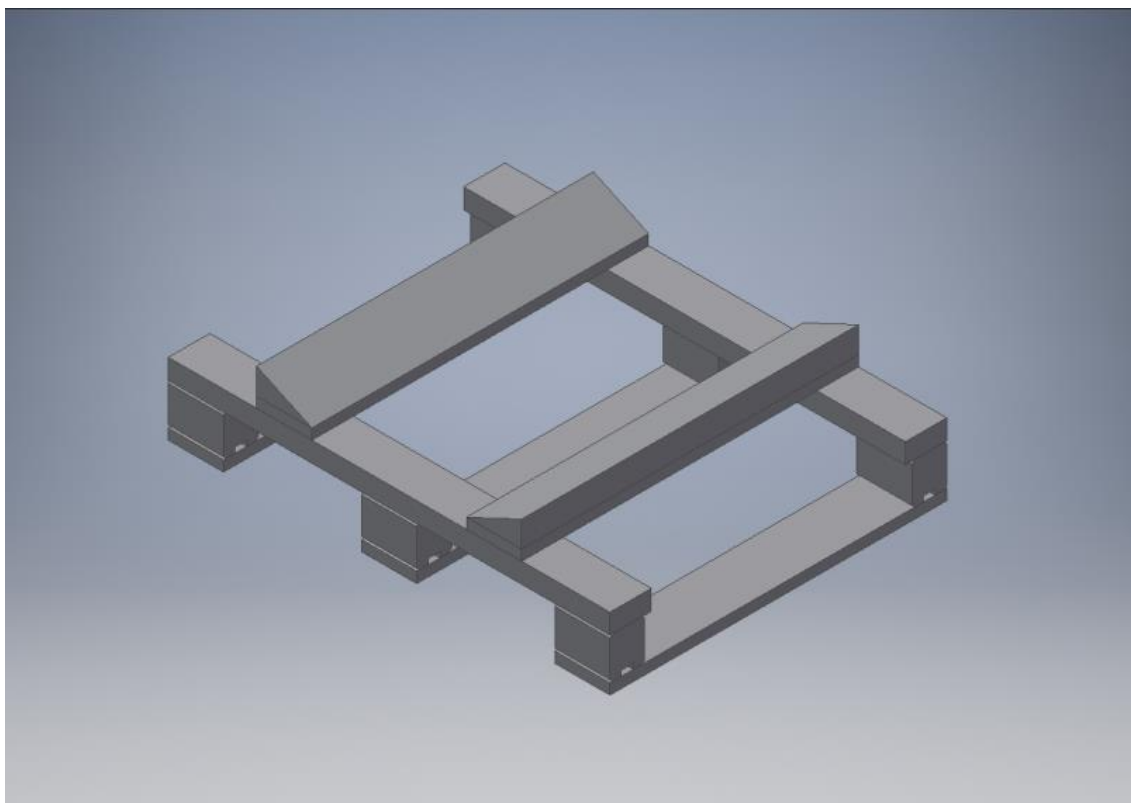


KUVA 13. V65-pakkauksen piirustus

5 TULOKSET

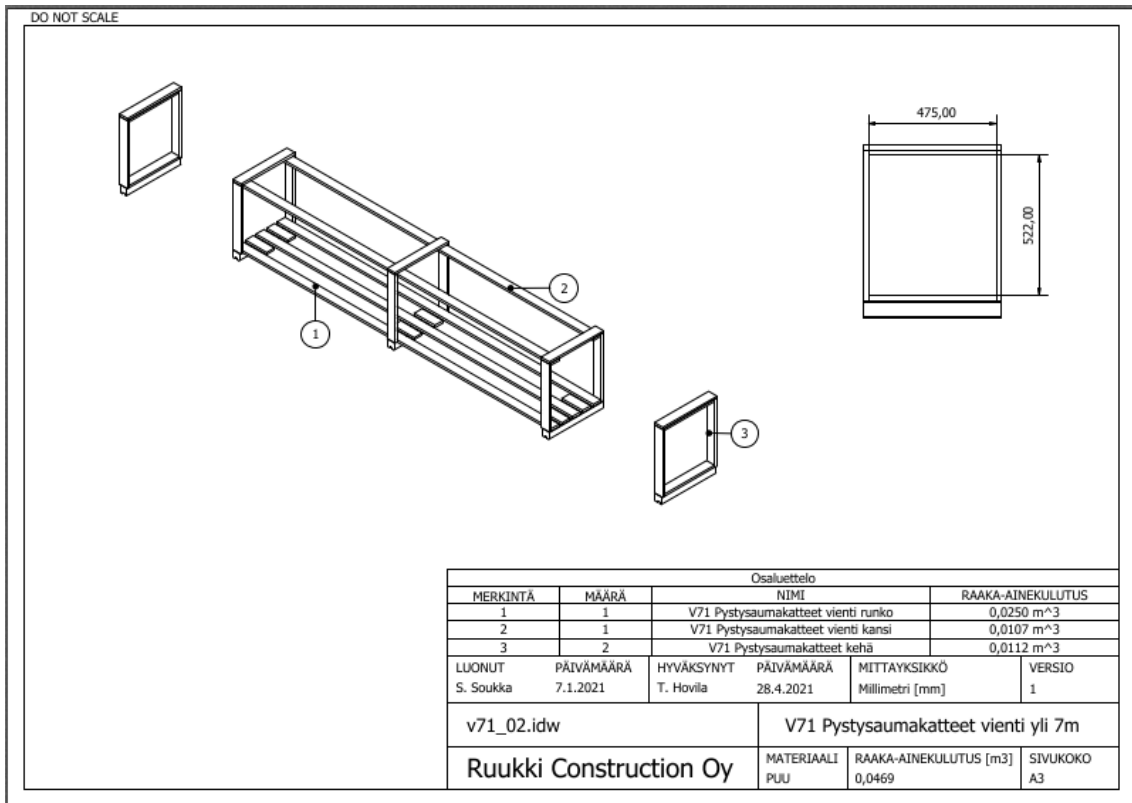
Opinnäytetyön tuloksena syntyi yhdeksäntoista eri pakkauksen 3D-mallit sekä tarkat piirustukset, joita voidaan käyttää yhtiön toiminnoissa. Lopulliset tiedostot olivat pakkaustyyppikohtaisia ja tallennettu PDF-formaattiin, jotta tiedoston tarkastelu onnistuu esimerkiksi verkkoselaimella, jollainen on valmiiksi sisällytettyinä suosituimmissa käyttöjärjestelmissä kuten Windowsissa tai MAC OS:ssa. Piirustuksien PDF-tiedostojen lopullinen sivumäärä on 66. Piirustuksista luotiin myös Excel-taulukko, johon on koottu eri pakkausten päämitat, raaka-ainekulutukset sekä viite piirustusnumeroon, jonka avulla tiedosto on helppo etsiä. Excel-taulukon pääsivu on nähtävissä liitteessä 1.

Jokaiseen piirustustiedostoon lisättiin kuvan 14 kaltainen mallikuva pakkauksen kolmiulotteisesta kokoonpanonäkymästä, jotta tiedoston lukija saa ennen tarkastelua ensin yleiskäsityksen siitä, miltä piirustuksen sisältö näyttää kolmiulotteisena. Kahden pakkauksen piirustukset ovat esimerkkinä tämän raportin liitteissä 2 ja 3.



KUVA 14. Pakkaustyyppin V93 kokoonpano

Myös pakkauksen alikokoonpanoista, kuten kuvan 15 V71-pakkauksen rungosta, kannesta ja kehistä, lisättiin piirustustiedostoon havainnollistavat 3D-mallikuvat. Piirustukset sisältävät valmistamiseen tarvittavat tiedot kuten kaikki välttämättömät mitat, materiaalin ja puulaadun. Lisäksi ne sisältävät pakkauksen valmistamiseen kuluvan raaka-ainemäärän sekä puulaatukohtaisesti että pakkauskohtaisesti. 3D-malleista ja piirustuksista tuli opinnäytetyön suorittajan mielestä hyvät ja riittävän tarkat. Tiedostojen hakemisto on yksinkertainen, mutta tässä tapauksessa riittävä sillä pakkausten piirustukset ovat isommassa mittakaavassa pieni osa yhtiön toimintaa. Toimeksiantajan kriteerit, kuten raaka-aineenkulutuksen sisällyttäminen piirustuksiin, saatiin täytettyä.

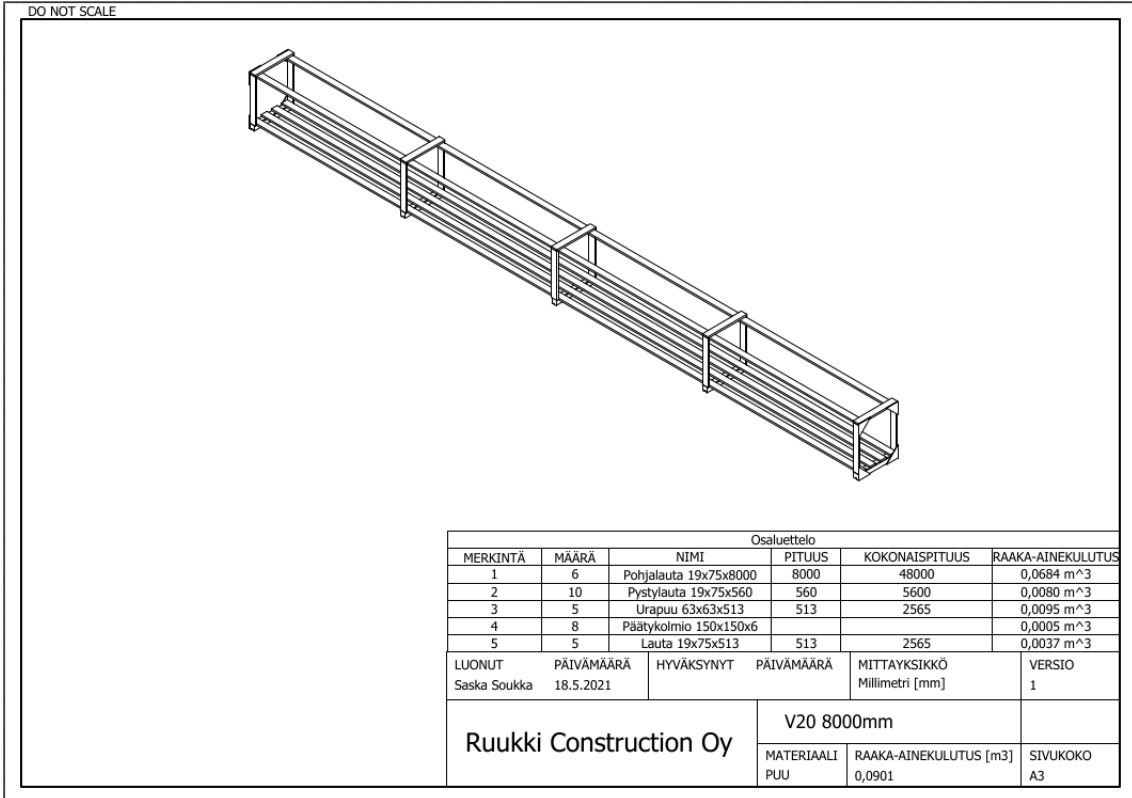


KUVA 15. Pakkaustyypin V71 piirustus alikokoonpanoista

Piirustuksista saatavat materiaalikulutukset ja niihin perustuvat laskelmat ovat hyviä työkaluja pakkaamiseen liittyvien säästöjen luomiseen. Hyvänä esimerkkinä toimii opinnäytetyön aikana uusina pakkaustyypeinä luodut V70 ja V71 pakkaukset. Ruukki Classic peltikatetta toimitetaan vientiin V20-pakkauksessa (kuva 16), joka on pakattavan tuotteen pituudesta riippuva määrämittainen pakkaus.

Puupakkaus tilataan hieman tuotetta pidempänä, jotta tuote mahtuu pakkauksen sisään eli esimerkiksi 8 metriä pitkällä tuotteella on hieman yli 8 metrin mittainen pakkaus. Pakkaustyypit V70 ja V71 ovat rakenteeltaan kevyempiä ja optimoidumpia pakkausmalleja määrämittaiseen V20-vientipakkaukseen verrattuna. Koko pakkauksen mittaisien pohjalautojen määrää on vähennetty ja päätyihin kiinnitettävistä vanerikolmioista on luovuttu. Suurimman eron materiaalikulutuksessa perinteisen V20-pakkauksen ja opinnäytetyön aikana luotujen pakkaustyyppien välillä luo kuitenkin pakkauksen määrämittaisuudesta luopuminen. Yhden metrin pituinen V70-pakkaus on tarkoitettu 1–3 metriä pitkille tuotteille, 3 metriä pitkä V71 3–7 metriä pitkille tuotteille ja lisäkehällä varustettu V71 yli 7 metriä mutta maksimissaan 9 metriä pitkille tuotteille.

Otettaessa laskentaesimerkiksi 8 metrin mittainen tuote ja verrattaessa tuotteen pakkaukseen kuluvan puun kulutuksen määrää määrämittaisen V20-pakkauksen (kuva 16.) ja lisäkehällisen V71 kesken voidaan huomata, että raaka-ainekulutuksen ero on jopa 47 prosenttia pienempi pakkaustyypin V71 eduksi. V71-pakkauksen jatkokehittäminen yli 9-metrisille tuotteille ja pakkaustoimintojen ohjaaminen V70- ja V71-pakkausten entistä yleisempään käyttöön loisi yritykselle säästöjä raaka-ainekustannuksissa. Säästöjen lisäksi raaka-ainekulutuksen pienemisellä on myös positiivinen vaikutus yrityksen hiilijalanjälkeen, jonka pienentäminen 25 prosentilla vuoteen 2026 mennessä on yksi Ruukki Constructio-
nin tärkeistä tavoitteista (21).



KUVA 16. Pakkaustyypin V20 havainnollistava piirustus kulutuslaskentaa varten

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Ruukki Construction Oy:n logistisia toimintoja tukevaa pakkausdokumentaatiota. Opinnäytetyön tuotoksena luodut piirustukset toimivat työkaluna yhtiön ja pakkauksia valmistavan alihankkijan välillä. Pakkausten mallinnus ja dokumentaatio onnistuivat suunnitellulla tavalla eikä prosessin aikana ilmennyt ongelmia. Piirustuksiin saatiin sisällytettyä kaikki tilaajan vaatimat ominaisuudet kuten valmistukseen vaadittavat mittatiedot ja raaka-ainekulutuksen määrä, jota voidaan käyttää työkaluna pakkauksen rakenteen optimoinnissa sekä kulu- ja tarjouslaskennassa.

Opinnäytetyön päätavoite eli selkeät ja ymmärrettävät piirustukset, joiden on tarkoitus toimia kommunikointia helpottavana apuvälineenä Ruukin ja alihankkijan välillä, täyttyi työn aikana. Kuvat saattavat olla tukena myös myyjille, jos selvitetävä asia on erikoisempi, mihin pakkauksen dokumentaatio ja siitä selviävät mitat voivat olla hyödyksi.

Opinnäytetyö oli kokonaisuutena mielenkiintoinen ja opettavainen. Sen sisältö ja monipuoliset työvaiheet lisäsivät tekijän kiinnostusta entisestään mallintamista ja suunnittelualaa kohtaan. Opinnäytetyö antoi myös tietoteknistä kokemusta, sillä työssä käytetty CAD-ohjelmisto Inventor opeteltiin työn aikana sen suorittajalle uutena ohjelmistona.

Yritystason tietokoneavusteisessa suunnittelussa tärkeimpänä kriteerinä pidän virheettömyyttä, tiedostojen yhdenmukaisuutta ja standardien noudattamista sekä hyvää tiedostojenhallintaa. Nämä näkemykset vahvistuivat tämän työn aikana ja niitä asioita pyrittiin vaalimaan työssä. Kokoonpanon osat, kokoonpanotiedosto ja piirustus ovat kaikki oletusarvoisesti linkittyneenä toisiinsa. Yhteen tiedostoon tehty muutos päivittyy automaattisesti muihinkin projektin tiedostoihin, minkä vuoksi tiedostojen oikeaoppisella käsittelyllä ja tallentamisella on suuri merkitys. Merkitys korostuu varsinkin tämän työn kaltaisessa järjestelmässä, jossa hakemistoa ei ole automatisoitu siihen tarkoitettulla ohjelmistolla, vaan sitä

tarkastellaan ja hallitaan manuaalisesti käyttöjärjestelmän omalla resurssienhallinnalla. Virheetön ja järjestelmällinen piirustusten lopputulos vähentää valmistuksessa tapahtuvia virheitä ja antaa yhtiöstä laadukkaan mielikuvan.

Kun pakkausten piirustuksiin liittyvää toimintaa tulevaisuudessa kehitetään Vimpelein toimipisteessä, tämä opinnäytetyö ja sen tuottamat tiedostot ja tulokset ovat apuna prosessissa. Yritykselle mallintaminen ennen aikaisempaa kokemusta voi olla aluksi normaalia hankalampaa, vaikka sitä olisikin harjoittanut harrastetassolla, kuten tämän työn tekijä oli tehnyt. Selkeän järjestelmän ja hyvien pohjatiedostojen luominen sekä kaiken informaation kokoaminen yhteen on aikaa vievää. Pieniä yksityiskohtia, jotka eivät juuri näy lopputuloksessa, on puhtaalta pöydältä aloitettaessa yllättävän runsaasti.

Opinnäytetyön toteutuksen kaltaisen manuaalisen järjestelmän ylläpidossa ja kehittämisessä on muutamia huomioon otettavia seikkoja. Kun tiedostoja siirretään tai kopioidaan, kokoonpanojen ja niiden osien täytyy olla myös siirron jälkeen niissä hakemistoissa, joissa ne on alun perin koottu, koska kaikki osat ovat linkittyneitä toisiinsa ja vaikuttavat aktiivisesti toisiinsa. Tästä syystä tiedostoja suositellaan siirtämään tai kopioimaan koko pakkaustyyppin kansio kerrallaan, ettei 3D-malleissa esiinny yhteensopivuusongelmia, virheitä tai osien puuttumista. Jos pakkauksen kokoonpanon ja sen osien linkin rikkoo, osan tiedostosijainti täytyy määrittää uudelleen, jonka jälkeen osa täytyy sijoittaa myös kokoonpanossa uudelleen. Jos hakemistoihin lisätään tiedostoja tai osia, ne kannattaa nimetä selkeästi ja tallentaa niille nimettyihin kansioihin. Koska tiedostojen muokkaajia voi olla useita, versiohallinnan ja muutoslokien pitäminen ajan tasalla on tärkeää, jotta yhtiön sisäisesti pysytään selvillä muutoksista ja niiden tekijöistä.

LÄHTEET

1. Rautaruukki Corporation 2021. Ruukki lyhyesti. Hakupäivä 8.3.2021. <https://www.ruukki.com/fin/tietoa-meist%C3%A4/company/company#ruukki-lyhyesti>.
2. Rautaruukki Corporation 2021. Ruukki Suomessa 60 vuotta – Autotallista maailmanluokan toimittajaksi. Hakupäivä 9.3.2021. <https://www.ruukki.com/fin/tietoa-meist%C3%A4/home-page/15-02-2021-ruukki-suomessa-60-vuotta---autotallista-maailmanluokan-toimittajaksi>.
3. Oikeusministeriö 2021. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös elintarvikkeen kanssa kosketukseen joutuvista tarvikkeista liukenevista raskasmetalleista. Hakupäivä 28.4.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1992/19920268>.
4. Suomen pakkausyhdistys ry 2018. Pieni pakkausopas. Hakupäivä 15.3.2021. <http://www.pakkaus.com/wp-content/uploads/2018/02/Pakkausopas.pdf>.
5. Pajalahti Trading Oy 2021. Ekologinen pakkaus. Hakupäivä 27.4.2021. https://www.pakkaa.fi/ekologinen-pakkaus/?gclid=CjwKCAjwj6SEBhAOEi-wAvFRuKFMzbC1wlpEfyLc1L7l_ARJJ9SxUL5s8KA-UtOk4M5JSnWuWUOjpvRoC97IQAvD_BwE.
6. Honkatalot 2021. Ekologisuus. Hakupäivä 22.4.2021. <https://www.honkatalot.fi/yritys/arvomme/ekologisuus/>.
7. Adara Pakkaus Oy. Hakupäivä 20.4.2021. https://www.adara.fi/pakkaukset/?gclid=CjwKCAjwj6SEBhAOEi-wAvFRuKN_QzL9LHmcV91FmDvQdsClshd8uDF2XWaRQXgzz1P6jyDxuJjtht-BoC1KMQAvD_BwE.
8. Reddy, K. Venkata 2008. Textbook of Engineering Drawing. Chapter 14: Computer Aided Design and Drawing (CADD). Second edition. Hyderabad: BS Publications.

9. Spurling Johnson, Nancy 2019. 'CAD Trends' Survey Covers More Technologies But Yields Few Surprises. Hakupäivä 15.4.2021. <https://www.cadalyst.com/cad/cad-trends-survey-covers-more-technologies-yields-few-surprises-46648>.
10. Pere, A. 2012. Koneenpiirustus. Espoo: Kirpe Oy.
11. Solid Solutions Management LTD 2021. Solid modelling. Hakupäivä 5.4.2021. <https://www.solidsolutions.co.uk/solidworks/3d-cad/features/solid-modelling.aspx>.
12. Reddy, K. Venkata 2008. Textbook of Engineering Drawing. Chapter 14: Computer Aided Design and Drawing (CADD). Second edition. Hyderabad: BS Publications.
13. Autodesk Inc 2021. Technical drawing. Hakupäivä 2.4.2021. <https://www.autodesk.com/solutions/technical-drawing>
14. Pere, A. 2012. Koneenpiirustus. Espoo: Kirpe Oy.
15. Autodesk Inc 2021. Inventor features – Mechanical design and 3D CAD software. Hakupäivä 2.4.2021. <https://www.autodesk.com/products/inventor/features>.
16. Autodesk Inc 2020. To Create and Edit Sketches. Hakupäivä 2.4.2021. <https://knowledge.autodesk.com/support/inventor-lt/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ENU/InventorLT-Help/files/GUID-E96FB3C4-136B-4551-BF45-F54594543ECB-htm.html>.
17. Autodesk Inc 2021. To Create Extruded Features. Hakupäivä 3.4.2021. <https://knowledge.autodesk.com/support/inventor/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2020/ENU/Inventor-Help/files/GUID-B0CFA8E7-D3F5-48A9-BE6F-C8DF668301BD-htm.html>.

18. Autodesk Inc 2021. Assembly Constraints. Hakupäivä 2.4.2021. <https://knowledge.autodesk.com/support/inventor/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2021/ENU/Inventor-Help/files/GUID-CF4462AF-CEC6-4B8B-8F86-72D9AC9A3574-htm.html>.
19. Autodesk Inc 2020. Inventor iLogic Best Practices and Fundamentals for Success. Hakupäivä 11.4.2021. <https://www.autodesk.com/autodesk-university/article/iLogic-Best-Practices-and-Fundamentals-for-Success>.
20. Autodesk Inc 2020. Getting Most Out Your Inventor Templates 2019. Hakupäivä 12.4.2021. <https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/Getting-Most-Out-Your-Inventor-Templates-2019>
21. Videnoja, Tapio 2021. Tehtaanjohtaja. Ruukki Construction Oy, Vimpelin ja Alajärven toimipisteet. Teams-keskustelu 19.5.2021.

Pakkaustyyppi	Lisämaininta	Piirustusnumero	Puun raaka-ainekulutus [m3]
V03	4000mm	v03_01	0,0651
	5100mm	v03_02	0,0838
	7500mm	v03_03	0,1191
V22	2000mm	v22_01	0,0482
	2500mm	v22_02	0,0546
	3000mm	v22_03	0,079
	3500mm	v22_04	0,0884
V48	4200mm	v48_01	0,0428
	6000mm	v48_02	0,0637
V56	-	v56_01	0,0081
V65	-	v65_01	0,0657
V70	<3000mm	v70_01	0,0167
V71	3-7m	v71_01	0,0358
	7-9m (lisäkehät)	v71_02	0,0469
V72	<3000mm	v72_01	0,0167
V73	3-7m	v73_01	0,0358
	7-9m (lisäkehät)	v73_02	0,0469
V90	-	v90_01	0,0125
V93	-	v93_01	0,0157

