



# **Solidworks Sustainabilityn käyttöönotto Windchill / So- lidworks-ympäristössä**

Oskari Härmä

OPINNÄYTETYÖ  
Toukokuu 2024

Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Tuotekehitys

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Tuotekehitys

HÄRMÄ, OSKARI:

Solidworks Sustainability käyttöönotto Windchill / Solidworks-ympäristössä

Opinnäytetyö 55 sivua, joista liitteitä 34 sivua  
Toukokuu 2024

---

Opinnäytetyössä pyrittiin tutustumaan Solidworksin Sustainability-lisäosaan ja Windchill tuotteen elinkaaren hallintajärjestelmään sekä niiden yhteensopivuuden opetuskäytössä. Työ tehtiin Tampereen ammattikorkeakoulun toimeksiantona.

Opinnäytetyössä perehdyttiin päästölaskentaan ja tutustuttiin Sustainabilityn lisäksi muihin päästölaskennan ohjelmiin. Lisäksi työssä laadittiin käyttöohje Sustainabilityn käyttöä varten. Tavoitteena on, että käyttöohjetta tullaan hyödyntämään opetuksessa.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin selvitettyä, miten Sustainabilityn ja WindChillin yhteiskäyttöä kannatta lähestyä. Työssä pyrittiin siirtämään Solidworks Sustainabilityn tuotteelle laskemat päästöarvot helposti Windchilliin.

Sustainability ei ole halutulla tavalla yhteensopiva WindChillin kanssa, mutta ongelmaan löydettiin toimiva ratkaisu. Ratkaisuksi saatiin, että Sustainabilityn laskemat päästöarvot siirrettäisiin Solidworksin sallimin tavoin Windchilliin. Eli tiedot tuotaisiin ohjelmasta Word- tai Excel-tiedostona ja siirrettäisiin erillisenä tiedostona osan mukana.

---

Asiasanat: tietokoneavusteinen suunnittelu, hiilijalanjälki, ohjekirjat

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical Engineering  
Product development

HÄRMÄ, OSKARI:

Initialization of Solidworks Sustainability in Windchill / Solidworks-environment

Bachelor's thesis 55 pages, appendices 34 pages  
May 2024

---

The goal for this thesis was to find out how Solidworks' Sustainability expansion could be used with Windchill PDM system for educational purposes. The client for the work was Tampere University of Applied Sciences.

The thesis involved studying the basics of carbon accounting and along with Sustainability an introduction to other emissions calculating software. Part of the thesis also included an instruction manual for the Sustainability expansion. The goal is for the manual to be utilised in education.

As a result of the thesis was determined how one should approach using Sustainability and Windchill together. The main goal of the thesis aimed to transfer the emissions data calculated by Solidworks Sustainability into Windchill.

Sustainability is not as compatible with Windchill as was hoped but for this incompatibility was found a solution that works. The solution is that the emissions data calculated by Sustainability will be transferred using the methods given by Sustainability. The data would be exported out of the program using either Word or Excel and transferred into Windchill as an external file.

---

Key words: computer-aided design, carbon footprint, manual

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	3D-suunnittelu.....	7
	2.1 Historia .....	7
	2.2 3D-suunnittelun perusteet .....	8
	2.3 3D-mallinnusohjelmat.....	8
	2.3.1 Solidworks .....	8
	2.3.2 Muita mallinnusohjelmia .....	9
3	Päästölaskenta .....	10
	3.1 Päästölaskennan perusteet.....	10
	3.2 Elinkaariarviointi .....	10
	3.2.1 CML.....	11
	3.2.2 TRACI.....	11
	3.2.3 PEF .....	12
	3.3 Päästölaskenta suunnittelussa.....	12
	3.3.1 Solidworks Sustainability .....	12
	3.3.2 Muu suunnitteluohjelman päästölaskenta.....	12
4	PLM ja PDM.....	13
	4.1 PLM ja PDM.....	13
	4.2 Windchill.....	13
5	Käyttöönotto.....	14
	5.1 Opiskelijoiden käyttöön .....	14
	5.2 Laskenta osalle ja kokoonpanolle .....	14
	5.3 Inregointi WindChilliin .....	16
6	POHDINTA .....	18
	LÄHTEET.....	19
	LIITTEET .....	22
	Liite 1. Solidworks Sustainability käyttöohje.....	22

**LYHENTEET JA TERMIT**

3D	Kolmiulotteinen (3 dimensional)
CAD	Tietokoneavusteinen suunnittelu (Computer Aided Design)
PLM	Tuotteen elinkaaren hallinta (Product Lifecycle Management)
PDM	Tuotetiedon hallinta (Product Data Management)
LCA	Elinkaariarviointi (Life Cycle Assessment)
CML	LCA-laskentametodi kehitetty Leidenin yliopiston ympäristötieteellisessä tiedekunnassa, tai "Centrum voor Milieuwetenschappen":issa.
TRACI	Tool for Reduction and Assessment of Chemicals and Other Environmental Impacts
PEF	Product Environmental Footprint

## 1 JOHDANTO

Viime vuosien aikana yksi puhutuimmista aiheista on ympäristö ja etenkin ilmastomuutos. Yhteiskunnan suosio yhä puhtaampia ja ympäristöystävällisempiä tuotteita kohtaan, ja hallitsevien tahojen asettamien ilmastorajoitteiden myötä on nykyään yrityksille jopa elintärkeää huomioida valmistettavien tuotteiden ympäristöystävällisyys. Siksi on myös suunnitteluvaiheeseen kehitetty erilaisia päästönlaskentaohjelmia.

Opinnäytetyön tavoitteena on integroida 3D-suunnitteluohjelma Solidworksin Sustainability -päästönlaskentalisäosa Windchill PLM-järjestelmään. Työssä tarkastellaan molempia ohjelmia, perehdytään teollisuuden tuotteiden ympäristövaikutuksiin ja syvennytään päästöjenlaskentaan.

Työn on tilannut Tampereen ammattikorkeakoulu ja ohjaajana toimii opettaja Juuso Huhtiniemi, joka haluaa käyttää tutkittua tietoa opetuksessa. Tämän vuoksi työhön sisältyy liitteenä myös käyttöohjeiden laatiminen Sustainabilityn käytöstä (Liite 1).

Työssä käytettävät työkalut ovat Solidworks, Windchill ja Office-työkalut. Apumateriaali on haettu internetistä sekä Tampereen ammattikorkeakoulun kirjastosta.

## 2 3D-suunnittelu

### 2.1 Historia

Erilaisten asioiden suunnittelussa käytetään usein erilaisia piirrosmalleja, olivat ne sitten laudanpätkään naulalla piirrettyjä tai tietokoneella nykyaikaisilla piirros-ohjelmilla. Niin myös tekniikan aloilla on kauan käytetty piirtämistä apuna rakennusten kuin tuotteidenkin suunnittelussa. Tietokoneavusteinen suunnittelu, jota myös lyhenteellä CAD kutsutaan, on varsin uusi metodi, joka on syntynyt ja kehittynyt tietokoneiden myötä.

Tekninen piirtäminen alkoi kehittyä renessanssin aikaan. Paperin yleistyessä alkoivat arkkitehdit ja suunnittelijat luomaan hahmotelmia rakennuksista ja rakenteista. Nämä hahmotelmat olivat vielä kaukana nykyaikaisista piirustuksista. Ne olivat enemmän taiteellisia piirroksia, niissä ei ollut mittoja ja ne olivat yhdestä perspektiivistä piirrettyjä. Ne auttoivat silti rakentajia hahmottamaan, miltä lopputuloksen tulisi näyttää. Hahmotelmia voitiin myös esitellä asiakkaille. (David Weisberg 2023).

Tietokoneen tullessa laajemmin markkinoille, antoi se mahdollisuuden teknisen piirtämisen kehittymiselle. 1960-luvulla eri teknologian alat alkoivat kehittää omia tietokonepohjaisia piirtomenetelmiä, esimerkiksi CADAM on yksi näistä. CAD-järjestelmät tässä vaiheessa olivat vielä vain tietokoneistettuja versioita niiden edeltäjistä, tarkoituksena suorittaa vain kaksiulotteista piirtämistä. Etenkin lentokone- ja autoteollisuuksien kehittyessä tarvittiin parempia ratkaisuja monimutkaisten levyrakenteiden mallintamiseen. Etenkin yliopistoissa alettiin kehittää 3D-ratkaisuja 1970-luvulla. Henkilökohtaisen tietokoneen tullessa 1980-luvulla CAD-järjestelmät alkoivat kehittyä suuntaan, missä ne nyt ovat. (David Weisberg 2023).

Tähän mennessä CAD-järjestelmien kehitys oli hidasta, suljetussa tilassa tapahtuvaa toimintaa. Uusia järjestelmiä alkoi tulvia markkinoille ja 2000-luvulle mennessä oli jo suurin osa nykyisistä suosituimmista järjestelmistä tullut markkinoille. (Adam Beck 2017).

## 2.2 3D-suunnittelun perusteet

Tietokoneavusteinen suunnittelu on kehittynyt paljon 2000-luvulla edellisiin vuosikymmeniin verrattuna. Internetin laajentumisen myötä alkoi tulla uusia ratkaisuja auttamaan eri osa-alueissa. Tuotetiedon hallinta on auttanut nopeuttamaan tuotteiden suunnittelua ja 3D-mallinnus antaa mahdollisuuden luoda fyysisiä prototyyppejä helposti. Mitä tulevaisuus voi tuoda mukanaan?

3D-tulostuksen edelleen kehittyessä niin nopeudessa, skaalassa kuin tulostettavissa materiaaleissa, voi insinöörit luoda mitä parempia prototyyppejä tai jopa tuotteita itsessään. Esimerkiksi Texasissa, Yhdysvalloissa, on tulostettu betonista taloja suurella 3D-tulostimella. (Oscar Holland 2023).

Tätä helpottaa myös parametrinen suunnittelu, joka tarkoittaa mallinnetun kappaleen tai kokoonpanon mittasuhteiden säilymistä yhtä mittaa muuttaessa. Näin kappaletta voidaan halutessa suurentaa tai pienentää. Viitaten edellä mainittuun 3D-tulostettuun taloon, voi esim. skaalata tulostettavan talon pienemmäksi käyttäen parametrista suunnittelua ja tulostaa pienemmän skaalan prototyyppi.

Virtuaalitodellisuuden tullessa laajemmin markkinoille lähiaikoina on mahdollistunut myös mallinnettujen rakenteiden tarkastelun virtuaalitodellisuudessa. Tämän avulla voi esim. arkkitehti esitellä asiakkaalle uutta huoneistoa jo suunnitteluvaiheessa. (Phillip Keane 2019).

## 2.3 3D-mallinnusohjelmat

### 2.3.1 Solidworks

Solidworks on yhdysvaltalaisen Jon Hirschtickin luoma 3D-mallinnusohjelma. Hirschtick aloitti Solidworksin kehittämisen vuonna 1993 tarkoituksena luoda edullinen ja helppokäyttöinen 3D-mallinnusohjelma Windows -käyttöjärjestelmälle. Solidworks on yksi ensimmäisistä 3D-mallinnusohjelmista, julkaistu vuonna 1995. Vuonna 1997 ranskalainen Dassault Systèmes osti Solidworksin ja siitä lähtien on ollut sen omistuksessa. (David Weisberg 2023).

Nykyään Solidworks on yksi suosituimmista 3D-mallinnusohjelmista. Solidworks tarjoaa monenlaisia mahdollisuuksia tuotteiden kehitystarpeisiin 3D-mallinnuksen lisäksi, kuten simulointia, sähköverkoston suunnittelua ja tuotetiedon hallintaa.

### **2.3.2 Muita mallinnusohjelmia**

Solidworksin lisäksi on olemassa myös muita mallinnusohjelmia. Mallinnusohjelmat ovat yleisesti hyvin samanlaisia, joka helpottaa niiden käyttöönotossa. Yritykset voivat käyttää eri mallinnusohjelmia kuin toiset. Yrityksen käyttämän mallinnusohjelman voi määrittää esimerkiksi mallinnusohjelman hinta, mallinnusohjelman ominaisuudet tai vaikka yrityksessä ennestään käytettävät ohjelmat, jotka voivat olla yhteensopivia vain tiettyjen mallinnusohjelmien kanssa.

Suosituimpia mallinnusohjelmia Solidworksin lisäksi ovat esimerkiksi Siemens NX, Autodesk Inventor ja PTC Creo. Tampereen ammattikorkeakoulussa on käytössä opetuksessa Solidworks ja Siemens NX. Mallinnusohjelmien yhtäläisyydet helpottavat opetusta, sillä yhden mallinnusohjelman opittua on helppo oppia muita mallinnusohjelmia.

Mallinnusohjelmilla on tosin joitain ominaisuuksia, joissa ne pärjäävät toisia paremmin: Solidworks tarjoaa laskennan avuksi erilaisia lisäominaisuuksia, kuten hiilijalanjalan laskennan, jota monessa suunnitteluohjelmassa ei ole. Lisäksi Solidworks tarjoaa huomattavasti halvemmän version opiskelijoiden käyttöön. Siemens NX puolestaan on käyttäjäkokemukselta parempi, koska se tarjoaa kappaleiden parempaa muokattavuutta, toisin kuin esim. Solidworks. Creo on parempi suurille projekteille, joihin tarvitaan tehokasta alustaa. (Formlabs n.d.).

### 3 Päästölaskenta

#### 3.1 Päästölaskennan perusteet

Päästöarvioinnin avulla yritykset voivat määrittää yrityksen tai tuotteiden vaikutusta ympäristöön. Miksi yritysten, etenkin teollisuusalojen, tulisi panostaa ympäristönsuojeluun? Sen lisäksi, että hallitsevat tahot määräävät yrityksille rajoitteita, on monia syitä panostaa saasteiden minimoimiseen.

Ilmassa esiintyvät saasteet aiheuttavat hengitettynä vahinkoa ihmiskehoon, jonka takia työntekijöiden työtehokkuus hiipuu ja sairaspäivät yleistyvät. Sen lisäksi ilmansaasteet eivät houkuttele uusia työntekijöitä muuttamaan kaupunkeihin, joissa sitä on paljon. (Aileen Nowlan 2018).

Yrityksiin kohdistuvat rajoitteet tähtäävät usein luonnonvarojen tehokkaaseen käyttöön. Se tarkoittaa sitä, että käytettävistä luonnonvaroista saadaan mahdollisimman paljon irti, jotta luonnonvaroja riittää enemmän seuraaville sukupolville. Tehokkaalla luonnonvarojen käytöllä yritykset voivat säästää rahaa materiaalikustannuksissa ja samalla avaa mahdollisuuden uusille markkinoille. (Zentrum Ressourceneffizienz n.d.).

#### 3.2 Elinkaariarviointi

Elinkaariarviointi tai LCA (Life Cycle Assessment) on analyysimenetelmä, jolla voidaan tarkastella tuotteen useita erilaisia ympäristövaikutuksia koko sen elinkaaren ajalta. Tuotteen valmistuksesta: siihen käytettävistä materiaaleista, valmistusmenetelmistä, energian alkuperästä ja kuljetuksesta. Tuotteen käytöstä: sen käyttöajan pituudesta ja sen käyttöön tarvittavasta energiasta. Tuotteen hävittämisestä: hävittämistavasta. (Suomen ympäristökeskus 2017).

Elinkaariarvioinnin voi jakaa neljään osaan: tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely, inventaarioanalyysi (tai LCI, Life Cycle Inventory), vaikutusarviointi (LCIA, Life Cycle Impact Assessment) ja tulosten tulkinta. (Suomen ympäristökeskus 2017).

Ensimmäisessä vaiheessa, tavoitteiden ja soveltamisalan määrittelyssä, määritellään tutkimuksen tarpeellisuus, tavoitteet ja laajuus. Siinä määritellään kaikki esitieto, mitä tutkimus vaatii, kuten, kuinka yksityiskohtaisesti tutkimus tehdään ja mitä ympäristövaikutuksia, kuten ilmasto ja happamoituminen, tarkastellaan. (Suomen ympäristökeskus 2017).

Toisessa vaiheessa, inventaarioanalyysissä, kerätään kaikki tarvittava data tuotteen elinkaaresta. Siinä määritetään kaikki tuotteen valmistamiseen tarvittavat materiaalit ja energiamuodot sekä tuotannosta aiheutuvat sivutuotteet ja päästöt. Data kerätään kaikista tuotantojärjestelmän vaikuttajista, niin etualan kuin takalan toimijoista. (Suomen ympäristökeskus 2017).

Kolmannessa vaiheessa, vaikutusarvioinnissa, edellisessä vaiheessa määritetyille päästöille arvioidaan arvot niiden ympäristövaikutusten perusteella. (Suomen ympäristökeskus 2017). Näistä arvoista voi laskea tuotteen vaikutuksen ympäristöön erilaisilla laskutavoilla. Näitä laskutapoja ovat esimerkiksi "CML" ja "TRACI".

Neljännessä vaiheessa, tulosten tulkinnassa, edellisten vaiheiden tulokset tulkitaan alussa määritettyjen raja-arvojen mukaisesti. Tässä vaiheessa tarkastellaan myös tulosten johdonmukaisuutta. (Suomen ympäristökeskus 2017).

### **3.2.1 CML**

CML-metodologia on Leidenin yliopistossa, Alankomaissa, kehitetty arviointimenetelmä tuotteiden ympäristövaikutuksiin. CML perustuu eurooppalaisiin olosuhteisiin, ja on käytetyin ympäristövaikutusten arviointimenetelmä Pohjois-Amerikan ulkopuolella. (Dassault Systemes n.d.).

### **3.2.2 TRACI**

TRACI-metodologian on kehittänyt Yhdysvaltain ympäristönsuojeluvirasto. Nimi on lyhenne sanoista "Tool for Reduction and Assessment of Chemicals and other

environmental Impacts”, eli suomennettuna työkalu kemikaalien ja muiden ympäristövaikutusten vähentämiseen ja arviointiin. TRACI perustuu Pohjois-Amerikkalaisiin olosuhteisiin. (United States Environmental Protection Agency 2024).

### **3.2.3 PEF**

PEF on Euroopan komission kehittämä elinkaariarviointimenetelmä. Nimi on lyhenne sanoista ”Product Environmental Footprint”. Sen tarkoituksena on helpottaa yritysten päätöstä erilaisista elinkaariarviointimenetelmistä Euroopan unionin alueella. Euroopan komissio on kehittänyt myös yritysten elinkaariarviointimenetelmän, OEF (Organization Environmental Footprint). (European Commission n.d.).

## **3.3 Päästölaskenta suunnittelussa**

### **3.3.1 Solidworks Sustainability**

Sustainability on lisäosa Solidworks 3D-mallinnusohjelmaan. Sen tavoitteena on analysoida tuotteen ympäristövaikutuksia sen elinkaaren ajalta, aina valmistuksesta hävitykseen. Sustainabilityn laskentaohjelma perustuu Spheran kehittämään GaBi -työkaluun. (Solidapps n.d.) GaBi on yksi suosituimmista elinkaariarviointien työkaluista ja siten hyödyntää laajaa tietokantaa eri aloilta, kuten rakennus-, auto- ja vähittäismyyntialalta. (Sphera 2024).

### **3.3.2 Muu suunnitteluohjelman päästölaskenta**

Muillakin tietokoneavusteisen suunnittelun ohjelmilla on tuotteen elinkaaren ympäristövaikutuksien määrittämiseen tarkoitettuja apuvälineitä: Siemens on julkaissut vuonna 2023 omaa lisäosaansa Siemens NX -ohjelmistoon. (Shannon McGinty 2023) Autodeskillä puolestaan on elinkaariarviointiin (LCA) tarkoitettu lisäosa ”EcoDesigner”. EcoDesigner on samanlainen kuin Solidworksin Sustainability-lisäosa. Sillä voi määrittellä tuotteelle materiaalin, valmistusprosessin ja kuljetukset, jonka jälkeen se laskee tuotteen aiheuttamat päästöt. (Joan Thompson 2016).

## 4 PLM ja PDM

### 4.1 PLM ja PDM

PLM (Product Lifecycle Management), eli suomeksi tuotteen elinkaaren hallinta, on ohjelmisto, jolla voi tarkkailla jokaista vaihetta tuotteen elinkaaren aikana, materiaalien hankkimisesta asiakastytyväisyyskyselyihin. PLM-ohjelmisto voi olla merkittävä osa yritystä, sillä sen avulla voidaan esimerkiksi säästää rahaa optimoimalla tuotteen elinkaari edullisemmaksi. (SAP n.d.).

PDM (Product Data Management), eli suomeksi tuotetiedon hallinta puolestaan tarkoittaa tuotteen suunnitteluprosessin aikana käytettävää ohjelmistoa. Sen tarkoituksena on helpottaa tuotteen kehitysprosessia tuomalla kaikki tuotteen tieto samaan paikkaan, joka on kaikkien käytettävissä. (PLM Group Finland n.d.).

### 4.2 Windchill

Windchill on PTC:n (Parametric Technology Corporation) kehittämä PLM-ohjelmisto. PTC tunnetaan myös Creo 3D-mallinnusohjelmasta.

Se tarjoaa käyttäjilleen ensisijaisesti monimuotoisen PLM-järjestelmän. Windchill on helppokäyttöinen ja sen voi muokata sopimaan omiin tarpeisiin. PTC:llä on myös paljon ohjevideoita Windchillin käyttöön. Käyttöominaisuuksiin kuuluu myös Windchillin yhteensopivuus erilaisten suunnitteluohjelmien, kuten Siemens NX, Autodesk Inventor ja AutoCADin ja työssä käytetyn Solidworksin, kanssa. (PTC 2023).

Windchillin lisäksi on myös muita PLM-ohjelmia, kuten Siemensin Teamcenter ja Autodeskin Fusion 360.

## 5 Käyttöönotto

### 5.1 Opiskelijoiden käyttöön

Opiskelijat voivat ottaa Solidworks Sustainabilityn helposti käyttöön, sillä Tampereen ammattikorkeakoulu käyttää opetuksessaan Solidworksia. Lisäksi omalle tietokoneelle asennettavassa Solidworks opiskelijalisenssissä on osana Sustainability-lisäosa.

Seuraavassa osiossa on lyhyt esimerkki Sustainabilityn käytöstä. Siinä on käytetty apuna opinnäytetyön aikana laadittua käyttöohjetta Sustainabilitylle (Liite 1). Lisäksi Solidworks tarjoaa ohjeita Sustainabilityn käyttöön ja lisäapua löytyy Solidworksin foorumilta.

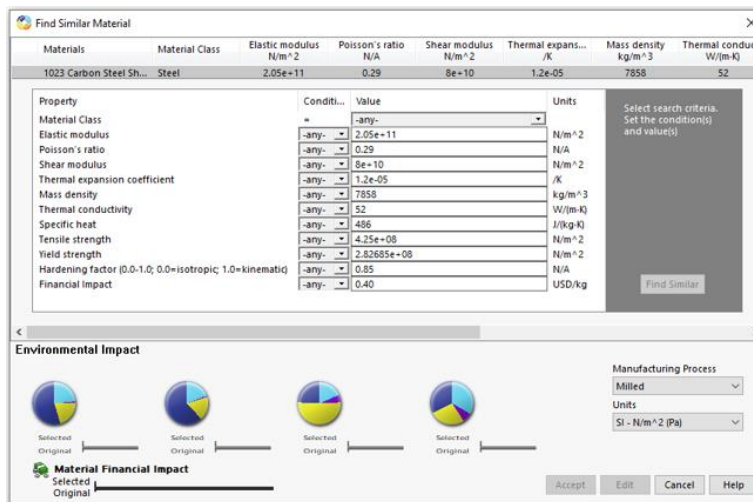
Opiskelija voi halutessaan optimoida mallintamansa tuotteen ympäristöystävällisemmäksi käyttämällä apuna Solidworksin Sustainability -lisäosaa. Esimerkiksi valikoimalla paremman materiaalin, muokkaamalla rakennetta vähemmän materiaalia käyttäväksi tai muuttamalla sitä kelpoiseksi toiselle tuotantoprosessille.

Työelämässä käytetään erilaisia päästölaskennan ohjelmia, kuten GaBi ja SimaPro. (LCA Software 2024). Solidworks Sustainability ei ole yhtä tarkka edellä mainittuihin ohjelmiin, mutta sillä voi havainnollistaa tuotteen päästöt ja optimoida ne parempaan suuntaan. Lisäksi Sustainability on osa Solidworksin mallinnusohjelmaa, jolloin se on helpompi, ja mahdollisesti halvempi, ottaa käyttöön yrityksissä, joissa Solidworks on jo käytössä.

### 5.2 Laskenta osalle ja kokoonpanolle

Käydään läpi lyhyt esimerkki Solidworks Sustainabilityn laskennasta osalle ja kokoonpanolle. ”Osa” on yksittäinen kappale, usein koostuen samasta materiaalista. ”Kokoonpano” puolestaan tarkoittaa useasta osasta koostuvaa rakennelmaa. Kokoonpanon eri osilla voi olla täysin erilaiset materiaalit ja valmistusprosessit, ja siten erilaiset päästökertoimet.

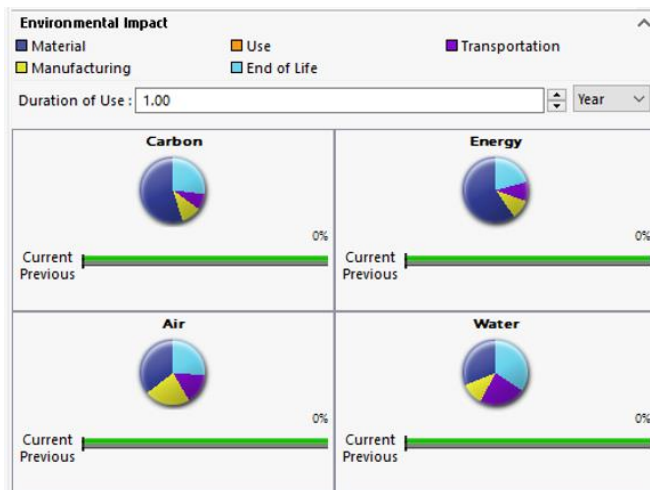
Ensimmäisenä tuotteelle voi määrittää materiaali, mikäli niin ei ole vielä tehty tuotteen mallinnusvaiheessa. Kokoonpanolle puolestaan voi määrittää materiaalin kaikille osille. Osan voi myös tarvittaessa poistaa kokoonpanon analyysistä. Lisäosa helpottaa materiaalin valintaa antamalla mahdollisuuden määrittää materiaalille haluttuja raja-arvoja, joiden perusteella käyttäjä saa listan sopivista materiaaleista.



KUVA 1. Materiaalin valinta

Seuraavaksi osalle voi määrittää tuotannon valmistusprosessi. Valmistusprosessin lisäksi voi määrittää valmistukseen käytetyn energian määrän, hylkyyn menevän materiaalin määrän ja pintamaalin. Osalle voi määrittää myös missä se on valmistettu. Valmistusalue auttaa laskentaohjelmaa myös määrittämään osalle tarvittavan kuljetuksen, kun valitaan millä markkina-alueella osaa tullaan myymään. Lopuksi voi määrittää osan elinkaaren päätepiste. Valintana voi olla kieräytys, kaatopaikka tai polttouuni.

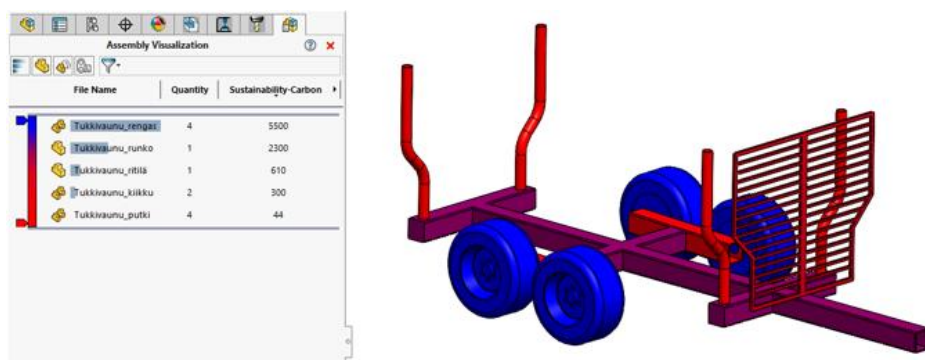
Sustainability laskee annettujen arvojen perusteella, käyttäen CML tai TRACI laskentamenetelmiä, tuotteen hiilijalanjäljen (kg-CO<sub>2</sub>), käytetyn energian määrän (MJ), ilman happamoitumisen (kg-SO<sub>2</sub>) ja veden rehevöitymisen (kg-PO<sub>4</sub>). Laskennan arvojen määrittämisen ajan voi tarkastella Sustainabilityn laskemia arvoja, joka auttaa tuotteen ympäristöystävällisyyden optimoinnissa.



KUVA 2. Lasketut arvot

Ohjelma antaa lisäksi mahdollisuuden tuoda lasketut arvot ulos Solidworksista esimerkiksi MS Word- tai MS Excel -tiedostona, joka auttaa myöhemmin arvojen tarkastelussa.

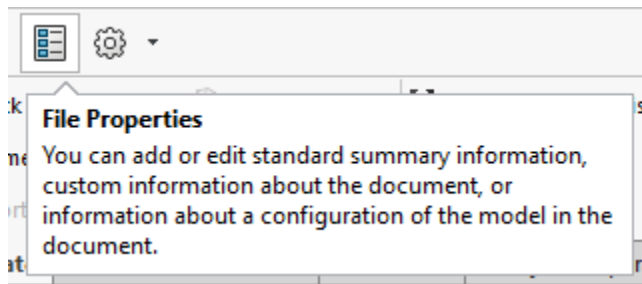
Kokoonpanolle voi lisäksi tarkastella Sustainabilityn arvoja visuaalisesti käyttäen ”Assembly Visualization” -toimintoa.



KUVA 3. Assembly Visualization

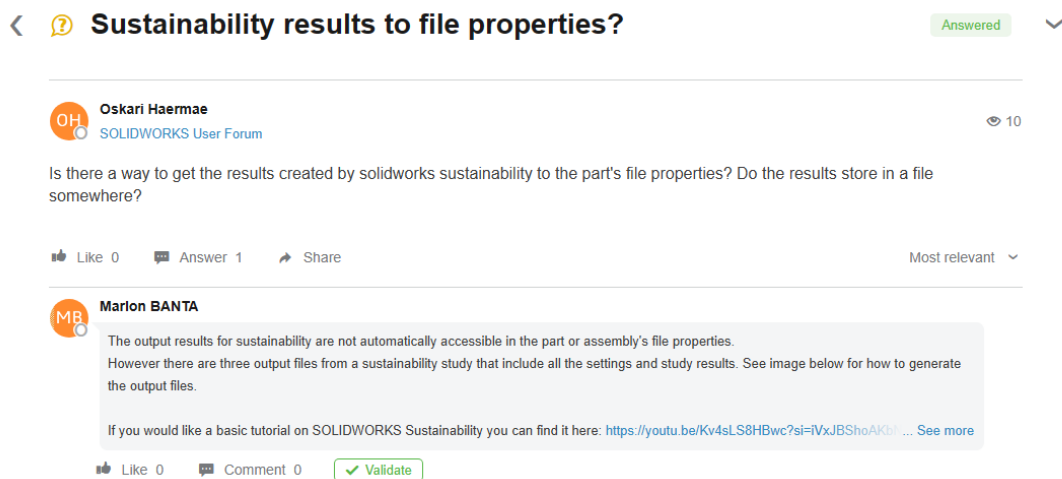
### 5.3 Inregointi WindChilliin

Lopuksi pyrittiin siirtämään Sustainabilityn lasketut tiedot WindChill-ympäristöön. Pyrkimystä lähdettiin toteuttamaan yrittämällä saada tiedot osan ”File Properties”-osioon, joka on kokoelma osan eri tiedoista, kuten valmistustavoista tai -päivästä.



KUVA 4. File Properties

Se ei kuitenkaan onnistunut, jonka vuoksi kokeiltiin löytää Sustainabilityn tiedot tietokoneen resurssienhallinnan Solidworksin kansioista. Tietoja ei kuitenkaan löytynyt tai ollut helposti saatavilla. Lopuksi päädyttiin kysymään Solidworksin 3DEXPERIENCE -foorumilta, jos laskennan tiedot saisi osan tietoihin tai jos ne löytyisivät jostain tiedostosta. Vastaukseksi saatiin, että ne eivät ole saatavilla ja ehdotettiin käyttämään Sustainabilityn valmiita tiedon tuontimenetelmiä.



KUVA 5. Solidworks foorumi kysymys

Päädyttiin ratkaisuun, että laskennan tiedot tuotaisiin ulos Solidworksistä käyttäen Sustainabilityn valmiita tuontimenetelmiä ja tiedot vietäisiin erillisenä tiedostona WindChill-ympäristöön.

## 6 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutustua Solidworksin Sustainability-lisäosaan sekä WindChill-järjestelmään. Näiden lisäksi oli määrä luoda ohjekirja Solidworks Sustainabilityn käytöstä, jota voisi käyttää opetusmateriaalina.

Sustainability ja WindChill otettiin käyttöön sujuvasti, vaikka matkalla oli useita ongelmia etenkin järjestelmien asennusvaiheessa. Sustainabilityn käyttöohje luotiin myös mallikkaasti ja sitä seuraten saa hyvän ymmärryksen Sustainabilityn käytöstä.

Solidworks Sustainabilityn integroiminen WindChilliin ei kuitenkaan onnistunut halutulla tavalla. Tavoitteena oli saada vietyä Sustainabilityn laskennan tulokset tuotteen tietoihin, jonka seurauksena ne olisivat menneet suoraan tuotteen mukana WindChill-järjestelmään. Solidworks ei kuitenkaan antanut oikeutta tähän. Ratkaisuksi päädyttiin käyttämään Solidworksin sallimia ulostuontitapoja, kuten Exceliä ja Wordia. Nämä erillisen Excel ja Word -tiedostot vietäisiin kappaleen rinnalla erikseen WindChilliin.

Opinnäytetyön valmistuminen viivästy useaan otteeseen työn suorittajan henkilökohtaisesta kykenemättömyydestä ja heikosta yhteydenpidosta asiakkaan kanssa. Kirjoittamista viivyteltiin turhaan, jonka vuoksi työn valmistuminen viivästyi usealla kuukaudella. Työn suorittajan puolustukseksi työn määrä oli yllättävän suuri.

Työssä helpotti jo aiemmin kattava kokemus Solidworksin ja Office-työkalujen käytöstä. Myös opintojen aikana suoritettu PDM-kurssi auttoi Windchill-ohjelman käytössä, vaikka ohjelma oli alkuun täysin vieras. Lisäksi käytettäviin ohjelmiin löytyi helposti käyttöohjeita internetistä.

Opinnäytetyön aikana oppi etenkin laajan projektin itsenäisestä toteutuksesta, ongelmien ratkonnasta ja työmoraalista. Etenkin näistä viimeinen on kasvanut työn aikana paljon.

## LÄHTEET

Weisberg, D. 2023. A Brief Overview of the History of CAD. Verkkosivu. Viitattu 26.11.2023. <https://www.shapr3d.com/history-of-cad/brief-overview-of-the-history-of-cad>

Beck, A. 2017. 60 Years of CAD Infographic: The History of CAD since 1957. Verkkosivu. Viitattu 26.11.2023. <https://partsolutions.com/60-years-of-cad-infographic-the-history-of-cad-since-1957/>

Holland, O. 2023. Look inside the world's largest 3D-printed neighborhood in Texas. Verkkosivu. Viitattu 26.11.2023. <https://edition.cnn.com/style/texas-3d-printed-home-icon/index.html>

Keane, P. 2019. VR in CAD; Where Are We Now?. Verkkosivu. Viitattu 26.11.2023. <https://www.engineering.com/story/vr-in-cad-where-are-we-now>

Weisberg, D. 2023. SolidWorks. Verkkosivu. Viitattu 26.11.2023. <https://www.shapr3d.com/history-of-cad/solidworks>

Formlabs. n.d. Choosing the Best 3D CAD Software: A Comprehensive Guide. Viitattu 11.4.2024. <https://formlabs.com/eu/blog/cad-software/>

Nowlan, A. 2018. 3 reasons why air pollution should be a top priority for business. Verkkosivu. Viitattu 26.11.2023. <https://business.edf.org/insights/3-reasons-why-air-pollution-should-be-a-top-priority-for-businesses/>

Zentrum Ressourceneffizienz. n.d. Resource Efficiency. Verkkosivu. Viitattu 26.11.2023. <https://www.resource-germany.com/topics/resource-efficiency/>

Suomen ympäristökeskus. 2017. Tietoa elinkaariarvioinnista (LCA) ja elinkaari-klinikka-toimintamallista pk-yrityksille. PDF. Viitattu 26.11.2023. <https://www.syke.fi/download/noname/%7B032490FA-19DF-4E5A-A40F-88E22B86DA20%7D/132057>

Dassault Systemes. n.d. Impact Assessment Methodologies. Verkkosivu. Viitattu 26.11.2023. [https://help.solidworks.com/2024/english/SolidWorks/sld-works/c\\_impact\\_assessment\\_methodologies.htm?verRedirect=1](https://help.solidworks.com/2024/english/SolidWorks/sld-works/c_impact_assessment_methodologies.htm?verRedirect=1)

United States Environmental Protection Agency. 2024. Tool for Reduction and Assessment of Chemicals and Other Environmental Impacts (TRACI). Verkkosivu. Viitattu 15.08.2023. <https://www.epa.gov/chemical-research/tool-reduction-and-assessment-chemicals-and-other-environmental-impacts-traci>

European Commission. n.d. Environmental Footprint. Verkkosivu. Viitattu 15.08.2023. <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/EnvironmentalFootprint.html>

Solidapps. n.d. SOLIDWORKS Sustainability. Verkkosivu. Viitattu 26.11.2023. <https://www.solidapps.co.uk/products/products-solidworks-simulation/products-sw-sustainability-standard>

LCA Software. 2024. LCA Software. Verkkosivu. Viitattu 27.03.2024. <https://lca-software.org/sphera-gabi/>

McGinty, S. 2023. What's New in NX. Verkkosivu. Viitattu 26.11.2023. <https://blogs.sw.siemens.com/nx-design/nx-sustainability-impact-analysis/>

Thompson, J. 2016. New LCA Application Now Available on Autodesk Inventor. Verkkosivu. Viitattu 26.11.2023. <https://www.engineering.com/story/new-lca-application-now-available-on-autodesk-inventor>

SAP. n.d. Mitä on 'Product Lifecycle Management' (PLM)? Verkkosivu. Viitattu 26.11.2023. <https://www.sap.com/finland/products/scm/plm-r-d-engineering/what-is-product-lifecycle-management.html>

PLM Group Finland. n.d. PDM – kolme erittäin tärkeää kirjainta. Miksi? Verkkosivu. Viitattu 26.11.2023. <https://plmgroup.fi/blogi/pdm-kolme-erittain-tarkeaa-kirjainta-miksi/>

PTC. 2023. Windchill Help Center. Verkkosivu. Viitattu 11.4.2024. [https://support.ptc.com/help/windchill/r13.0.1.0/pt\\_BR/index.html#page/Windchill\\_Help\\_Center/WHCCategories.html](https://support.ptc.com/help/windchill/r13.0.1.0/pt_BR/index.html#page/Windchill_Help_Center/WHCCategories.html)

LCA Software. 2024. Most used LCA Software tools in the market. Viitattu 11.4.2024. <https://lca-software.org/>

**LIITTEET**

Liite 1. Solidworks Sustainability käyttöohje

1(34)



# Solidworks Sustainability käyttöohje

Oskari Härmä

**SISÄLLYS**

2(34)

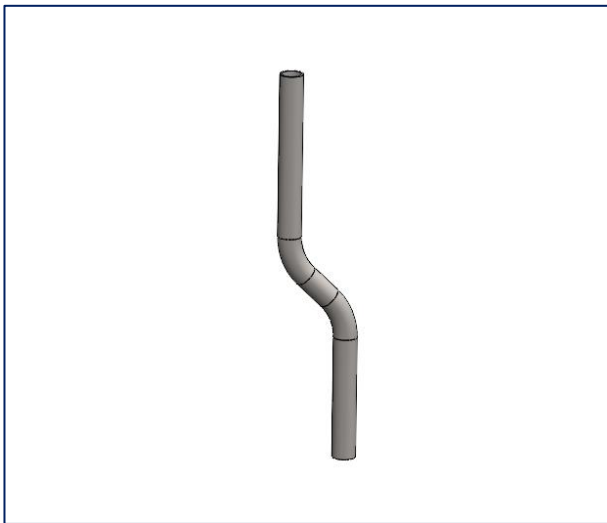
1	JOHDANTO .....	24
2	ALOITUS .....	25
3	PYSTYPUTKI-OSA.....	26
	3.1 Aloitus .....	26
	3.2 Materiaalin valitseminen.....	27
	3.3 Tuotanto ja käyttö.....	32
	3.4 Tallennus .....	36
4	TUKKIKÄRRY-KOKOONPANO .....	37
	4.1 Aloitus .....	37
	4.2 Materiaalin valitseminen.....	38
	4.3 Tuotanto ja käyttö.....	40
	4.4 Tarkastelu .....	43
5	MUUTA .....	46
	5.1 Baseline .....	46
	5.2 Tallennusformaatit.....	47
	5.2.1 Word.....	47
	5.2.2 Excel.....	48
	5.2.3 Word template .....	52
	5.3 Lisäinfoa.....	54

## 1 JOHDANTO

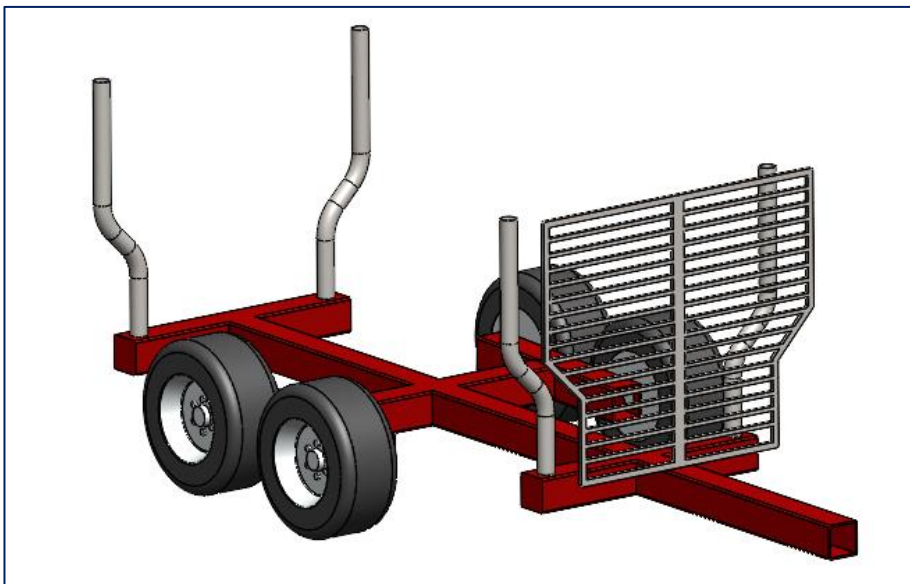
3(34)

Käyttöohje Solidworksin Sustainability -lisäosan käyttöön. Solidworks Sustainability on lisäosa Solidworksiin, joka löytyy myös Solidworksin opiskelijalisenssistä. Solidworks versio on 2023.

Ohjetta varten on mallinnettu yksinkertainen tukkikärry, inspiraationa Tampereen ammattikorkeakoulussa CAD-kurssilla mallinnettava tukkikärry. Laskennassa käytetään yhtä osaa ja kokoonpanoa, kuvat alla.



KUVA 1. Pystyputki

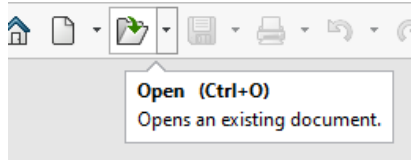


KUVA 2. Tukkikärry

## 2 ALOITUS

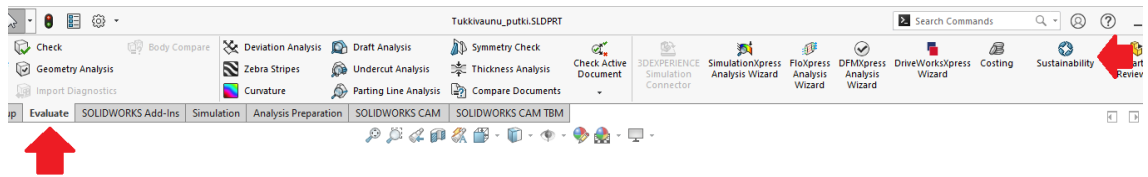
4(34)

Käyttäkseen Sustainability-lisäosaa, täytyy ensin avata tutkittava kappale tai luotava uusi.



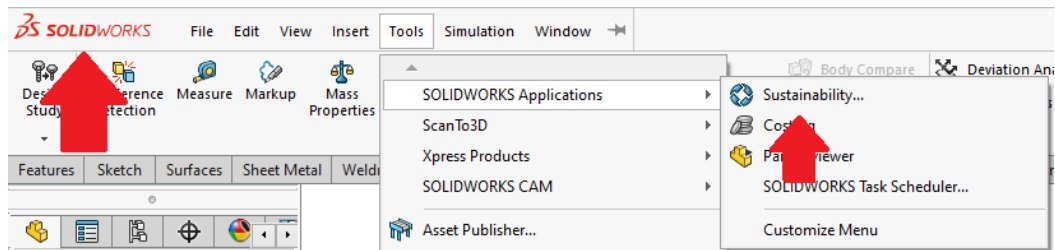
KUVA 3. Osan avaaminen

Tämän jälkeen Sustainability-lisäosan voi löytää Evaluate-osiosta oikealta.



KUVA 4. Sustainabilityn paikantaminen

Tai vasemmasta yläkulmasta, Tools-alasvetolaatikosta.



KUVA 5. Sustainabilityn vaihtoehtoinen paikantaminen

Sustainability -lisäosan auettua tulee ponnahdusikkuna, joka kertoo lyhyesti lisäosasta. Tämän voi sulkea oikeasta alanurkasta painamalla "Continue".



KUVA 6. Ponnahdusikkuna

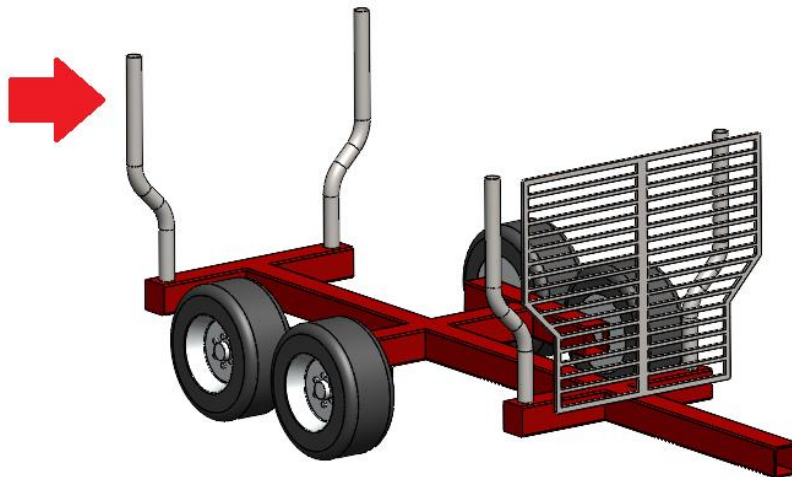
Nyt voi siirtyä Solidworks Sustainabilityn varsinaiseen käyttöön.

### 3 PYSTYPUTKI-OSA

5(34)

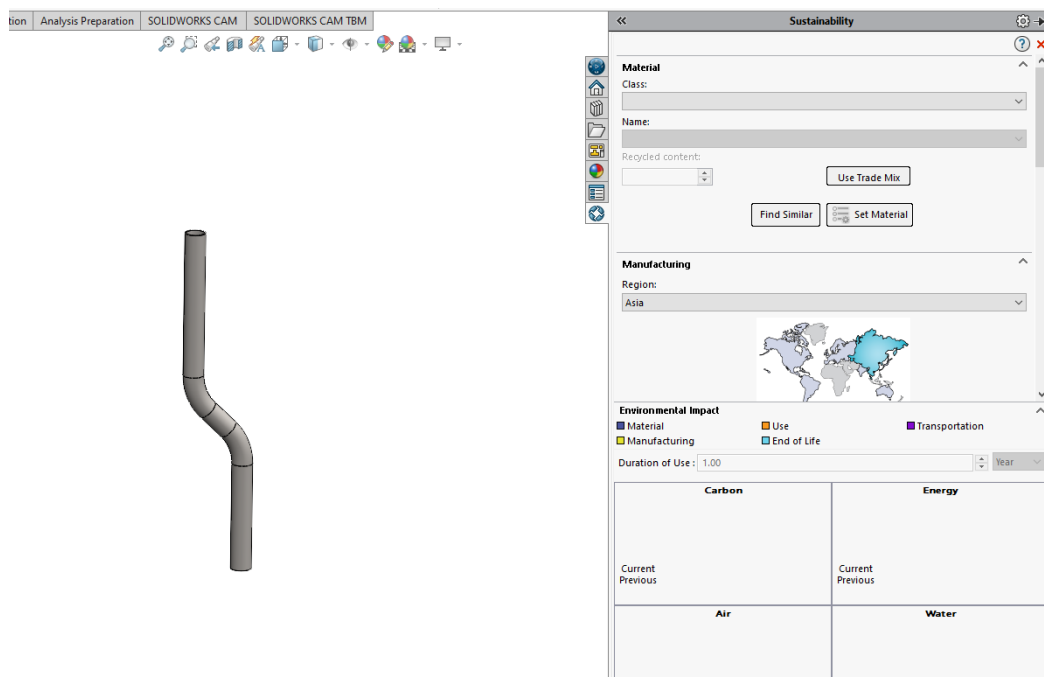
#### 3.1 Aloitus

Tehdään Solidworks Sustainability laskenta tukkikärryn pystyputkesta.



KUVA 7. Pystyputki tukkikärryssä

Avataan pystyputki erillisenä tiedostona tutkittavaksi. Sustainability-lisäosan auettua, ruudun tulisi näyttää tältä. Aloitetaan Sustainabilityn tarkastelu osa kerrallaan.

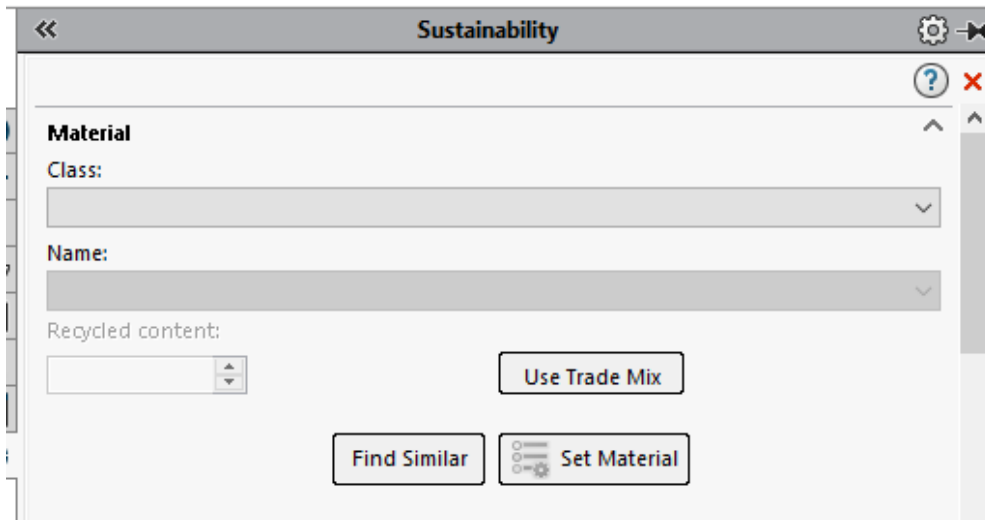


KUVA 8. Pystyputki Sustainabilityssä

### 3.2 Materiaalin valitseminen

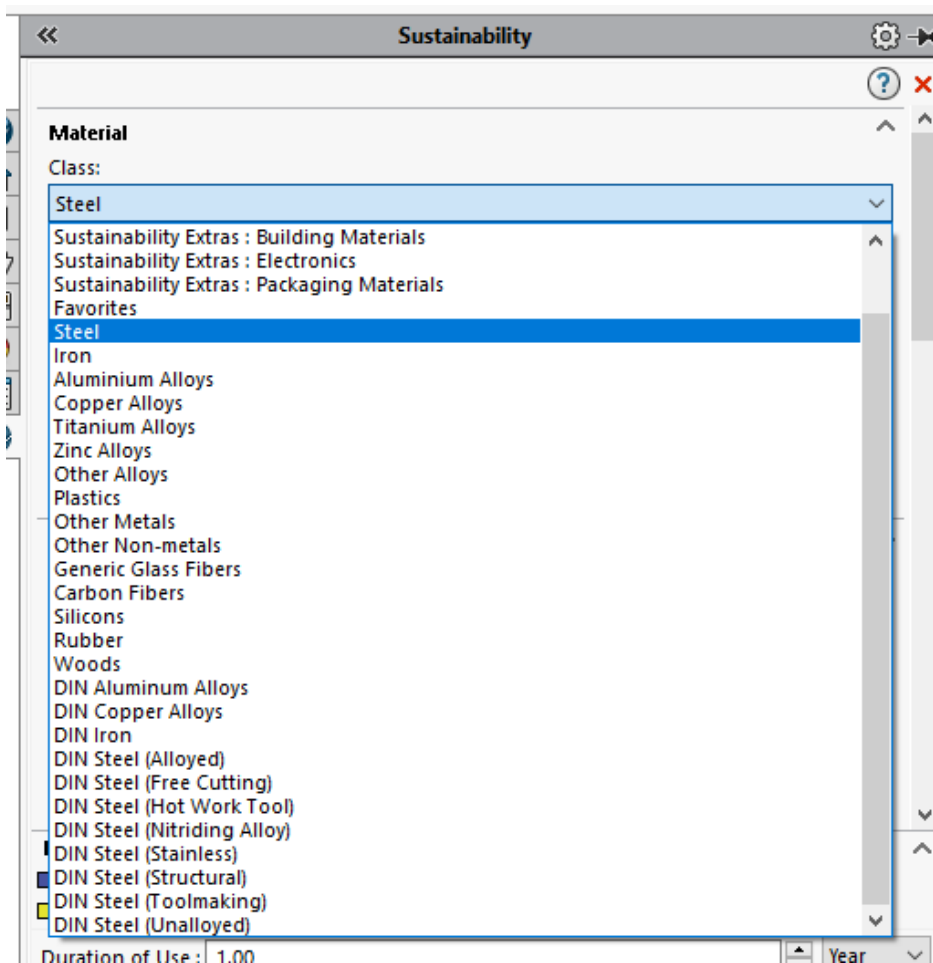
6(34)

Ensimmäisessä osiossa voidaan valita osalle materiaali, mikäli niin ei ole vielä tehty.



KUVA 9. Materiaali-osio

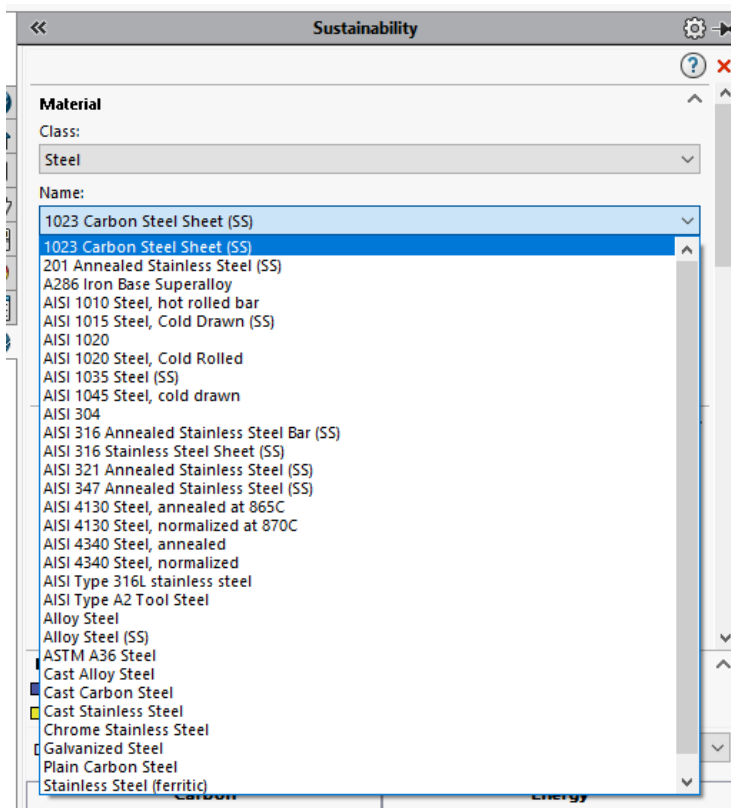
Ensimmäisestä alavetovalikosta voi valita materiaalin. Valitaan vaikka teräs.



KUVA 10. Materiaalin esivalinta

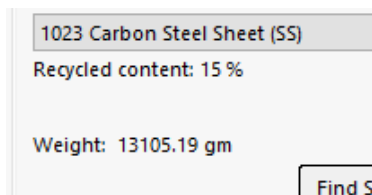
7(34)

Seuraavasta alavetovalikosta voidaan tarkentaa, minkä tyyppisen materiaalin haluaa. Pidetään valinta samana.



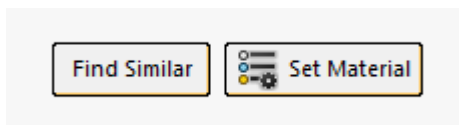
KUVA 11. Materiaalin tarkempi valinta

Tässä vaiheessa voi huomata, että Sustainability arvioi kappaleelle sen kierrätettävyyden ja painon.



KUVA 12. Kappaleen kierrätettävyys ja paino

Seuraavaksi painamalla Set Material-nappia voi kappaleelle asettaa valitun materiaalin. Materiaalia voi muuttaa myöhemminkin ja asettaa uudelleen painamalla samaa nappia.

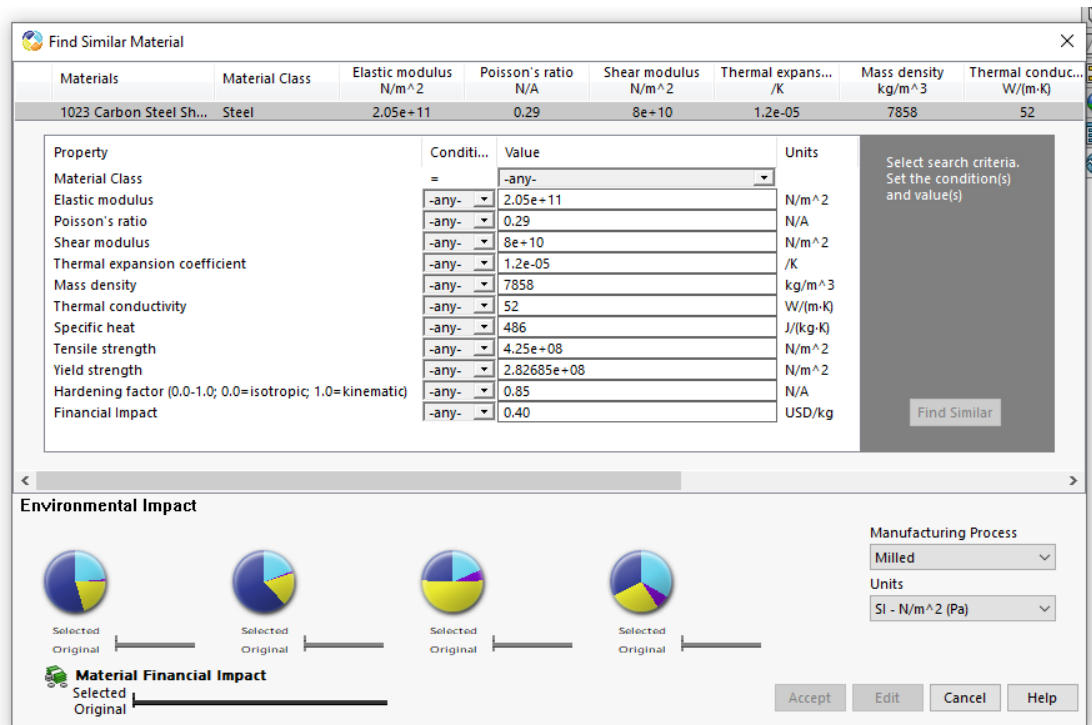


KUVA 13. Find Similar ja Set Material

Mikäli ei ole tyytyväinen alavetovalikon materiaalivehtoehtoihin, voi painaa "Find Similar"-nappia. Tämä avaa ponnahdusikkunan.

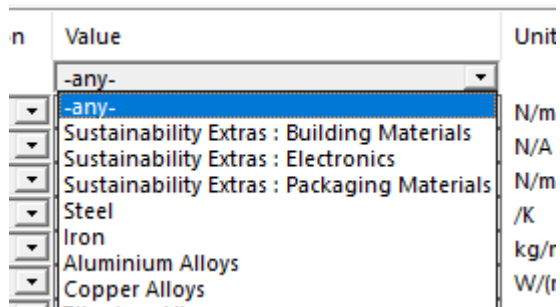
8(34)

"Find Similar"-toiminnolla voi rajata haluamalleen materiaalille ominaisia arvoja, kuten tiheyden tai kimmokertoimen.



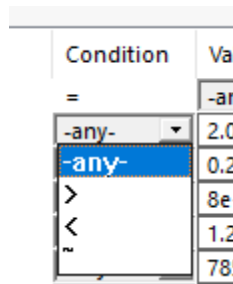
KUVA 14. Find Similar -toiminto

"Value"-alasvetovalikosta voi valita etsittävän materiaaliluokan.



KUVA 15. Value -alasvetovalikko

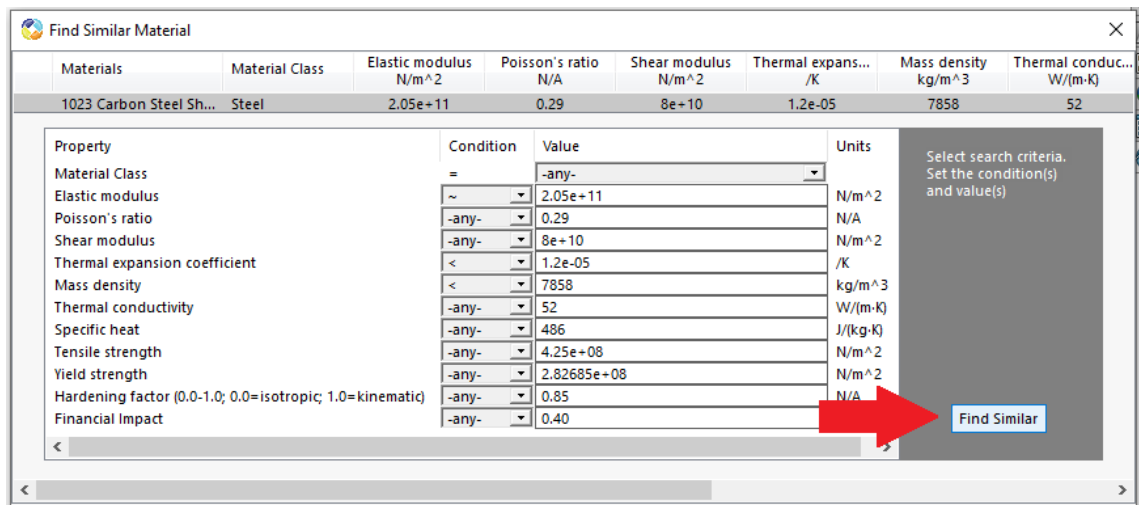
"Condition"-alasvetovalikosta voi puolestaan valita onko kyseinen ominaisuus suurempi, pienempi tai samanarvoinen kuin ennalta valitun materiaalin.



KUVA 16. Condition -alasvetovalikko

9(34)

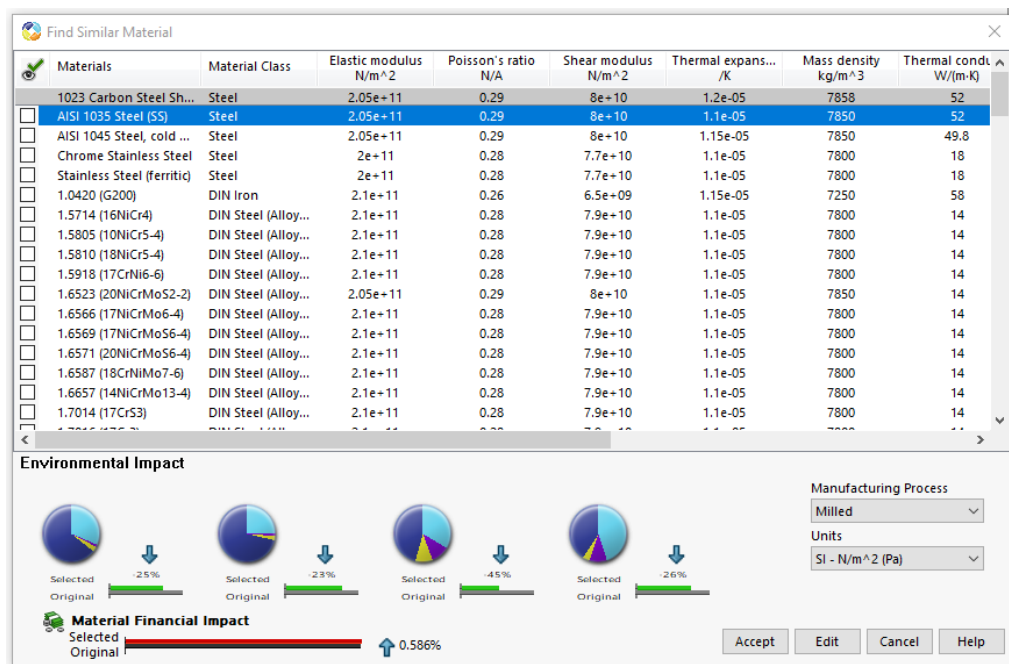
Kun halutut valinnat on tehty, voi oikeasta alakulmasta painaa "Find Similar"-nap-pia, jolloin Sustainability etsii rajattuihin arvoihin sopivia materiaaleja.



KUVA 17. Materiaalin hakeminen

Ruutu vaihtuu valikkoon, josta voi löytää listauksen rajauksiin kelpaavista materiaaleista. Mikäli listaus on tyhjä, Sustainability ei löytänyt rajauksiin sopivaa materiaalia. Silloin kannattaa palata takaisin "Edit"-painikkeella ja muuttaa rajauksia. Jos painaa "Cancel"-painiketta, "Find Similar"-ruutu sulkeutuu ja pitää aloittaa uudelleen.

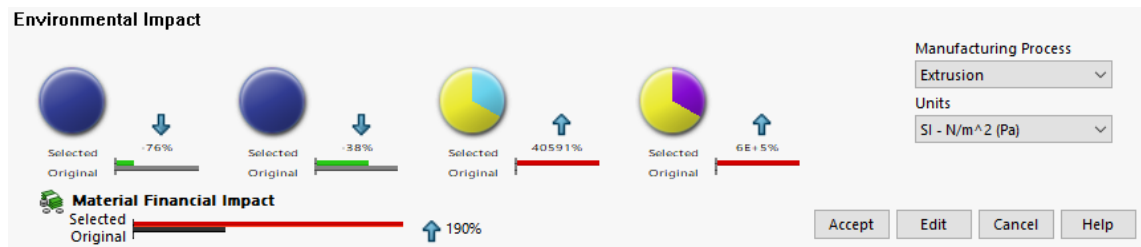
Halutun materiaalin löydyttyä, sen voi valita klikkaamalla materiaalia, ei ruksia, ja painamalla oikeasta alakulmasta "Accept"-painiketta.



KUVA 18. Sustainabilityn löytämät materiaalit

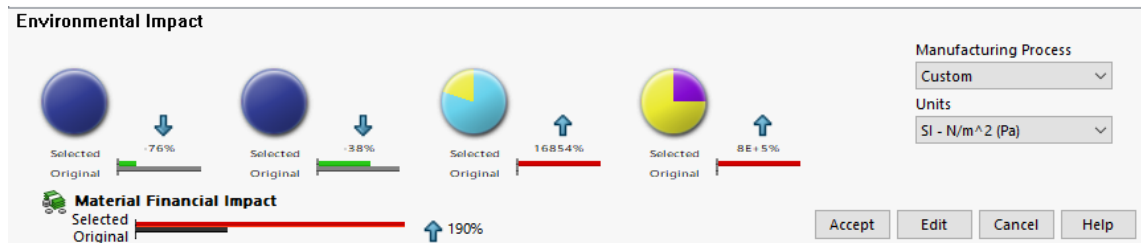
10(34)

Klikkaamalla materiaalia saadaan ikkunan alalaitaan esittely siitä, miten kyseinen materiaali vaikuttaa ympäristöön.



KUVA 19. Materiaalin vaikutus ympäristöön

Oikeasta laidasta valitsemalla "Manufacturing Process" -alavetovalikon voidaan määrittää käytetty tuotantoprosessi kappaleen valmistukseen. Kuvaajat päivittyvät valintojen mukaan.



KUVA 20. Kuvaajien päivittyminen

### 3.3 Tuotanto ja käyttö

11(34)

Seuraavassa osiossa määritetään tuotteen tuotantoprosessi.

Ensin määritetään alue, jossa tuote tuotetaan. Eri alueet vaikuttavat tuotteen ympäristöystävällisyyteen. Joissain maanosissa ei välttämättä välitetä yhtä paljon ympäristöstä kuin toisissa, jolloin tuotteen tuotanto voi vaikuttaa huomattavasti enemmän ympäristöön.

**Manufacturing**

Region:  
Asia

Built to last:  
1.00 Year

Process:  
Milled

0.000629 kWh/gm  
(Total electricity: 8.243819 kWh)

0.000000 BTU/gm  
(Total natural gas: 0.000000 BTU)

10.00 %

No Paint  
(Surface Area: 6.69E+5 mm<sup>2</sup>)

KUVA 21. Tuotanto-osio

Eri alueita ovat Pohjois-Amerikka, Eurooppa, Aasia, Japani, Etelä-Amerikka, Australia ja Intia.

Region:

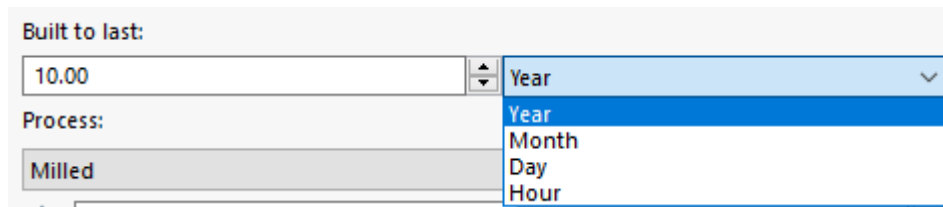
- Asia
- North America
- Europe
- Asia
- Japan
- South America
- Australia
- India

KUVA 22. Tuotantoaluevaihtoehdot

12(34)

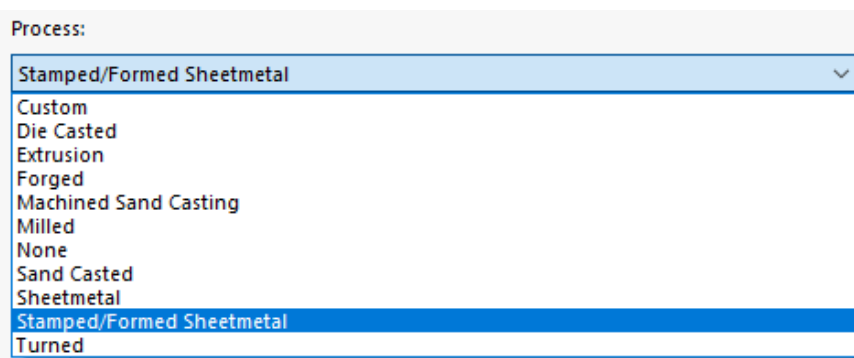
Seuraavaksi voi määrittää kuinka kauan tuote on suunniteltu kestävän.

Ajan voi määrittellä lyhyimmillään tunteina ja pisimmillään vuosina. Luku voi tosin olla pienempi kuin 1,00.



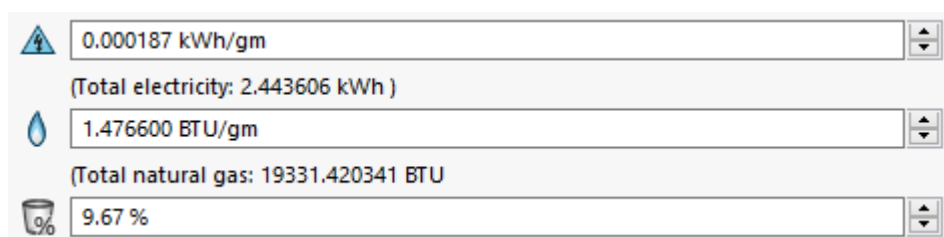
KUVA 23. Tuotteen kesto aika

Seuraavaksi voi määrittellä itse tuotantoprosessin. Mikäli prosessityyppiä ei ole määriteltä jo materiaalia valitessa, voi sen määrittää nyt.



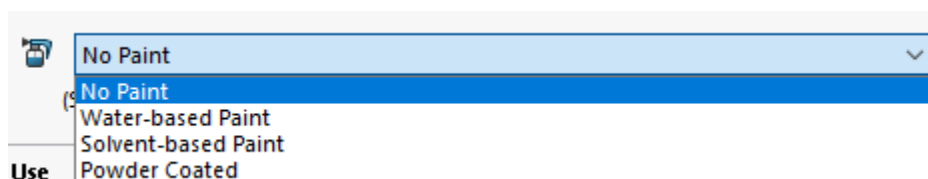
KUVA 24. Tuotantoprosessityypit

Tuotteelle voi määrittää myös siihen käytetyn sähköenergian ja maakaasun määrän, ja kuinka suuri prosenttiluku tuotteen valmistuksesta menee hylkyyn.



KUVA 25. Energian määrä

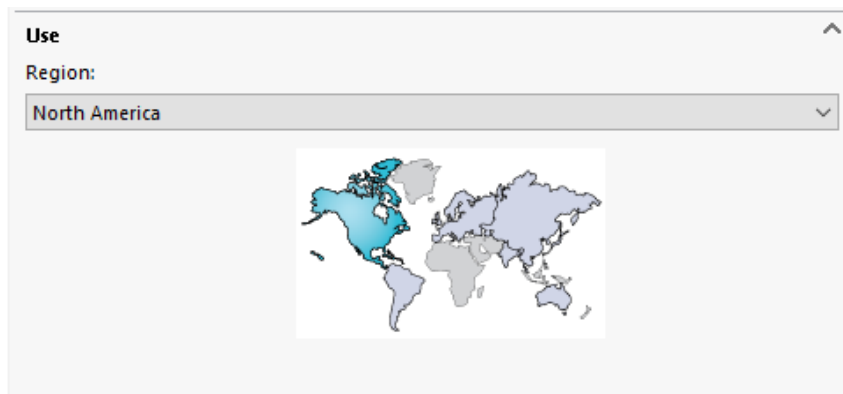
Tuotteelle voi myös määrittää maalauksen, jonka vaihtoehtoja ovat maaliton, vesiohenteinen maali, liuotinohenteinen maali ja jauhemaalaus.



KUVA 26. Maalin valinta

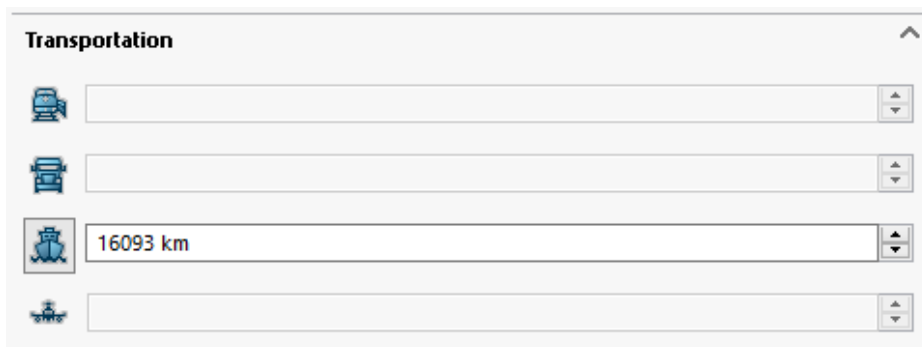
13(34)

Seuraavaksi tuotteelle voi määrittää alueen, jossa tuotetta tullaan käyttämään. Alueet ovat samat kussakin valintavaiheessa. Alueen voi myös valita maanosaa klikkaamalla.



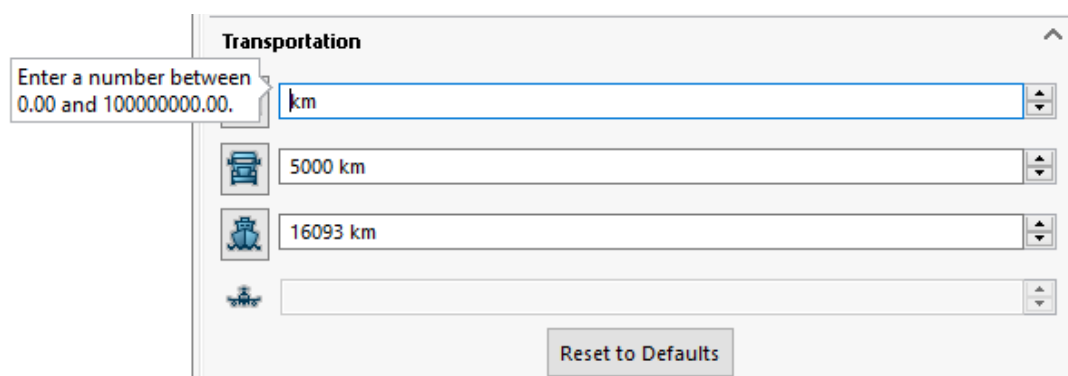
KUVA 27. Käyttöalue

Seuraavaksi voi määrittää kaikki tuotteen elämänkaaren kuljetustoimet. Solidworks laskee valittujen maanosien perusteella automaattisesti ainakin yhden kuljetustavan.



KUVA 28. Kuljetusvaihtoehdot

Klikkaamalla kuljetustavan kuvaketta voi myös halutessaan määrittää sen manuaalisesti.



KUVA 29. Kuljetusmatkat

14(34)

Lopuksi voi määrittää tuotteen elinkaaren loppuvaiheen, kuinka suuri osa menee kierrätykseen, polttouuniin tai kaatopaikalle.

**End of Life**

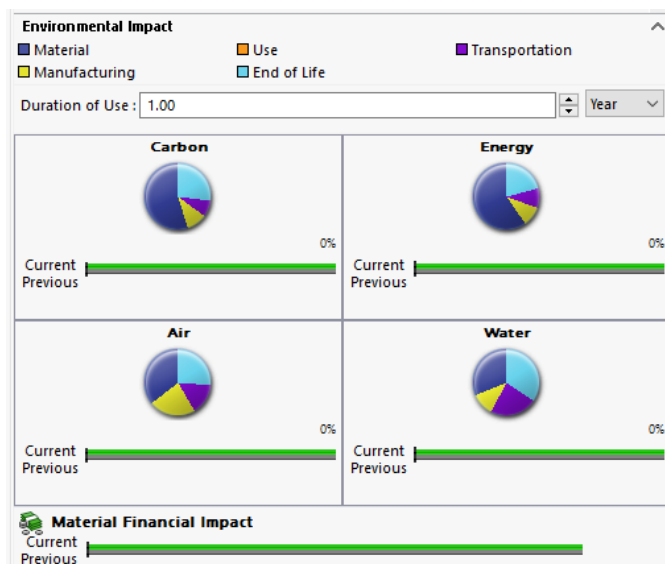
25.00 %

24.00 %

51.00 %

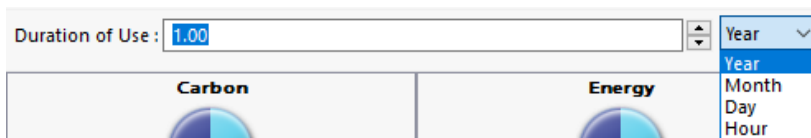
KUVA 30. Elinkaaren päätepiste

Koko valintavaiheen ajan voi Sustainabilityn alalaidassa tarkastella eri valintojen, kuten materiaalin, tuotantoprosessin tai kuljetuksen, vaikuttamista tuotteen ympäristöystävällisyyteen.



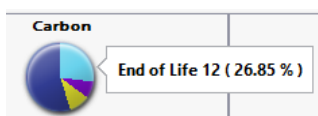
KUVA 31. Tuotteen eliniän vaikutus ympäristöön

Laskennalle voi myös määrittää aikavälin.



KUVA 32. Tarkasteltava aika

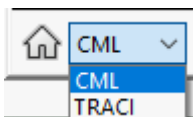
Pitämällä kursoria diagrammin sektorin päällä voi tarkastella sen prosenttiosuutta.



KUVA 33. Prosenttiosuus

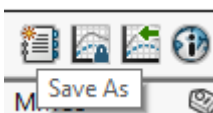
### 3.4 Tallennus

Sustainabilitylle voi valita kaksi laskentaohjelmaa. CML perustuu eurooppalaisiin olosuhteisiin, ja on käytetyin ympäristövaikutusten arviointimenetelmä Pohjois-Amerikan ulkopuolella. TRACI puolestaan perustuu Pohjois-Amerikkalaisiin olosuhteisiin.



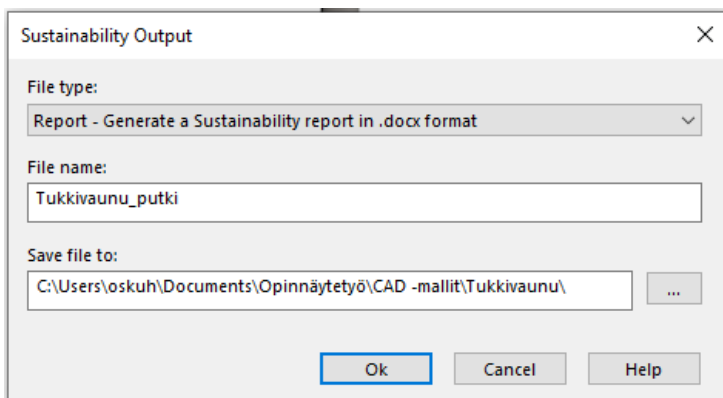
KUVA 34. Laskentamenetelmät

Klikkaamalla ruudun oikeassa alalaidassa lehtiön kuvaketta voi laskennan tuoda ulos Solidworksista.



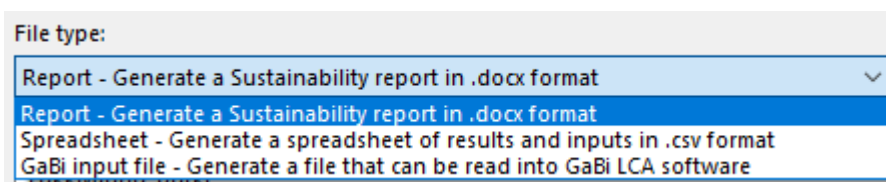
KUVA 35. Tallenna

Tallennukselle voi asettaa tiedostotyyppin, nimen ja tallennuskohteen.



KUVA 36. Tallennuksen ponnahdusikkuna

Tiedostotyyppejä on kolmenlaisia. "Report" luo .docx -formaatin Word-tiedoston. "Spreadsheet" luo .csv formaatin Excel-tiedoston. Tiedoston voi tallentaa uudelleen .xlsx -formaatiksi. Excel tiedostoa voi muokata, vaikka [poistamalla turhia tietoja, jakamalla teksti sarakkeisiin ja muuttamalla pisteet pilkuiksi](#). "GaBi input file" tuottaa tekstitiedoston, jonka voi syöttää ulkopuolisiin elinkaariarviointiohjelmiin.



KUVA 37. Tallennusvaihtoehdot

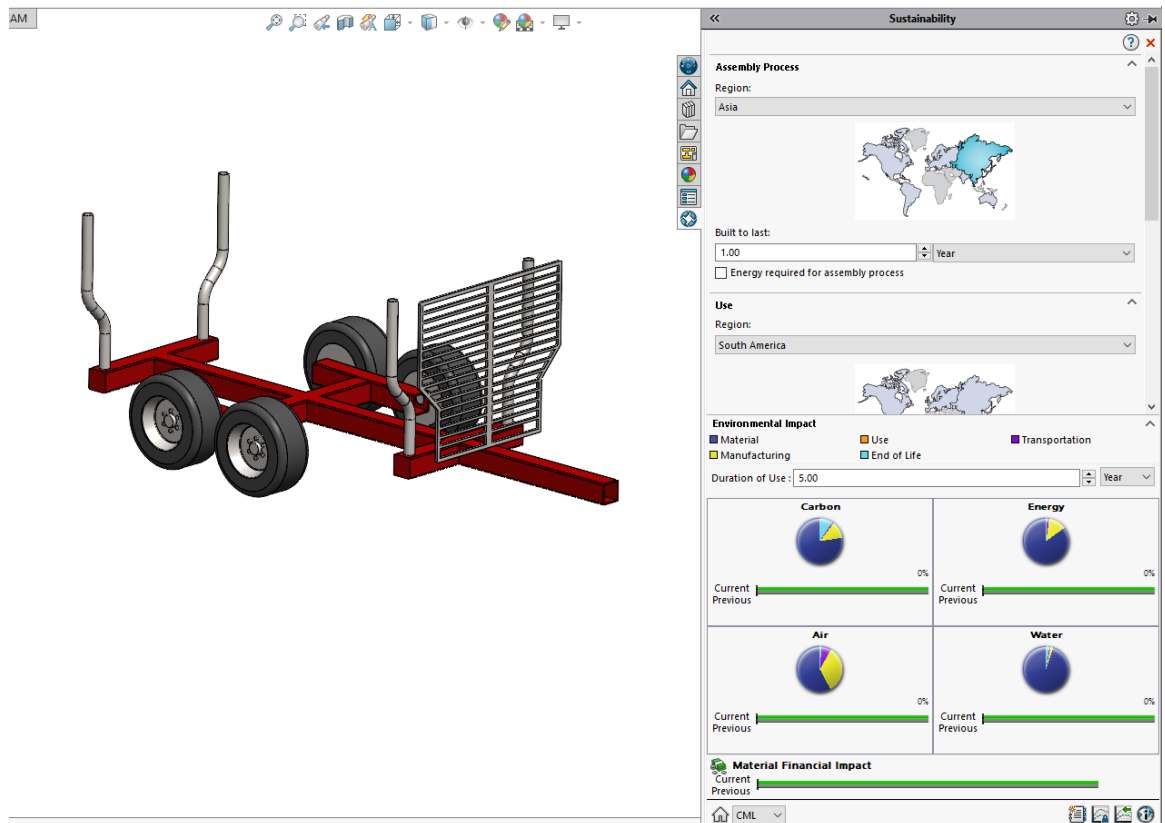
## 4 TUKKIKÄRRY-KOKOONPANO

16(34)

### 4.1 Aloitus

Tehdään myös laskenta koko tukkikärrylle.

Kuten osan laskennassa, avataan tukkikärryn tiedosto tutkittavaksi. Sustainability-lisäosan auettua, ruudun tulisi näyttää tältä. Aloitetaan kokoonpanon tarkastelu osa kerrallaan.



KUVA 38. Koko tukkikärry Sustainabilityssä

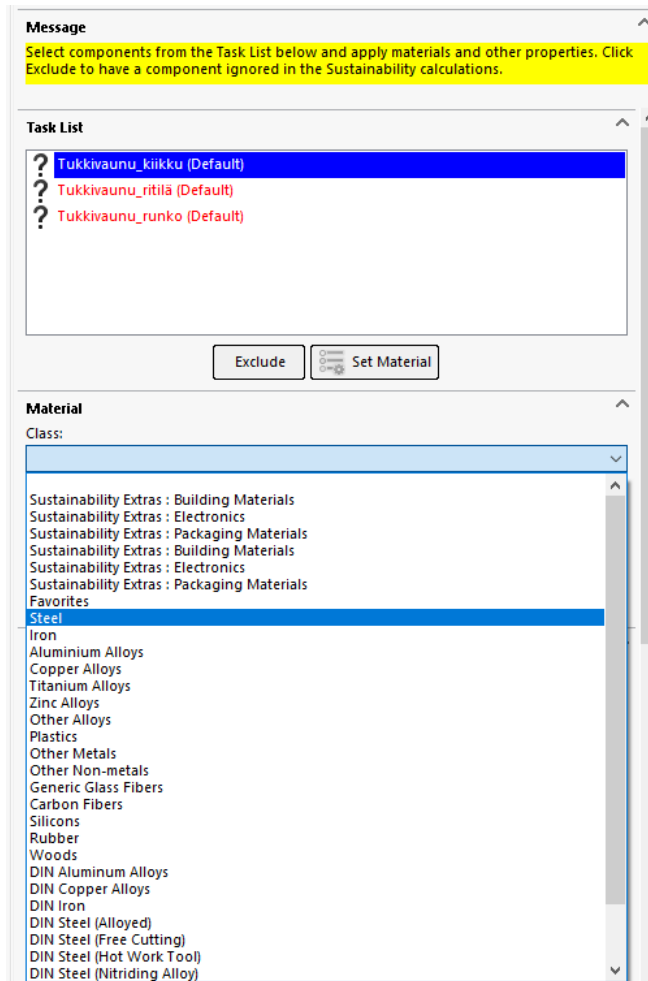
## 4.2 Materiaalin valitseminen

17(34)

Kokoonpanoille Sustainability -lisäosa on hieman erilainen.

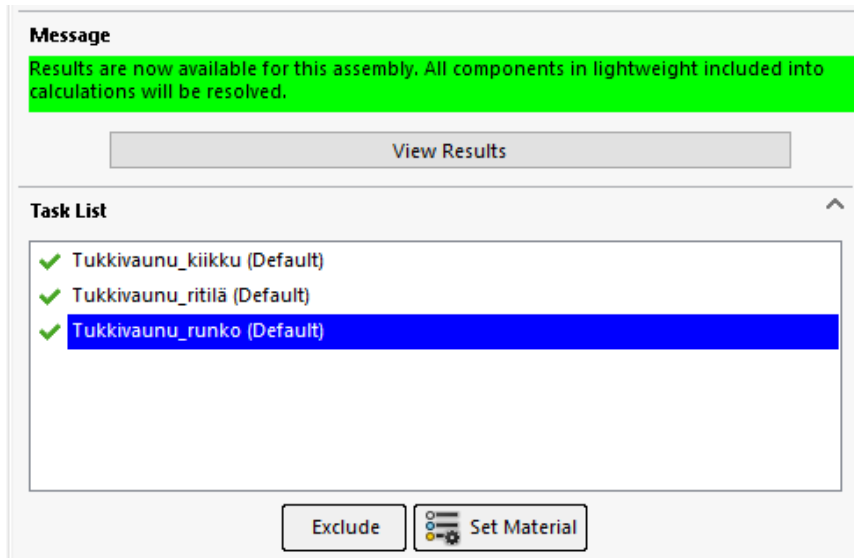
Mikäli kaikille osille ei ole määritetty materiaalia, tulee se määritellä nyt. Osan voi myös poistaa analyysistä painamalla ensin haluttua osaa ja sitten "Exclude" -toimintoa.

Klikkaamalla osaa voi alasvetovalikosta määrittää sille materiaalin.



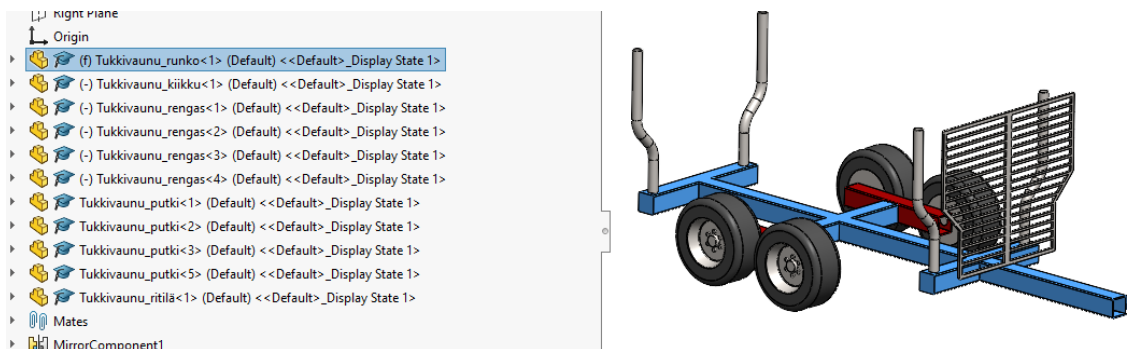
KUVA 39. Laskettavat osat ja niiden materiaalit

Kun kaikille osille on määritetty materiaali, tulee ruudun näyttää tältä.

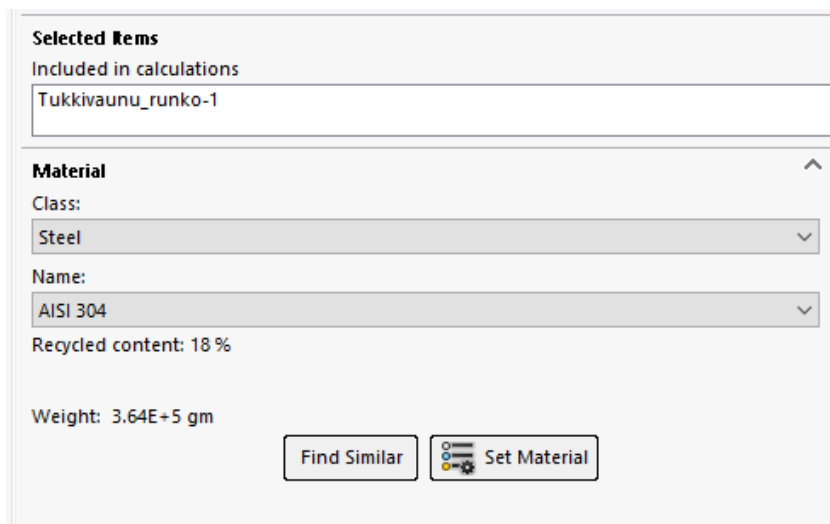


KUVA 40. Valmis laskettavaksi

Osalle voi myöhemmin määrittää materiaalin valitsemalla sen vasemman laidan osaluettelosta ja avaamalla Sustainability uudelleen.



KUVA 41. Vasemman laidan osaluettelo



KUVA 42. Osan materiaalin valinta


### 4.3 Tuotanto ja käyttö

19(34)

Mikäli jokin kokoonpanon osa on valittuna, voi sille määrittää myös tuotantoprosessin. Valinta on samanlainen kuin normaalisti osalle tehtäessä.


**Manufacturing** ^


Region:  
Asia v





Built to last:  
10.00 v Year

Process:  
Stamped/Formed Sheetmetal v

 0.00 kWh/gm v  
 (Total electricity: 67.99 kWh )

 1.48 BTU/gm v  
 (Total natural gas: 537861.80 BTU )

 9.67 % v

 Solvent-based Paint v  
 (Surface Area: 9.12E+6 mm<sup>2</sup> )

KUVA 43. Osan tuotantoprosessi

Kokoonpanolle voi määrittää alueen, jossa kokoonpano kootaan. Voi myös valita kokoonpanoon käytetyn energian klikkaamalla ”Energy required...” -ruksia.

**Assembly Process** ^

Region:  
Asia v



Built to last:  
10.00 v Year

Energy required for assembly process

KUVA 44. Kokoonpanon alue

Energiatyyppejä ovat sähkö (kWh) ja maakaasu (BTU).

Energy required for assembly process

Fuel type:

Electricity

Electricity

Natural Gas

0.00 kWh

KUVA 45. Kokoonpanoon käytettävä energia

Seuraavaksi valitaan alue, jossa tuotetta käytetään.

Voi myös valita, mikäli tuote vaatii energiaa käyttöä varten käyttöikänsä aikana klikkaamalla "Energy needs..." -ruksia.

**Use**

Region:

Europe

North America

Europe

Asia

Japan

South America

Australia

India

Energy needs over lifespan:

KUVA 46. Kokoonpanon käyttöalue

Energiatyyppejä ovat sähkö (kWh), maakaasu (BTU), diesel (gal), bensiini (gal), kerosiini (gal) ja kevyt polttoöljy (gal). Voi myös määrittää käyttöajan.

Energy needs over lifespan:

Type of energy:

Electricity

Amount:

0.00 / Year

KUVA 47. Tuotteen energiatarve

Type of energy:

Electricity

Electricity

Natural Gas

Diesel

Gasoline

Kerosene

Light Fuel Oil

KUVA 48. Energiavaihtoehdot käyttöön

21(34)

Lopuksi voi määrittää tuotteen elinkaaren kuljetukset ja loppuvaiheen. Tämä vaihe on samanlainen kuin osalle määrittäessä. Klikkaamalla kuljetustavan kuvaketta voi määrittää sen manuaalisesti.

The screenshot displays two sections of a configuration interface. The top section, titled "Transportation", contains four rows of settings, each with an icon and a value field. The second row is highlighted in yellow and shows "5000 km". The third row shows "16093 km". Below these rows is a "Reset to Defaults" button. The bottom section, titled "End of Life", contains three rows of settings, each with an icon and a percentage value field. The first and third rows are highlighted in yellow and show "45.00 %" and "31.00 %" respectively. The second row shows "24.00 %". Below these rows is another "Reset to Defaults" button.

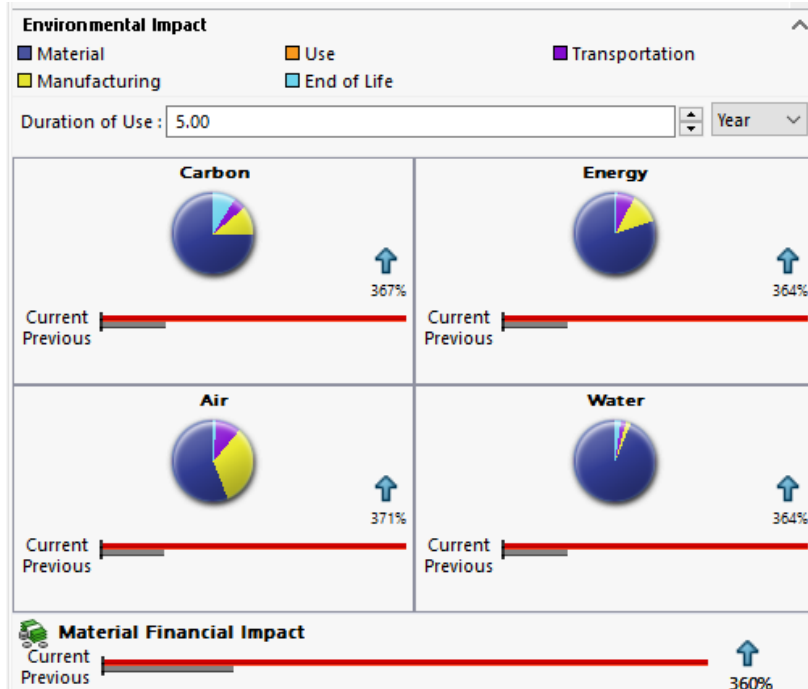
Section	Icon	Value
Transportation		
		5000 km
		16093 km
End of Life		45.00 %
		24.00 %
		31.00 %

KUVA 49. Kuljetusvaihtoehdot ja elinkaaren päätepiste

#### 4.4 Tarkastelu

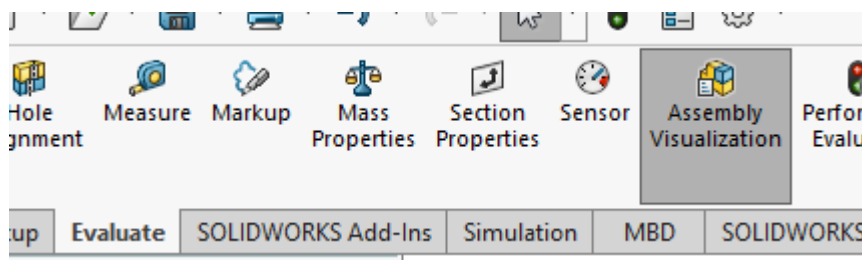
22(34)

Kuten osan laskennassa, voi kokoonpanon ympäristöystävällisyyttä tarkastella valintoja määrittäessä.



KUVA 50. Kokoonpanon laskennan arvot

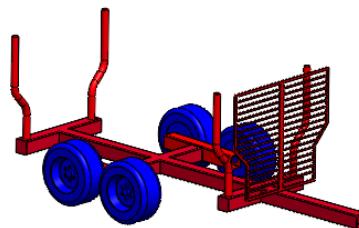
Toisin kuin osaa tarkasteltaessa, voi Sustainabilityn yhteydessä käyttää "Assembly Visualization" -toimintoa.



KUVA 51. Assembly Visualization paikannus

"Assembly Visualization" -toiminnolla voi tarkastella ja vertailla kokoonpanon eri osien arvoja.

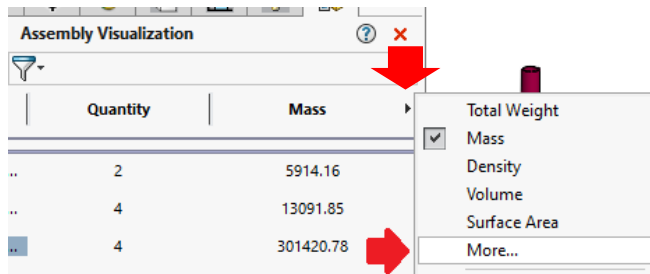
File Name	Quantity	Mass
Tukkivaunu_rengas	4	301420.78
Tukkivaunu_runko	1	45532.12
Tukkivaunu_putki	4	13091.85
Tukkivaunu_ritilä	1	12199.72
Tukkivaunu_kiikku	2	5914.16



KUVA 52. Assembly Visualization

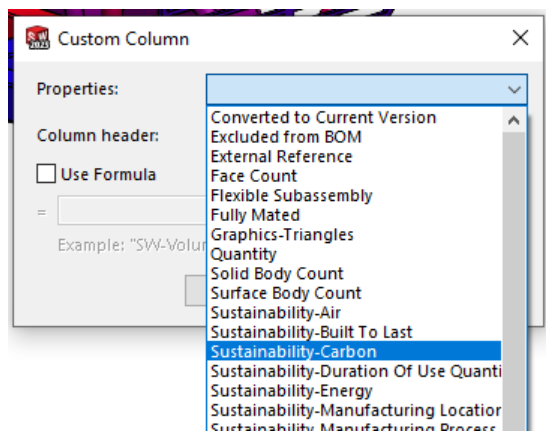
23(34)

Sustainabilityn arvoja voi tarkastella valitsemalla otsikkorivin oikeasta laidasta mustasta nuolesta avautuvasta alasvetovalikosta "More...".



KUVA 53. Tarkasteltavien arvojen muuttaminen

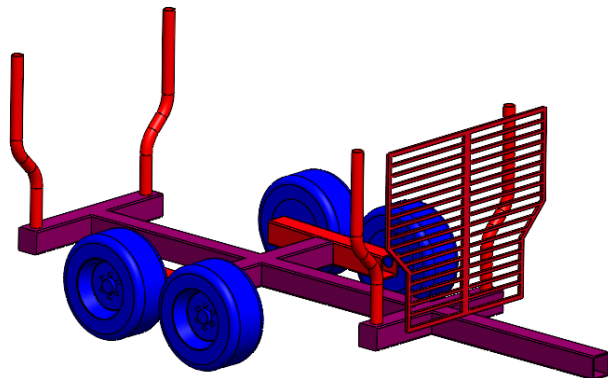
Avautuvasta ikkunasta voi alasvetovalikosta valita eri Sustainabilityn arvoja. Valitaan hiilijalanjäljen tarkasteluun "Sustainability-Carbon".



KUVA 54. Arvovaihtoehdot

Solidworks laskee hiilijalanjäljen kilogrammoina. Otsikkorivin otsikkoa painamalla voi järjestää sarakkeen arvot sen otsikon mukaan.

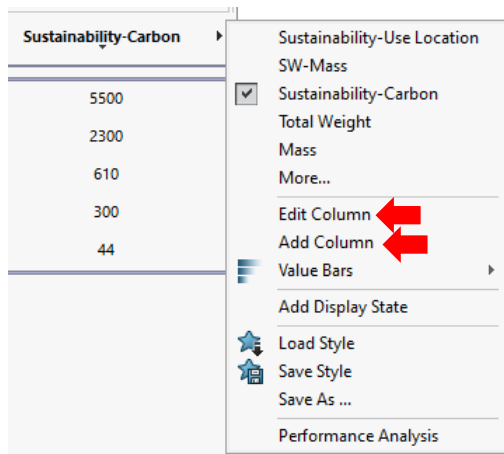
File Name	Quantity	Sustainability-Carbon
Tukkivaunu_rengas	4	5500
Tukkivaunu_runko	1	2300
Tukkivaunu_ritilä	1	610
Tukkivaunu_kiikku	2	300
Tukkivaunu_putki	4	44



KUVA 55. Arvojen järjestys

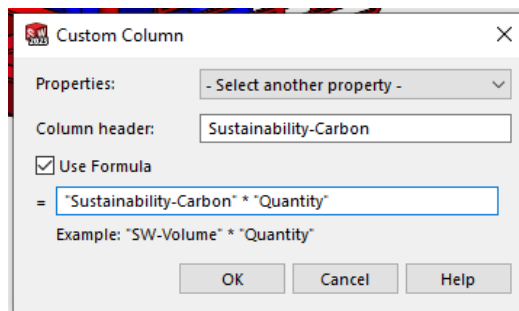
24(34)

Edellä mainitun ikkunan voi avata uudelleen klikkaamalla "Edit Column" tai uudestaan "More...". Klikkaamalla "Add Column" voi myös lisätä sarakkeita.



KUVA 56. Sarakkeiden muokkaus

Ikkunasta voi myös kustomoida taulukon arvoja. Esimerkiksi klikkaamalla ruksia "Use Formula" voi kertoa eri arvoja toisten kanssa.



KUVA 57. Kaavan käyttö

File Name	Quantity	Sustainability-Carbon
Tukkivaunu_rengas	4	22000
Tukkivaunu_runko	1	2300
Tukkivaunu_ritilä	1	610
Tukkivaunu_kiikku	2	600
Tukkivaunu_putki	4	176

KUVA 58. Uudet arvot 1

File Name	Quantity	Sustainability-Carbon	Sustainability-Use...
Tukkivaunu_rengas	4	22000	Europe
Tukkivaunu_runko	1	2300	Europe
Tukkivaunu_putki	4	176	Europe
Tukkivaunu_ritilä	1	610	Europe
Tukkivaunu_kiikku	2	600	Europe

KUVA 59. Uudet arvot 2

## 5 MUUTA

25(34)

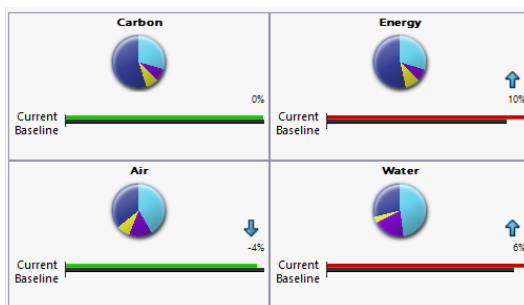
### 5.1 Baseline

Sustainabilityn oikeasta alalaidasta voi nykyisestä laskennasta luoda laskennalle vertailukohtan. Vertailukohtaa voi hyödyntää, jos haluaa optimoida tuotteen ympäristöystävällisyyden entistä paremmaksi.



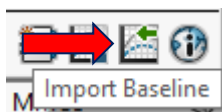
KUVA 60. Vertailuviivan paikannus

Tämä näkyy arvojen muuttamisen jälkeen mustana palkkina diagrammien alapuolella. Nykyisten arvojen ympäristöystävällisyys näkyy joko vihreänä tai punaisena riippuen siitä, onko kyseinen arvo vähemmän vai enemmän verrattuna asetettuun vertailukohtaan.



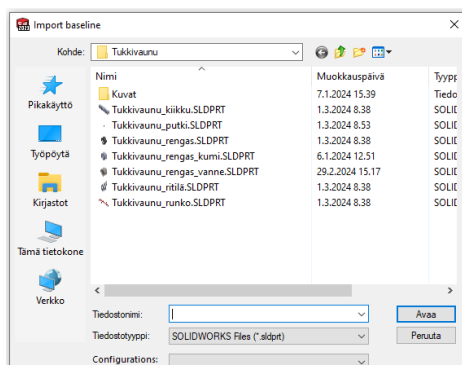
KUVA 61. Vertauskohdat laskennan arvoissa

Laskentaan voi myös tuoda vertailukohtan laskennan ulkopuolelta.



KUVA 62. Vertauskohdan tuonti

Vertauskohta tuodaan toisesta osatiedostosta.



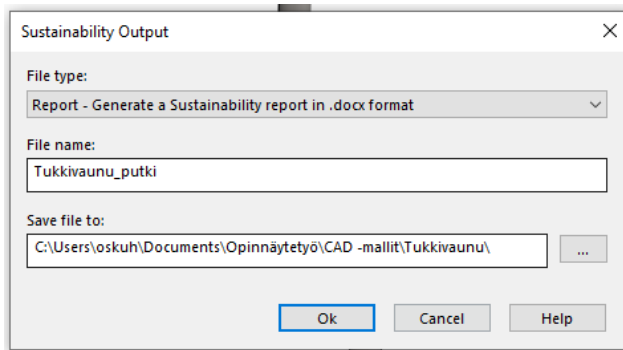
KUVA 63. Tiedoston ponnahtusikkuna

## 5.2 Tallennusformaatit

26(34)

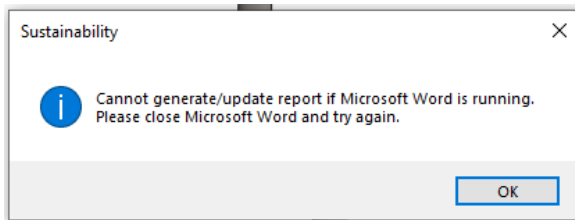
### 5.2.1 Word

Halutessaan voi tuoda Sustainabilityn laskennan ulos Solidworksista. Yksi vaihtoehtoista on .docx -formaatin Word-tiedosto.



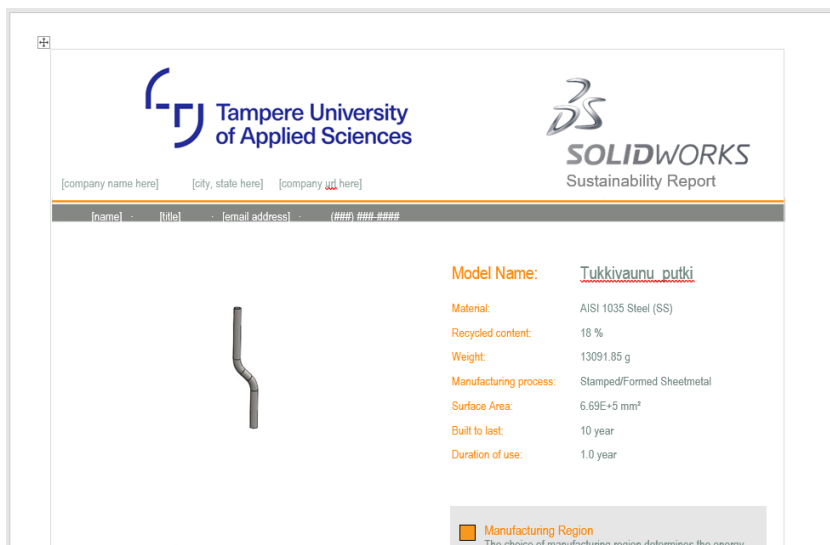
KUVA 64. Tallennuksen ponnahdusikkuna

Jotta Solidworks voi luoda Word-tiedoston haluttuun kansioon, täytyy muut Word-ikkunat olla suljettuna.



KUVA 65. Sulje Word

Word-tiedosto näyttää tältä. Halutessaan voi muokata [mallitiedostoa](#), kuten alla olevassa on lisätty Tampereen ammattikorkeakoulun logo.

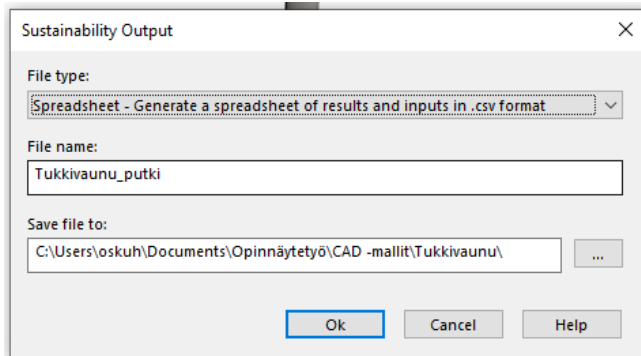


KUVA 66. Word-malli

## 5.2.2 Excel

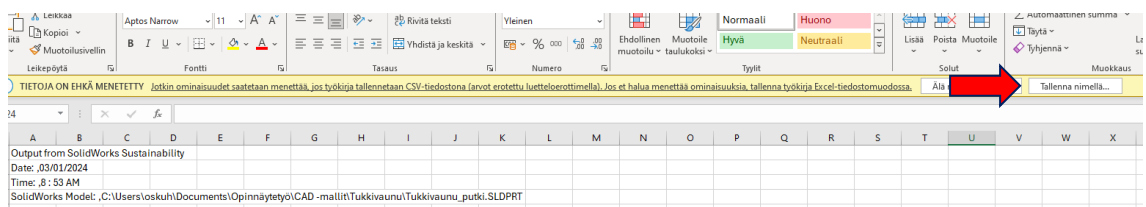
27(34)

Sustainabilityn laskennan voi tuoda myös .csv -formaatin Excel-tiedostona.



KUVA 67. Tallennuksen ponnahdusikkuna

Tiedoston avattua kannattaa se ensin tallentaa .xlsx -formaatisa. Excel myös varoittaa asiasta keltaisella palkilla.



KUVA 68. Keltainen palkki

Tiedosto näyttää avattuna tältä. Ensinnäkin on tietoa tiedostosta, kuten päiväys ja sijainti. Seuraavaksi näkyy laskennan tulokset kohdassa "Results for this part". Lopuksi "Inputs to Sustainability Analysis" tarkoittaa arvoja, jotka on itse määritetty Sustainabilityn laskentaan.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Output from SolidWorks Sustainability											
2	Date: ,03/01/2024											
3	Time: ,8 : 53 AM											
4	SolidWorks Model: ,C:\Users\oskuh\Documents\Opinnäytetyö\CAD -mallit\Tukkivaunu\Tukkivaunu_putki.SLDPR											
5												
6	----- Results for this part -----											
7												
8	,Carbon Footprint (kg CO2) ,Energy Consumption (MJ) ,Air Acidification (kg SO2) ,Water Eutrophication (kg PO4)											
9	Material ,24.0553 ,317.442 ,0.0717226 ,0.00638671											
10	Manufacturing ,4.48855 ,52.9038 ,0.0463554 ,0.00226554											
11	Use ,0 ,0 ,0 ,0											
12	End Of Life ,11.7969 ,110.177 ,0.0529546 ,0.00708731											
13	Transportation ,3.60218 ,52.0974 ,0.0313352 ,0.00486913											
14												
15	Total ,43.9429 ,532.621 ,0.202368 ,0.0206087 ,											
16												
17	----- Inputs to Sustainability Analysis -----											
18												
19	Input	Value	Unit									

KUVA 69. Sustainabilityn tuottama tiedosto

28(34)

Tiedot näyttävät sekavilta, joten karsitaan niitä hieman. Jätetään jäljelle vain Sustainability laskennan tulokset.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2		,Carbon Footprint (kg CO2)	,Energy Consumption (MJ)	,Air Acidification (kg SO2)	,Water Eutrophication (kg PO4)						
3	Material	,24.0553	,317.442	,0.0717226	,0.00638671						
4	Manufacturing	,4.48855	,52.9038	,0.0463554	,0.00226554						
5	Use	,0	,0	,0	,0						
6	End Of Life	,11.7969	,110.177	,0.0529546	,0.00708731						
7	Transportation	,3.60218	,52.0974	,0.0313352	,0.00486913						
8											
9	Total	,43.9429	,532.621	,0.202368	,0.0206087						
10											
11											

KUVA 70. Karsittu tiedosto

Seuraavaksi järjestetään teksti sarakkeisiin:

Valitse järjestettävät solut -> "Tiedot" -> "Teksti sarakkeisiin".

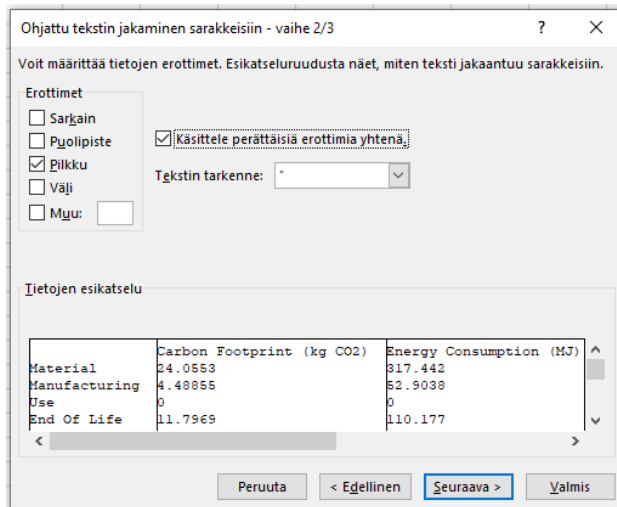
KUVA 71. Tekstin järjestäminen sarakkeisiin

Ensimmäisessä vaiheessa kannattaa jättää valinta "Erotettu".

KUVA 72. Erotettu -valinta

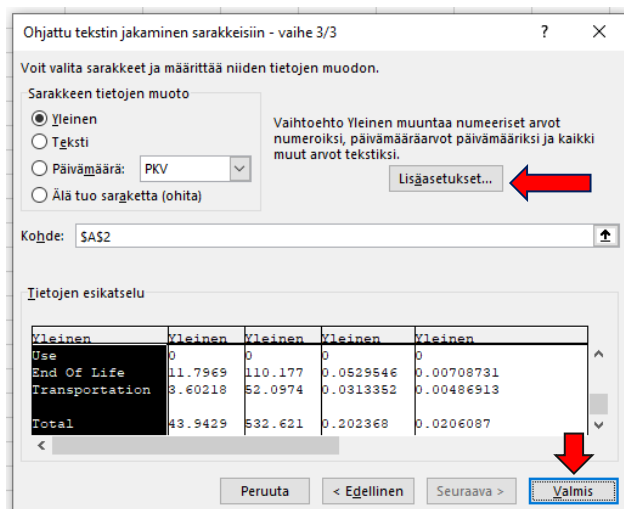
29(34)

Seuraavassa vaiheessa valitaan ”Pilkku” ja ”Käsittele” peräkkäisiä erottimia yhtenä.



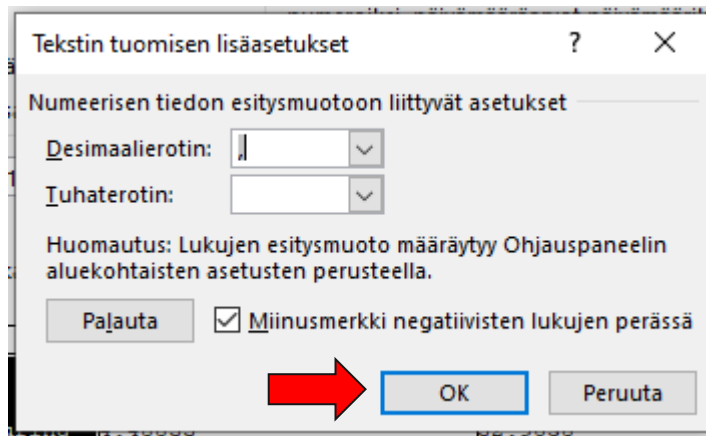
KUVA 73. Pilkku ja Käsittele

Viimeisessä vaiheessa valitaan, mihin eroteltu teksti tulee. Jos kohdetta ei ole valmiiksi valittu, klikkaa nuolesta ja valitse jokin solu.



KUVA 74. Solujen valinta

Tässä vaiheessa kannattaa myös klikata ”Lisäasetukset”. Lisäasetuksissa kannattaa desimaalierotin muuttaa pilkusta pisteeksi. Lopuksi paina ”OK”. Lopuksi vielä klikkaa yllä olevan ikkunan oikeasta alalaidasta ”Valmis”.



KUVA 75. Desimaalierotin

Viimeisen vaiheen voi jättää pois, mutta tällöin arvojen desimaalierottimeksi jää piste, jolloin Excel (ainakaan suomenkielisessä) ei näe arvoja numeroina. Lisäksi jotkin arvot voivat olla virheellisiä.

Tietojen pitäisi nyt näyttää tältä.

	Carbon Footprint (kg CO <sub>2</sub> )	Energy Consumption (MJ)	Air Acidification (kg SO <sub>2</sub> )	Water Eutrophication (kg PO <sub>4</sub> )
Material	24,0553	317,442	0,071723	0,006387
Manufacturing	4,48855	52,9038	0,046355	0,002266
Use	0	0	0	0
End Of Life	11,7969	110,177	0,052955	0,007087
Transport	3,60218	52,0974	0,031335	0,004869
Total	43,9429	532,621	0,202368	0,020609

KUVA 76. Valmiit arvot

Tietoja voi halutessaan vielä muokata paremman näköiseksi, vaikka paksuntamalla otsikot ja vähentämällä desimaaleja.

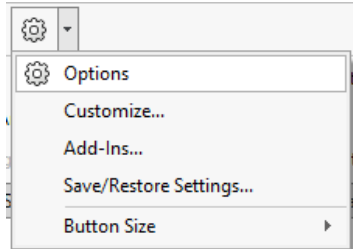
	Carbon Footprint (kg CO <sub>2</sub> )	Energy Consumption (MJ)	Air Acidification (kg SO <sub>2</sub> )	Water Eutrophication (kg PO <sub>4</sub> )
Material	24,06	317,44	0,072	0,0064
Manufacturing	4,49	52,90	0,046	0,0023
Use	0,00	0,00	0,000	0,0000
End Of Life	11,80	110,18	0,053	0,0071
Transportation	3,60	52,10	0,031	0,0049
Total	43,94	532,62	0,202	0,0206

KUVA 77. Taulukon loppusiivous

### 5.2.3 Word template

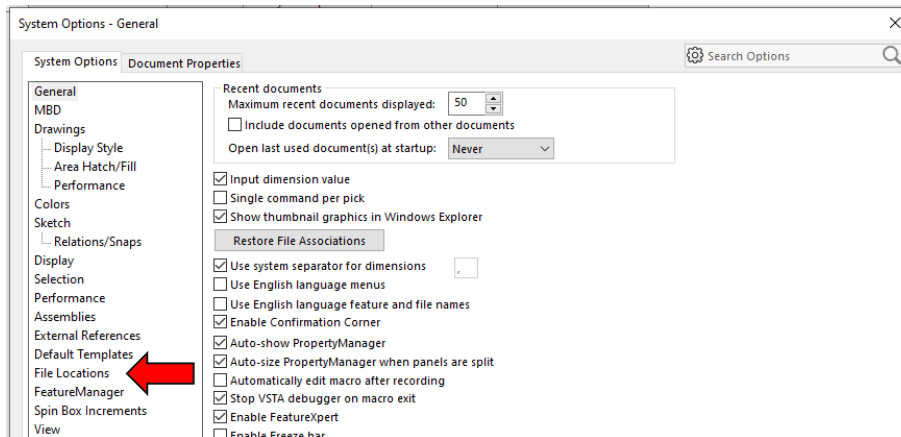
31(34)

Jos haluaa muokata Sustainabilityn Word-mallia, voi sen sijainnin helposti löytää Solidworksin ylälaidasta löytyvistä asetuksista.



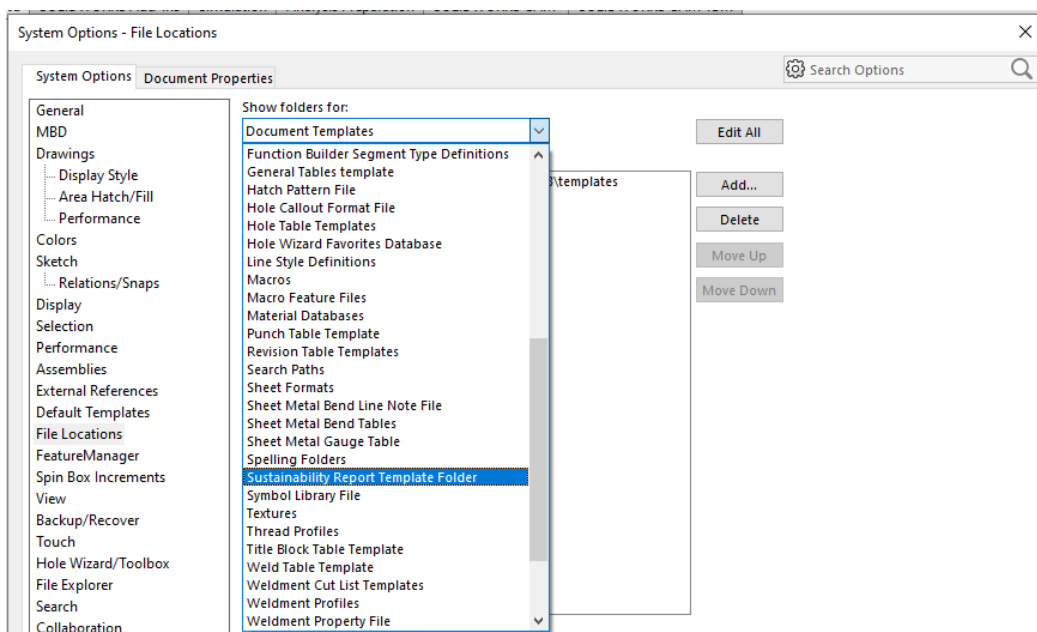
KUVA 78. Asetusten paikannus

Sieltä etsimällä vasemmasta laidasta "File Locations".



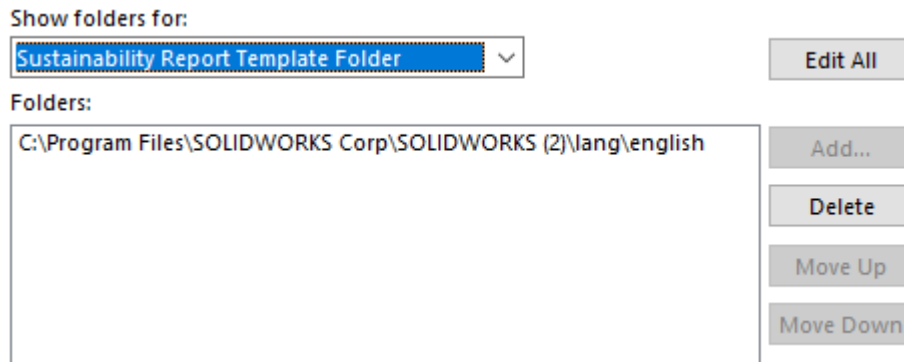
KUVA 79. Tiedostosijaintien paikannus

Ja sieltä alasettovalikosta "Sustainability Report Template Folder".



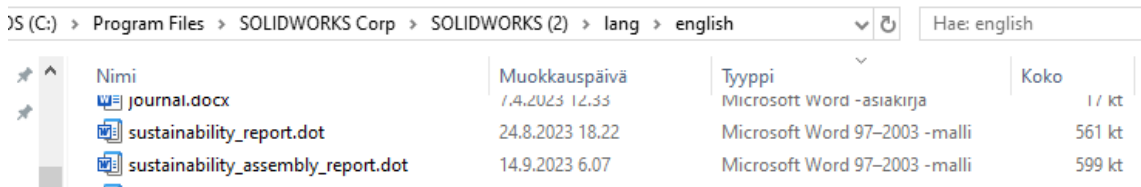
KUVA 80. Word-pohjan paikannus

Jolloin Solidworks näyttää Sustainabilityn Word-mallin tiedostosijainnin.



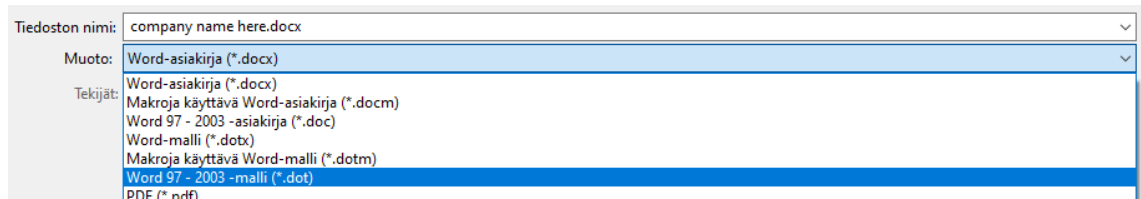
KUVA 81. Tiedostosijainti

Tiedostot ovat .dot -formaattissa. Mallia voi muokata ensin avaamalla kansiossa oleva tiedosto. Word ei avaa tätä tiedostoa vaan luo suoraan kopion.



KUVA 82. Word-pohja kansiossa

Kopiota voi muokata haluamallaan tavalla, jonka jälkeen tulee se nimetä ”sustainability\_report” tai ”sustainability\_assembly\_report” riippuen siitä, onko se kappaleelle vai kokoonpanolle. Tämän jälkeen voi korvata kansiossa olevan tiedoston, johon tarvitaan järjestelmänvalvojan oikeuksia.



KUVA 83. .dot -formaatti

### 5.3 Lisäinfoa

33(34)

Lisätietoa Solidworks Sustainabilitystä voi löytää esimerkiksi Solidworksin sivuilta:

<https://help.solidworks.com>

Klikkaa "SOLIDWORKS".

SOLIDWORKS Web Help

Welcome to the SOLIDWORKS Web Help.

Documentation for the 3DEXPERIENCE platform is available at [Dassault Systèmes User Assistance](#) (requires 3DEXPERIENCE credentials).

Choose the product version and language, and then the specific documentation set.

Version:

Language:

**SOLIDWORKS 2024 Help**

- What's New
- SOLIDWORKS**
- SOLIDWORKS Connected (3DEXPERIENCE SOLIDWORKS)
- SOLIDWORKS Connected Tutorials (3DEXPERIENCE SOLIDWORKS)
- SOLIDWORKS Visualize and SOLIDWORKS Visualize Connected

KUVA 84. Ohjeiden paikannus

Ja sieltä vasemmalta alhaalta "SOLIDWORKS Sustainability".

- Motion Studies
- Parts and Features
- Routing
- Sheet Metal
- Simulation
- SimulationXpress
- Sketching
- SLDXML Data Exchange
- SOLIDWORKS Sustainability**
- Tolerancing
- TolAnalyst
- Toolbox

- Getti
- To op
- To acc
- To tur
- To lea
- Acces

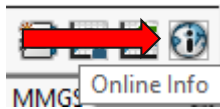
KUVA 85. Sustainabilityn ohjeiden paikannus

- SOLIDWORKS Sustainability**
  - SOLIDWORKS Sustainability Overview
  - Comparison of Sustainability Products
  - Sustainability Task Pane Views
  - Evaluating the Environmental Impact of a Part
  - Evaluating the Environmental Impact of an Assembly (not available with SustainabilityXpress)
  - Adding Materials
  - Visualizing Sustainability Properties

KUVA 86. Ohjeluetelo

34(34)

Solidworks Sustainability sisällä voi myös oikeasta alalaidasta löytää painikkeen ”Online Info”.



KUVA 87. Online Info

Joka selittää yksinkertaistetun päästömäärän tuotteelle, esim. käyttämällä vertauskohteena autoa.

[SolidWorks - Sustainability](#)  
[About](#) | [Contact](#)  
[Purchase](#)  
[Sustainable Design Guide](#)  
[Sustainable Design](#)  
[SolidWorks Sustainability](#)  
[Support](#)  
[Community](#)

## Sustainable Design

Home > Sustainable Design

### Carbon Footprint: Miles driving a Hybrid (based on Toyota Prius)

[Learn More](#)

DESIGN TYPE	NAME	VALUE	UNIT	QUANTITY	Visual Representation	Value
CURRENT DESIGN	Tukkivaunu_putki	43,943	kg CO <sub>2</sub>	1	5 cars	240
BASILINE DESIGN	File Name	Impact Value	kg CO <sub>2</sub>	1	5 houses	

**CALCULATE** = 50 Miles driving a Hybrid **Worsened impact by 240 miles driving a Hybrid** **100%**

Data Capture: 1 Mar 2024

Metric	Value	Description
Energy Consumption	115	Miles driving an average European car
Carbon Footprint	106	Miles driving an average US car
Air Acidification	240	Miles driving a Hybrid
Water Eutrophication		

### Summary of Environmental Impact

The current design will contribute 43.94 kg CO<sub>2</sub> towards Carbon Footprint. The baseline design will contribute NaN kg CO<sub>2</sub>. The current design will increase 100% of the impact, which is worsening the impact by the equivalent of driving a Hybrid 240 miles (based on Toyota Prius).

*Conversion formula courtesy of [FE INTERNATIONAL](#)*

### Share Your Findings

[f](#) [t](#) [e](#)

[Print-Friendly Version](#)  
(only if you really need it)

©2024 Dassault Systèmes  
SolidWorks Corporation  
[Terms of Use](#) | [Privacy Policy](#) | [Piracy Prevention](#) | [License Agreement](#)  
[GaBI Software](#)

KUVA 88. Yksinkertaistettu päästömäärän havainnollistaminen