

Joonas Sykkö

## **KAUHOJEN TUOTTEISTAMINEN**

## **KAUHOJEN TUOTTEISTAMINEN**

Joonas Sykkö  
Opinnäytetyö  
Kevät 2016  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, koneautomaatio

---

Tekijä:	Joonas Sykkö
Opinnäytetyön nimi:	Kauhojen tuotteistaminen
Työn ohjaaja:	Esa Kontio
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi:	kevät 2016
Sivumäärä:	70 + 0 liitettä

---

Kauhojen tuotteistaminen on Ab A. Häggblom Oy:lle tehty opinnäytetyö yrityksen toiminnan kehittämiseksi. Opinnäytetyö on tuotteistamisprojektin alkuosana, jonka tavoitteena oli kehittää ja tuoda Suomen markkinoille Ruotsissa Häggblom Sverige Ab:llä suunniteltuja ja valmistettuja kauhamalleja. Työ sisältää kauhojen tuotekehitystä, valmistuskustannuslaskelmia ja markkinoiden tarkastelua.

Tuotekehityksen ja teknisen läpikäynnin tavoitteena oli kehittää kilpailukykyisiä kauhamalleja, joita voidaan tulevaisuuden tuotteistamisprojektissa hyödyntää. Kauhamallit oli suunniteltava kestäviksi, kevyiksi ja edullisiksi valmistaa. Suunnitelluista kauhamalleista tuli tehdä laskelmia valmistukseen kuluvista kustannuksista ja selvittää, millä keinoilla kustannuksia voidaan karsia. Teknisen läpikäynnin ja kustannuslaskelmien lisäksi tuli työssä tarkastella kauhojen markkinoita Suomessa ja Ruotsissa sekä selvittää Ab A. Häggblom Oy:n asema näillä markkinoilla.

Opinnäytetyössä suunniteltiin markkinoille kaksi kilpailukykyistä kauhamallia. Kauhamallit olivat 650-litrainen kuokkakauha ja 1 000-litrainen luiskakauha. Näiden kauhojen tuotekehityksessä tehtiin parannuksia kauhojen valmistettavuuteen, kestävyteen ja painoon. Kauhojen kannet suunniteltiin sopivaksi kahdelle kaivinkoneen kiinniketyypille S60- ja NTP10-kiinnikkeelle. Kauhojen 3D-mallit suunniteltiin sille tasolle, että niiden tuoterakenne oli valmistuksen mukainen. Tuotekehitystyön yhteydessä mallien nopea ja vaivaton muokkaaminen, kopioiminen ja skaalaaminen tehtiin mahdolliseksi.

Kauhojen valmistuskustannuksista tehtiin laskelmia, joiden perusteella kauhat voitiin todeta myös kustannuksiltaan kilpailukykyisiksi. Markkinoiden tarkastelulla saatiin tarkempi käsitys alalla toimivista kilpailijoista sekä selvitettiin Ab A. Häggblom Oy:n asema Suomen ja Ruotsin markkinoilla. Markkinoiden tarkasteluiden avulla vahvistettiin aikaisempia käsityksiä siitä, mitä kehitettävää Ab A. Häggblom Oy:llä on. Tiedot jäivät yrityksen käyttöön, samoin piirustukset, taulukot ja muut yksityiskohtaiset asiat.

---

Asiasanat:

kauha, kaivinkone, tuotekehitys, markkina-analyysi, teräsrakenne, valmistuskustannuslaskelma

## SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	3
SISÄLLYS.....	4
1 JOHDANTO.....	6
2 HITSATUN TERÄSTUOTTEEN VALMISTETTAVUUDEN KEHITTÄMINEN.....	7
2.1 Valmistuskustannusten muodostuminen.....	7
2.2 Laatuvaatimusten ja toleranssien vaikutukset.....	8
3 KAUHOJEN TUOTTEISTAMISEN LÄHTÖTILANNE.....	9
4 TUOTTEISTETTAVAT KAUHAMALLIT.....	10
4.1 Häggblom Sverige Ab:n kauhamallit.....	10
4.1.1 Häggblom Sverige Ab:n kuokkakauha.....	10
4.1.2 Häggblom Sverige Ab:n luiskakauha.....	11
4.2 Uudet kauhamallit.....	12
4.2.1 Uusi kuokkakauha.....	13
4.2.2 Uusi luiskakauha.....	15
5 LUJUUSTARKASTELUT.....	16
5.1 Häggblom Sverige Ab:n kuokkakauhan FEM-analyysit.....	18
5.2 Uuden kuokkakauhan FEM-analyysit.....	20
5.3 Häggblom Sverige Ab:n luiskakauhan FEM-analyysit.....	25
5.4 Optimoidun luiskakauhan FEM-analyysit.....	27
6 VÄSYMISTARKASTELUT HOT SPOT -MENETELMÄLLÄ.....	32
6.1 Hot spot -jännitykseen perustuva menetelmä.....	32
6.2 Määrittäminen elementtimenetelmällä.....	33
6.3 Kauhojen väsymistarkastelut.....	34
6.3.1 Uuden kuokkakauhan väsymistarkastelut.....	35
6.3.2 Uuden luiskakauhan väsymistarkastelut.....	39
7 VALMISTUSKUSTANNUSLASKELMAT.....	45
7.1 Työvaiheisiin kuluva aika.....	46
7.1.1 Plasmaleikkaus.....	46
7.1.2 Särmäys.....	47
7.1.3 Katkaisu.....	47
7.1.4 Hitsaus.....	47
7.1.5 Poraus.....	48

7.2	Kauhojen valmistuskustannukset .....	49
7.2.1	Hägglom Sverige Ab:n kuokkakauhan valmistuskustannukset .....	49
7.2.2	Uuden kuokkakauhan valmistuskustannukset .....	50
7.2.3	Hägglom Sverige Ab:n luiskakauhan valmistuskustannukset .....	51
7.2.4	Uuden luiskakauhan valmistuskustannukset.....	52
7.1	Kauhojen ja kiinnikkeiden valmistuskustannukset .....	53
7.1.1	NTP10-kiinnikkeen valmistuskustannukset .....	53
7.1.2	S60-kiinnikkeen valmistuskustannukset.....	54
7.2	Sarjatuotannon vaikutus kauhojen kustannuksiin .....	55
7.3	Yhteenveto valmistuskustannuksista.....	57
8	PIENTEN KAUHOJEN MARKKINOIDEN TARKASTELUT.....	59
8.1	Kilpailija- ja kilpailutilanneanalyysi .....	59
8.2	Ab A. Hägglom Oy:n asema markkinoilla .....	60
8.3	Kilpailija-analyysi .....	60
8.4	Kilpailutilanneanalyysi .....	66
8.5	Yhteenveto pienten kauhojen markkinoiden tarkastelusta.....	66
9	YHTEENVETO .....	68
	LÄHTEET.....	70

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö Kauhojen tuotteistaminen on tehty Kokkolassa toimivalle yritykselle Ab A. Häggblom Oy:lle. Opinnäytetyö käynnistää yrityksen tuotteistamisprojektin pienten kauhojen eli alle 1500-litraisten kauhojen osalta. Koska tuotteistaminen on varsin pitkä projekti yhdelle opinnäytetyölle ja tulee vielä jatkumaan opinnäytetyön valmistuttua, on aihetta rajattu siten, että tekniset läpikäynnit tehdään vain kahdelle esimerkkikauhamallille. Tekninen läpikäynti sisältää kauhojen lujuustarkasteluita, suunnittelua, valmistettavuuden suunnittelua ja valmistuskustannuslaskelmia. Tekninen läpikäynti on suoritettava siten, että työtä on mahdollista hyödyntää jatkossa skaalamalla ja kopioimalla muihin kauhamalleihin ja kauhakokoihin. Teknisen läpikäynnin lisäksi työssä tehdään kilpailija-analyysi Suomessa ja Ruotsissa toimivista alan toimijoista. Kilpailija-analyysin avulla voidaan määrittää, minkälaista kilpailua on odotettavissa ja mikä on Ab A. Häggblom Oy:n asema markkinoilla.

Kauhojen tuotteistamisen tarkoituksena on nopeuttaa tuotantoa sille tasolle, että pienen kauhan toimitusaika asiakkaalle kestäisi alle viikon. Nopea valmistusaika mahdollistaisi myös muutamien kauhojen valmistuksen varastoon, jolloin toimitusaika olisi vieläkin lyhempi. Ab A. Häggblom Oy:n kauhojen ei ole tarkoitus tarjota halvimpia markkinoilla myynnissä olevia kauhoja, vaan kevytrakenteisempia, laadukkaampia ja kestävämpiä kuin kilpailijoilla. Yritykselle on hyvin tärkeää säilyttää korkealaatuisten tuotteiden imago, vaikka kyseessä on aikaisempaan verrattuna pienemmät tuotteet. Valmistamalla laadukkaita ja kevyitä kauhamalleja pyritään saavuttamaan yritykselle lisää kilpailukykyä.

Vuonna 1954 Kokkolassa aloittanut Ab A. Häggblom Oy on konepaja, joka valmistaa telaketjusovelluksia ja kauhoja. Valmistuksen lisäksi yritys tarjoaa suunnittelua, kaivinkoneiden varaosien ja kulutusosien jälleenmyyntiä sekä huoltoa. Häggblom Oy:n henkilöstömäärä on noin 80, joista puolet on toimihenkilöitä. Kokkolassa Häggblomilla on kaksi toimipistettä. Päätoimipiste on Mesilän tehdasalueella, jossa on suunnittelun, myynnin ja hallinnon toimistot sekä konepaja ja kokoonpanohalli. Toinen yrityksen konepaja sijaitsee Jänismaalla. Kokkolan toimipisteiden lisäksi Häggblom on etabloitunut Ruotsiin vuonna 2015 ja yhdistynyt Andersson Attachment Ab:n kanssa. Ruotsin toimipiste sijaitsee Etelä-Ruotsissa Sävsjössä. (1, linkit Yritys -> Häggblom.)

## 2 HITSATUN TERÄSTUOTTEEN VALMISTETTAVUUDEN KEHITTÄMINEN

### 2.1 Valmistuskustannusten muodostuminen

Hitsattavien teräsrakenteiden valmistuskustannukset muodostuvat monesta tekijästä, joita ovat tuotteen valmistukseen käytettävät materiaalit, työtunnit, pintakäsittelyt ja kuljetukset. Yksinkertaisissakin teräsrakenteissa valmistuskustannuksista puolet voi koostua työstä, ja mitä monimutkaisemmasta rakenteesta on kyse, sen suurempi on työn osuus. Tuotteen valmistuskustannuksiin pystytään vaikuttamaan muun muassa materiaali- ja valmistusmenetelmä valinnoilla, asetetuilla laatuvaatimuksilla, tuotteen massalla ja osto-osien määrällä. Näihin kaikkiin tekijöihin pystyy suunnittelija vaikuttamaan itse. Vain pieni osa valmistuskustannuksissa tehtävistä säästöistä voidaan tehdä tuotannossa. (2, s. 6).

Suunnittelija pyrkii tuotetta suunnitellessaan vastaamaan asiakkaan tai tilaajan asettamiin vaatimuksiin ja raja-arvoihin, jolloin valmistuskustannukset eivät ole yksin suunnittelijan vastuulla. Tuotetta suunnitellessa on huomioitava myös suunnitteluun käytettävä aika, joka ei monessa tapauksessa nosta tuotteen arvoa ja jää laskuttamatta tilaajalta. Tapauksissa, joissa tilaajan kanssa on erikseen sovittu suunnittelutuntien sisältyvän tuotteen hintaan, on suunnitteluun käytävällä ajalla merkitystä.

Tuotteessa käytettävien materiaalien valitsemisessa valitaan pääsääntöisesti edullisin vaihtoehto. Valintoja tehtäessä on otettava huomioon tilaajan asettamat vaatimukset ja materiaaleihin liittyvät seikat kuten materiaalien saatavuus, eräkoot, lujuusominaisuudet, korroosion kesto, hitsattavuus, työstettävyyden, muovattavuus, ulkonäkö, varastointi ja pintakäsittelyominaisuudet. Lujuusominaisuuksiltaan parempia materiaaleja voidaan valita tuotteen rakenteeseen, mikäli niiden tarjoama korkeampaa myötölujuutta voidaan hyödyntää. Esimerkiksi kun käytetään suurlujuusteräksiä teräsrakenteessa, voidaan pienentää materiaalivahvuuksia, jolloin massa pienenee ja tuotteen äärimittoja voidaan kasvattaa. Rakennetta suunniteltaessa on tärkeää hyödyntää myös saatavilla olevia standardi- ja osto-osia, jotka ovat yleensä laadultaan hyviä ja edullisia. Osto-osia ei yrityksellä kannata olla liikaa, jotta yksikköhinnat pysyisivät matalana, nimikkeiden määrä pienenä ja varaston kierto nopeana. (2, s. 6 - 8).

Mikäli haluttua osto-osaa ei löydy, on osan materiaalin valinnassa otettava huomioon oikeiden aihoiden valinta. Koska suunniteltaessa on sille aina valittava jokin materiaali-aiho, jonka geo-

metriat määrittävät tarvittavien työvaiheiden määrän. Ahioksi kannattaa valita hyvin saatavissa oleva varastokoko ja sen saatavuus tulisi tarkistaa tavarantoimittajalta, koska trendit voivat muuttua toimialueittain. (2, s. 12).

Tuotetta suunniteltaessa työvaiheita, työkalunvaihtoja ja otteita tulisi olla mahdollisimman vähän. Näiden seikkojen vähentäminen edellyttää työstettävien piirteiden standardointia. Esimerkiksi särmäyksessä pitäisi käyttää samaa säteen mittausta, porattavien reikien koot pitäisi olla samat ja koneistettavien kappaleiden piirteet pitäisi saada tehtyä mahdollisimman vähillä kappaleen kiinnityksillä. Työvaiheen, otteen tai työkalun vaihtuessa tulee osan valmistuksessa aina rahaa tuottamaton keskeytys. Osien muodon suunnittelulla voidaan siten vaikuttaa merkittävästi työvaiheiden aiheuttamiin kustannuksiin. (2, s. 16).

## **2.2 Laatuvaatimusten ja toleranssien vaikutukset**

Valmistuskustannusten muodostumisen karsiminen täytyy toteuttaa laatuvaatimuksista tinkimättä. Tuotteen tulee täyttää sille kuuluvat tietyt ominaisuudet. Ominaisuuksiin vaikuttavat asiakas tai tilaaja, tuotetta valmistava yritys itse, standardit ja määräykset, lujuusvaatimukset, materiaalivaatimukset, työn tarkkuus, valitut valmistusmenetelmät sekä viimeistelyyn ja ulkonäköön liittyvät tavoitteet. (2, s. 9).

Tuotteen jokaisella osalla ja osien piirteillä on aina vaadittava koko- ja geometrinen tarkkuusvaatimus. Osassa saa olla vain tietyt sallittuja poikkeamia, jotta sen toiminta tai kokoonpantavuus ei heikkene. Nämä tietyt poikkeamat voivat olla osan muodoissa, mitoissa ja sijainneissa. Näiden poikkeamien varmistamiseksi tulisi tolerointi esittää piirustuksissa selkeästi. Piirustuksiin erikseen merkittyjen toleranssien lisäksi voidaan käyttää yleistoleranssia, jonka avulla varmistetaan, että toleranssivaatimukset täytetään. Yleistoleranssit määrittävät taulukoiden avulla tietyille mitoille ja muodoille sallitut poikkeamat. Ilman yleistoleranssien käyttöä piirustukset olisivat epäselviä ja täynnä valmistusta sotkevia toleranssimerkintöjä, joiden tekeminen vie suunnittelulta kallisarvoista aikaa. Suunnittelijan tehtäväksi siis kuuluu selvittää ja valita, minkä standardin yleistoleranssia sovelletaan tietyn osan piirustuksessa. Suunnittelun ja tuotannon tulisi käyttää samoja standardeja laatuvaatimusten toteutumisen edellyttämiseksi. (2, s. 10).



### 3 KAUHOJEN TUOTTEISTAMISEN LÄHTÖTILANNE

Ab A. Häggblom Oy:lle tuotteistamisen tarve on syntynyt yrityksen toiminnan kehityksen myötä. Pienten kauhojen tuotteistamisella yritys pääsee kasvattamaan asiakaskuntaansa ja laajentamaan markkinoitaan. Kauhojen tuotteistamisella on tarkoitus muuttaa pienten kauhojen myyntiä tehokkaammaksi, kun jokaista myytyä kauhamallia ei tarvitsisi räätälöidä asiakkaalle erikseen. Aikaisemmin asiakas on lähestynyt yritystä tarpeellaan ja pyytänyt tarjouksen. Tarjousta varten on asiakkaalle mallinnettu kauha ja tähän tarjousmalliin on näin käytetty suunnittelu-aikaa. Mikäli asiakas ei ota tarjousta vastaan, ovat tarjoukseen käytetyt suunnitteluresurssit menneet hukkaan.

Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että tarjousmallien tekeminen ei kannattaisi. Asiakaskohtaisesti räätälöity kauhamalli miellyttää enemmän asiakkaita, joilla on erityisvaatimuksia kauhaa kohtaan huolimatta korkeammasta hinnasta tai pidemmästä toimitusajasta. Kauhojen tuotteistamisprojektissa suunnitellaan ennalta valituista kauhamalleista toimivia perusmalleja ja tehdään näistä valmistuskuvat. Näitä valmiita kauhamalleja voidaan nopeasti tarjota asiakkaalle ja lisätä välittömästi tuotantoon ilman suunnitteluresurssien tuhlaamista.

Tarjouspyyntöpohjaisen myynnin lisäksi on Ab A. Häggblom Oy:n tuotanto suunniteltu sopivaksi projektiluonteisille tuotteille. Tuotantoa ei lähinäkymin olla muuttamassa tuotteistamisprojektin vuoksi, mutta tuotannon joustavuus mahdollistaa sarjatuotannonkin harjoittamista, mikäli kappalesarjat eivät nouse liian korkeiksi suhteessa muuhun tuotantoon.

Häggblom Sverige Ab:llä on valmiiksi suunniteltuja ja hinnoiteltuja kauhamalleja runsaasti tarjolla ja niiden myyminen on tehty helpoksi kauhahinnaston avulla. Näitä kauhamalleja käytetään kauhojen tuotteistamisprojektissa pohjana uusille malleille. Ruotsalaisen yrityksen kauhat ovat palvelleet enimmäkseen ruotsalaisten koneurakoitsijoiden mieltymyksiä eivätkä ne tämän vuoksi sovi sellaisenaan Suomen markkinoille.

## 4 TUOTTEISTETTAVAT KAUHAMALLIT

Tässä raportin osiossa käydään läpi opinnäytetyön teknistä läpikäyntiä, jossa alkuperäisistä Hägglom Sverige Ab:n kauhoista suunnitellaan ja optimoidaan uudet mallit. Alkuperäiset kauhamallit on todettu vuosien aikana Ruotsin markkinoille sopiviksi, mutta Suomen markkinoille tuotaessa niiden muokkaaminen ja kehittäminen koettiin välttämättömäksi. Käsiteltäviksi kauhamalleiksi valittiin 1 000-litrainen luiskakauha ja 650-litrainen kuokkakauha.

### 4.1 Hägglom Sverige Ab:n kauhamallit

Alkuperäisissä Hägglom Sverige Ab:n kauhoissa on käytetty ainesputkea tai valssattua teräsputkea kansirakenteen jäykisteenä. Pohja on särmätty suhteellisen pitkillä särmäysväleillä ja kannen jäykistäminen on toteutettu erillisillä levyillä. Kiinniketyyppinä on molemmissa kauhamalleissa S60-kiinnike. Levymateriaalina on käytetty enimmäkseen S355-rakenneterästä ja Hardox 400 -terästä.

Koska kauhat oli mallinnettu Ruotsissa yhtenä osana, oli kauhoista mallinnettava uudet versiot siten, että niille voitiin Solidworks 2015 -3D-mallinnusohjelmassa tehdä lujuustarkasteluita. Tämä oli edellytyksenä myös valmistuksen mukaisen tuoterakenteen luomiseen. Jokaisesta osasta oli tehtävä siksi erilliset 3D-mallit, osista kauhan kokoonpano ja valmistuksen mukaiset piirustukset.

Osien ja kokoonpanojen luomiselle määritettiin myös ehtoja, jotka edesauttavat suunnittelua ja valmistusta. Esimerkiksi kokoonpanojen koordinaatistoon asetelussa oli tärkeää sijoitella osat oikeassa asemassa origoon ja akseleihin nähden.

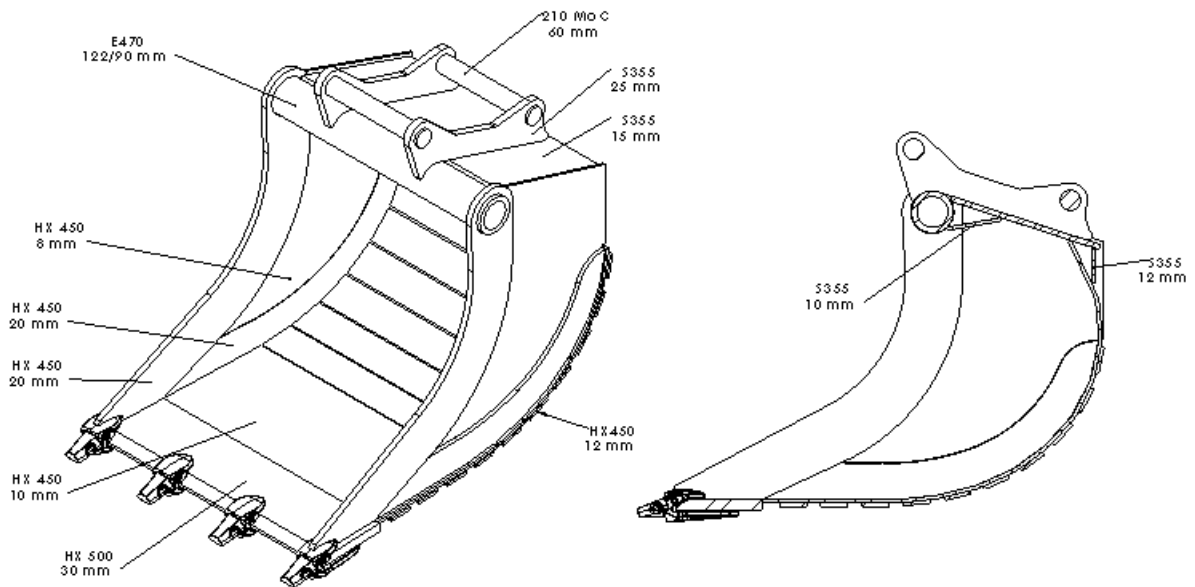
#### 4.1.1 Hägglom Sverige Ab:n kuokkakauha

Taulukossa 1 on lueteltuna Ruotsissa valmistetun Hägglom Sverige Ab:n 650-litraisen kuokkakauhan tietoja. Taulukosta ilmenee markkinoinnin kannalta oleellimmat tiedot kauhasta kuten koneryhmä, minkä kokoisissa koneissa kauhaa käytetään, kiinnike, leveys, tilavuus, paino ja hinta. Kauhan kannen vahvikkeena on käytetty ainesputkea ja erillisiä teräslevyjä. Kestoiän pidentämiseksi kauhan kyljet on valmistettu Hardox -kulutusteräksestä ja pohja suojattu kiskoilla. Painon säästön ja pienemmän kulumisen vuoksi pinta-alaltaan suurin kylkilevy on tehty ohuemmasta

levystä. Muut kauhassa käytetyt materiaalit ja ainevahvuudet ovat nähtävissä kauhan koontaku-  
vassa (kuva 1).

TAULUKKO 1. Hägglom Sverige Ab:n kuokkakauhan tekniset tiedot (3, s. 6)

Hägglom Sverige Ab kuokkakauha	
Koneryhmä	12 - 16 t
Kiinnike	S60
Huulilevyn leveys	870 mm
Tilavuus	650 l
Paino	510 kg
Hinta (U25 kynnet)	3 548 €
Hinta (ilman kynsiä)	3 239 €



KUVA 1. Hägglom Sverige Ab:n kuokkakauhan koontakuva levyateriaaleista ja paksuuksista

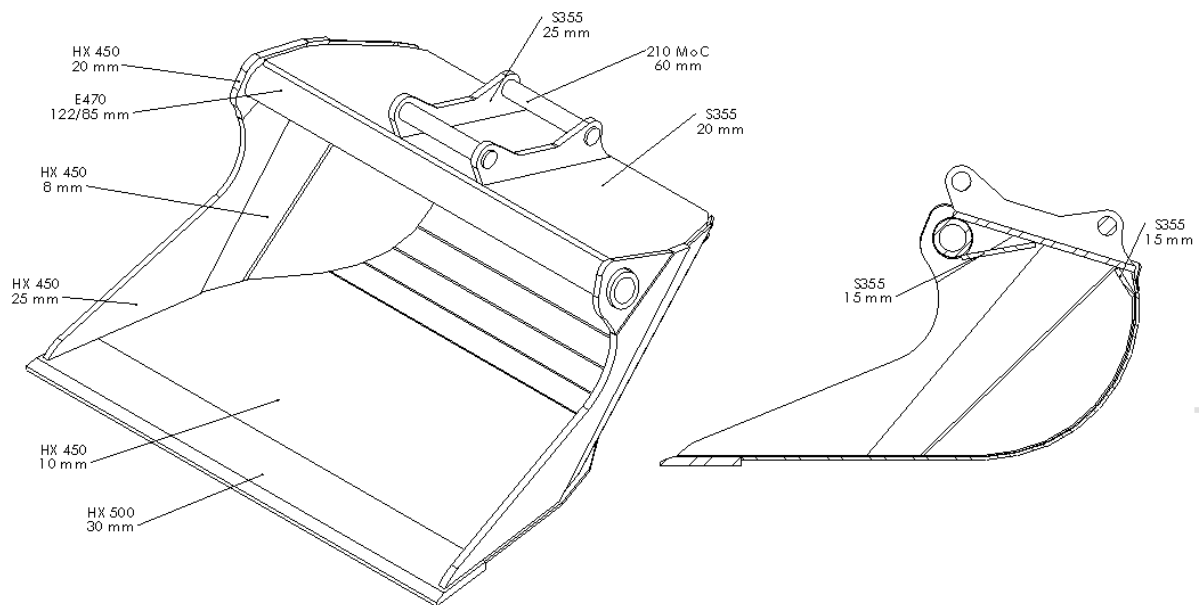
#### 4.1.2 Hägglom Sverige Ab:n luiskakauha

Ruotsissa valmistetun luiskakauhan markkinointitiedot on esitetty taulukossa 2. Luiskakauhan kyljet on särmätty kaksi kertaa siten, että kauha kapenee perää kohti, koska kauha on suunniteltu käytettäväksi Rototiltin kanssa. Pyöristetty ja kapeampi perä mahdollistaa kauhan pyörittämisen ilman, etteivät sen kulmat vaurioita esimerkiksi kaivuukohteen läheisyydessä olevia rakennuksia. Tätä samaa ajatusta varten on kannen yläkulmat viistetty sisäänpäin erillisillä teräslevyillä, joihin valssattu teräsputki kiinnittyy, koska yläkulmat ulkonisivat muuten liikaa kauhasta. Rototilt on

huomioitu kauhan suunnittelussa kannen ja huulilevyn välisen kulman osalta. Kulman ollessa oikea ei kauhasta Rototilillä pyöritettäessä tai autoa lastatessa putoa maa-ainesta. Tässä mallissa ei ole käytetty kiskoja pohjan suojaamiseen. Edellä mainitut geometriset ominaisuudet ja kauhassa käytetyt materiaalit sekä ainevahvuudet on esitetty kuvassa 2.

TAULUKKO 2. Hägglom Sverige Ab:n luiskakauhan tekniset tiedot (3, s. 18)

Hägglom Sverige Ab:n luiskakauha	
Ryhmä	17 - 28 t
Kiinnike	S60
Huulilevyn leveys	1 800 mm
Tilavuus	1 000 l
Paino	815 kg
Hinta	4 164 €



KUVA 2. Hägglom Sverige Ab:n luiskakauhan koontakuva levymateriaaleista ja paksuuksista

## 4.2 Uudet kauhamallit

Pääajatuksena uusille kauhamalleille oli parantaa valmistettavuutta, kustannuksia ja ominaisuuksia. Valmistuksen täytyy toimia niin nopeasti, että kauhoja voidaan toimittaa viikon toimitusajalla. Kauhojen materiaalit ovat alkuperäisistä kauhoista poiketen kalliimpia, mutta kulutuskestävyyttä ja kestoikää lisäävää kulutusterästä. Kauhojen painoja oli tavoitteena myös vähentää.

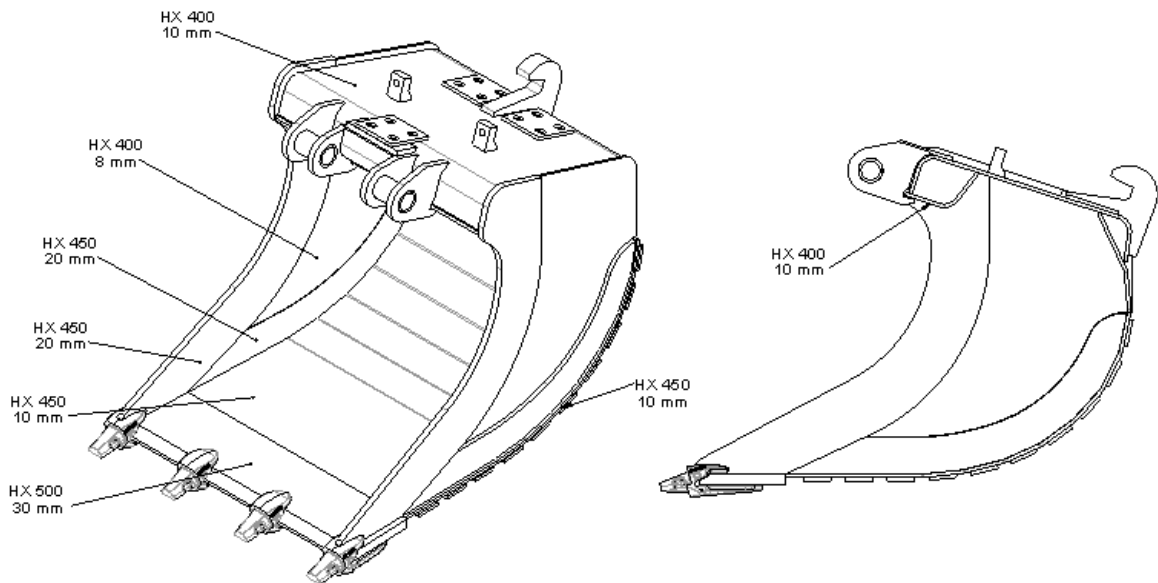
#### 4.2.1 Uusi kuokkakauha

Uusi malli poikkeaa alkuperäisestä kuokkakauhasta vain kansirakenteen geometrioilta. Kansirakenne on muutettu NTP10-kiinnikkeelle sopivaksi ja kansikoteloratkaisua on käytetty kannen jäykistämiseen. Kuten kuvasta 3 voidaan nähdä, on materiaaleihin ja ainevahvuuksiin tehty muutoksia. S355 -terästä on korvattu Hardox -kulumusta kestäväällä teräksellä. Taulukossa 3 on luetteloitu kauhan teknisiä tietoja. Siitä voidaan havaita kauhan massan pudonneen alkuperäisestä mallista.

TAULUKKO 3. Uuden kuokkakauhan tekniset tiedot

Uusi kuokkakauha	
Ryhmä	12 - 16 t
Kiinnike	NPT-10
Huulilevyn leveys	870 mm
Tilavuus	650 l
Paino	498 kg

Kansirakenteen jäykistäminen ainesputkella ja irrallisilla levyillä todettiin jo projektin alkuvaiheessa painavaksi ja hitsauksen osalta työlääksi ratkaisuksi, koska erillisiä osia oli enemmän ja myös hitsattavia saumoja. Rakennetta päätettiin muuttaa käyttämällä vähemmän osia särmäämällä kahdesta teräslevystä kansi ja sen jäykistekotelo. Jäykistekotelo ja kansi muodostavat putkipalkkimaisen rakenteen kanteen, mikä on havaittavissa kuvan 3 kauhan poikkileikkauksessa.



KUVA 3. Uuden kuokkakauhan koontakuva levymateriaaleista ja paksuuksista

Pohjan alkuperäistä särmäystapaa kyseenalaistettiin sen ulkonäön perusteella huonoksi ratkaisuksi, koska muoto oli kulmikkaampi. Särmäystapaan ei kuitenkaan puututtu, koska pohjan kulutuskiskojen hitsaus on todettu helpommaksi kulmikkaaseen pohjaan. Tällöin kulutuskiskot voidaan hitsata tasaista pintaa vasten ilman, että kiskon ja pohjan väliin jää rakoa. Kulmikas muotoilu ei vaikuttanut kauhaan lujuusominaisuuksiin heikentävästi. Pohjan särmäystä muutettiin kuitenkin kauhan perältä siten, että se jäykistää myös kannen rakennetta, ja näin säästyttiin erillisen vahvikelevyn käytöltä ja hitsaamiselta (kuva 3).

Osien muokkausten lisäksi S60-kiinnike vaihdettiin NTP10-kiinnikkeeksi, koska se on Suomessa yleisemmin käytetty kiinnike. Kannen muotoilu ei kuitenkaan estä S60 -kiinnikkeen käyttöä. Kannen geometriat suunniteltiin niin, että samaa kannen sivuprofiilia voidaan käyttää kaikissa kauhamalleissa, missä NTP10-kiinnikettä halutaan käyttää.

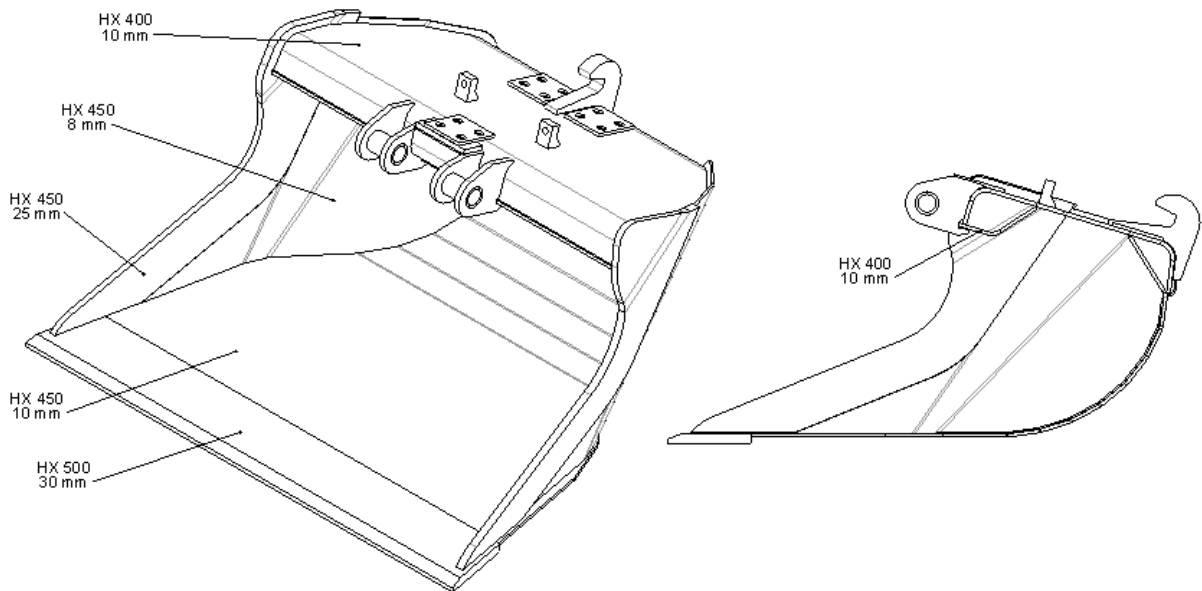
Kauhamallien teräslevyleikkeisiin puututtiin muuttamalla materiaaleja ja ainevahvuuksia siten, että S355 -teräslevyt vaihdettiin Hardox -kulutusteräslevyiksi ja ainevahvuuksia optimoitiin. Ainevahvuuksia optimoitiin lujuustarkasteluissa saatujen tietojen ja aikaisempien kokemusten perusteella. Esimerkiksi ainevahvuutta vähennettiin sieltä, missä kulutuskestävyyttä ei tarvittu tai rakenteen lujuus oli riittävä. Vastaavasti materiaalivehvuutta lisättiin niissä levyissä, missä lujuus- tai kulutuskestävyys ei ollut riittävä.

## 4.2.2 Uusi luiskakauha

Uusi luiskakauha on myös tarkoitettu käytettäväksi Rototiltin kanssa, jolloin vanhan mallin tapaan kauha kapenee takaosaa kohti ja kannen yläkulmat on viistetty sisäänpäin. Uudessa luiskakauhassa on silti suhteellisen paljon muutoksia alkuperäiseen kauhaan verrattuna. Kannen muutoksien lisäksi kylkilevyjen muotoilu ja valmistustapa on muutettu. Kylkikaarilevyn muotoilu on optimoitu lujustarkasteluissa tehtyjen havaintojen myötä ja erillinen viistetty nurkkalevy on korvattu särmämällä nurkka kylkikaaresta. Varsinaiseen kylkilevyyn on tällöin tehty yksi särmättävä sauma lisää (kuva 4). Luiskakauhan massa vähentyi muutosten myötä merkittävästi (taulukko 4).

TAULUKKO 4. Uuden luiskakauhan tekniset tiedot

Uusi luiskakauha	
Ryhmä	17 - 28 t
Kiinnike	NPT-10
Leveys	1 800 mm
Tilavuus	1 000 l
Paino	585 kg



KUVA 4. Uusi luiskakauhan koontakuva levymateriaaleista ja paksuuksista

## 5 LUJUUSTARKASTELUT

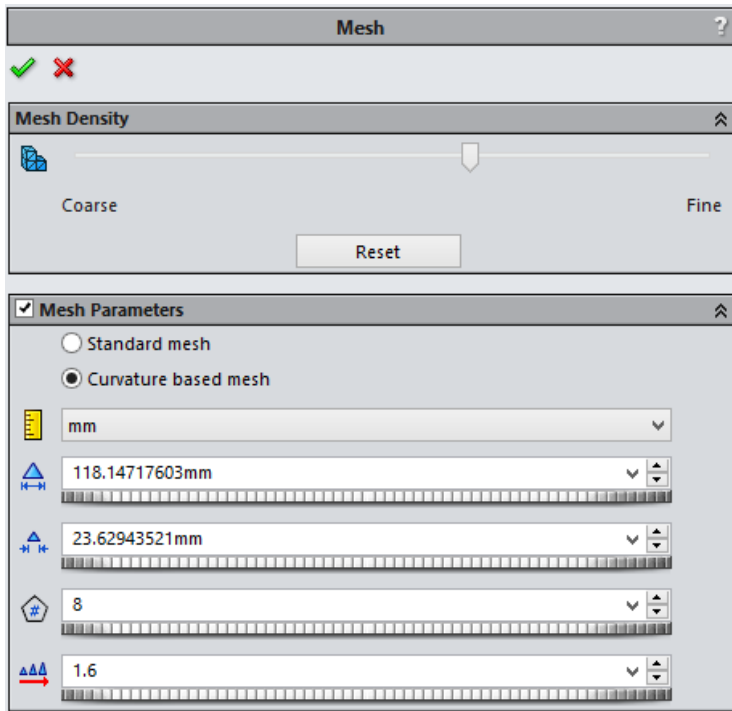
Lujuustarkasteluissa käytettiin Solidworks 2015 -ohjelman simulointityökalua. Voimien suuntien ja suuruuksien määrittelyssä käytettiin ISO 6015:2006 -standardin mukaista menettelyä. Voima kohdistettiin huulilevyn päähän, kohtisuorassa kulmassa sylinteritapin ja huulilevyn pään välisen suoran kanssa. Tämä voiman suunta simuloi parhaiten normaalia kaivinkoneen työkalun rasiustilannetta, missä kaivinkoneen kauhasylinterin työkaluvoimaa käytetään kuormittavana voimana. (ISO 6015:2006, 4.)

Koska alkuperäiset kauhat on suunniteltu käytettäväksi noin 17 - 20 tonnin kaivinkoneissa, valittiin kauhaa kuormittavaksi työkaluvoimaksi 20 tonnin Hitachi ZX200 -kaivinkoneen työkaluvoima 158 kN (5, s. 20). FEM-mallissa tuennat määräytyivät kauhan kiinnikkeen tyyppin mukaan. NTP10-kiinnikkeessä etukorvien tapeissa oli fixed hinge -tuenta ja kanteen pultatuissa säätölevyissä oli roller slider -tuenta. S60-kiinnike oli tuettu fixed hinge -tuennoilla akseleiden pinnoissa ja roller slider -tuennoilla S60-levyjen sisäpinnoilta.

Analyysimalleja luotaessa täytyi tuentojen ja kuormitusten lisäksi luoda osien välille kytköksiä (Contacts), joiden tarkoituksena on määrittää osien välinen liittyminen toisiinsa. Kun kyseessä oli hitsattu rakenne, olivat kaikki osat kytketty toiseen osaan Bonded -kytköksellä. Kytöksiä luotiin niin paljon kuin oli tarpeellista, jotta malli saatiin toimimaan ja tulokset olisivat tarkkoja. Keskimäärin kytöksiä yhtä mallia kohden oli noin 40.

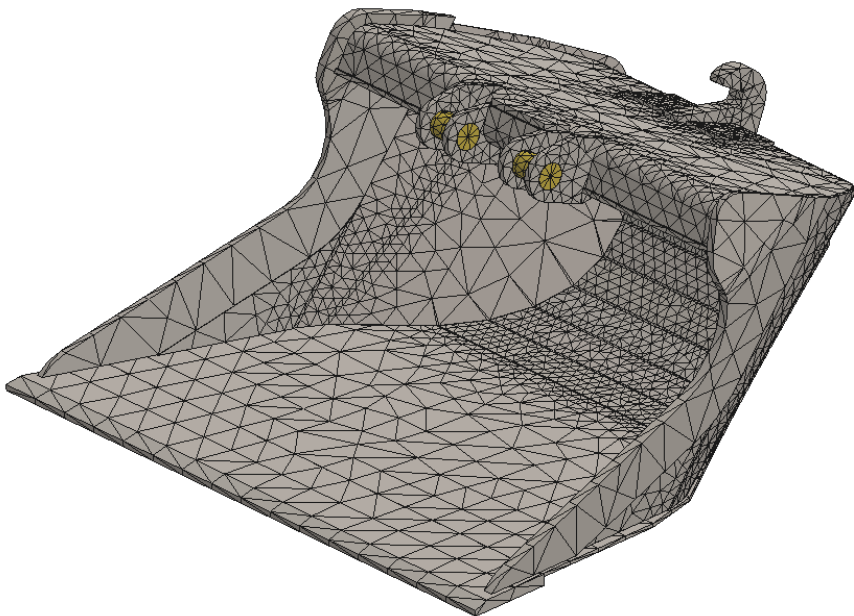
Kaikkia malleja analysoitaessa elementtiverkko pyrittiin muodostamaan niin, ettei virheitä verkotuksessa muodostuisi ja välttäisiin suurilta pistemäisiltä jännityksiltä. Elementtiverkko ei saanut olla liian hieno, koska silloin pistemäiset jännitykset kasvavat liian suuriksi. Liian karkea elementtiverkkokaan ei anna todellista kuvaa jännityksistä. Verkko on mallikohtainen, ja se täytyi säätää jokaista mallia kohtaan erikseen sopivaksi. Elementtiverkon muodostumisvirheistä seuraa yleensä ohjelman laskennassa pistemäinen normaalijännityksen huippu, mikä täytyy tunnistaa tuloksia tarkastellessa. Kuvassa 5 on esimerkki Solidworksin mesh -työkalusta eli elementtiverkotuksen luomistyökalusta. Työkalulla voidaan säätää vapaasti verkotuksen kokoa liukuvalinnalla tai kirjoittamalla lukuarvot laatikoihin.





KUVA 5. Esimerkki elementtiverkon luomisesta

Kuvassa 6 on esimerkki elementtiverkosta uudessa luiskakauhassa. Kuvasta nähdään, kuinka kuvassa 5 näkyvä Curvature based mesh -valinta tihentää verkotuksen kokoa pyöreillä pinnoilla. Curvature based mesh -valinta auttaa elementtiverkotuksen onnistumista ja ehkäisee virheellisten jännityspiikkien ilmenemistä.

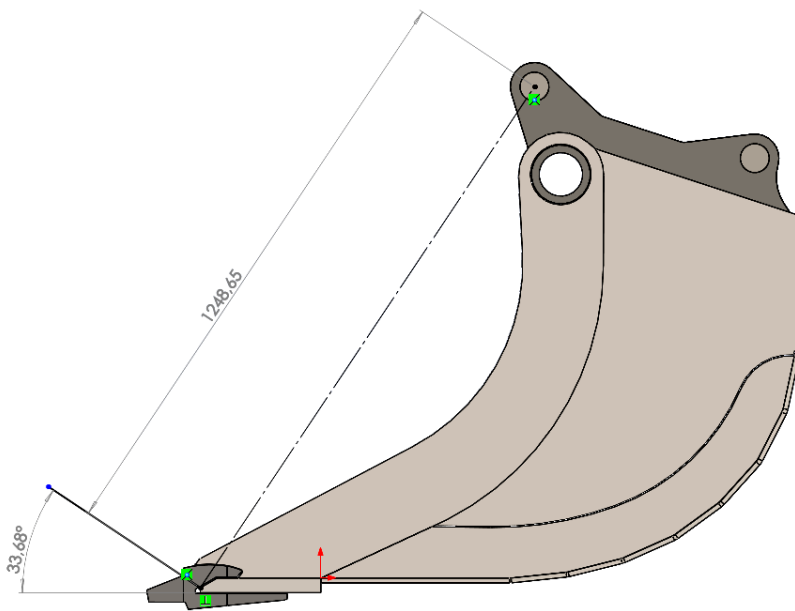


KUVA 6. Esimerkki elementtiverkosta

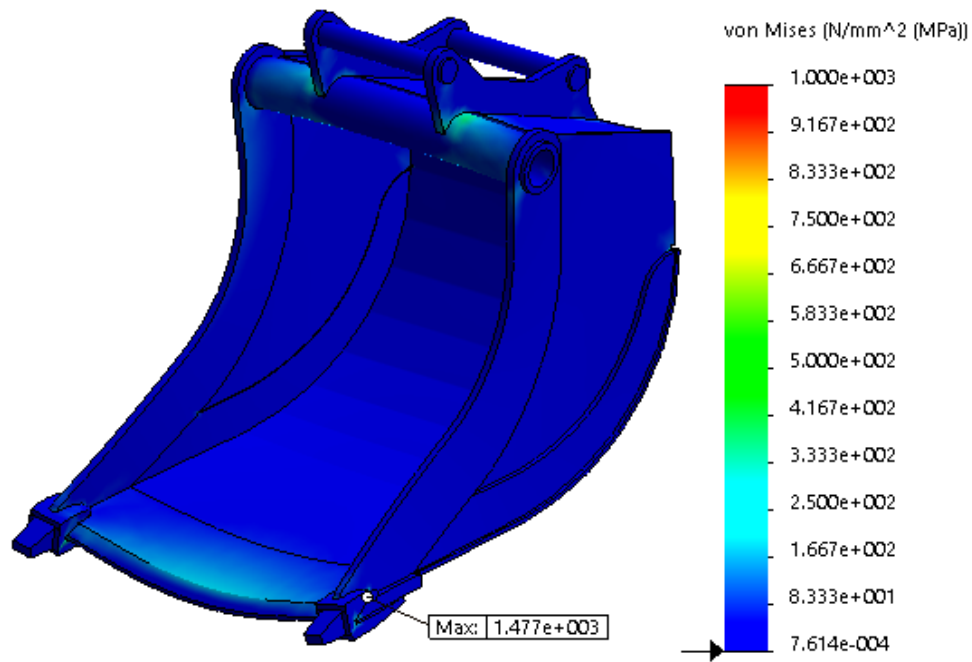
## 5.1 Hägglom Sverige Ab:n kuokkakauhan FEM-analyysit

Hägglom Sverige Ab:n kuokkakauhan mallissa käytettiin yksinkertaistettuja adapterimalleja ja FEM-mallin toimivuuden vuoksi, kaksi keskimmäistä adapteria jätettiin FEM-mallista pois. S60-kiinnikkeiden levyihin pursotettiin lisää materiaalia, jotta muoto olisi hitsausseaman tapaan jouheva ja malliin ei syntyisi elementtiverkon virheitä. Kuvassa 7 on esitetty kauhan huulilevyyn kohdistuva voiman suunta. Kauhalle tehtyjen staattisten tarkastelujen tulokset ovat nähtävissä kuvissa 8, 9, 10 ja 11.

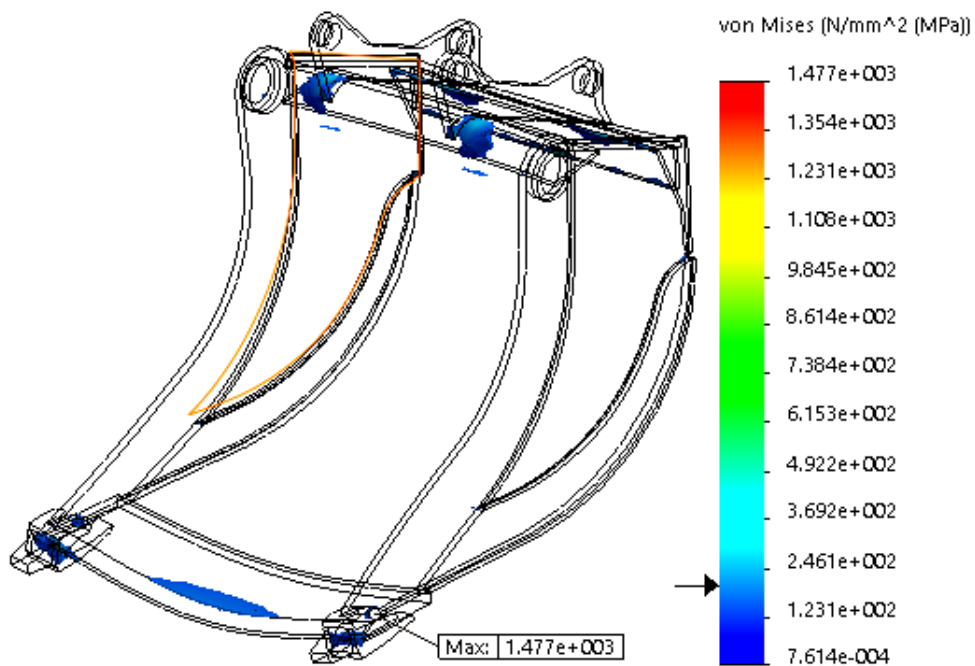
Kuva 8 esittää kauhan yleisen jännitustason olevan hyvin sallituissa rajoissa. Keskitasoa korkeampia jännityksiä esiintyi kiinnikkeen ja ainesputken liitoksessa sekä huulilevyssä. Kuvassa 9 on rajattu Solidworksin Iso clipping -työkalun avulla kaikki yli 200 MPa ylittävät jännitykset näkyviin. Kauhan huulilevy taipuu sen keskikohdassa noin 10 mm tarkasteluissa käytetyllä kuormituksella, mikä on realistinen määrä tämän kokoiselle kauhalle (kuva 10). Kuvassa 11 on lähikuva kohdasta, missä esiintyi suuruudeltaan 1 477 MPa pistemäinen normaalijännityksen huippu. Lähikuva on kauhan kylkikaarilevyn adapteria varten leikatusta aukosta. Tämä Jännityspiikki on muodostunut virheellisen elementtiverkotuksen muodostumisen vuoksi eikä sitä tarvitse ottaa huomioon. Kylkilevyn, huulilevyn ja adaptereiden hitsausseamat vaativat kuitenkin erityistä huomiota.



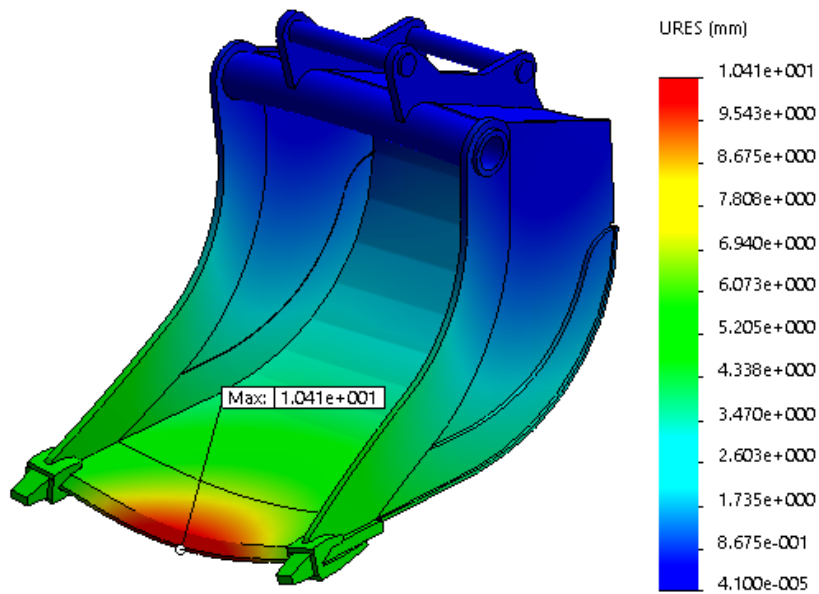
KUVA 7. Voiman suunta noin 33,68° -kulmassa huulilevyn pintaan nähden



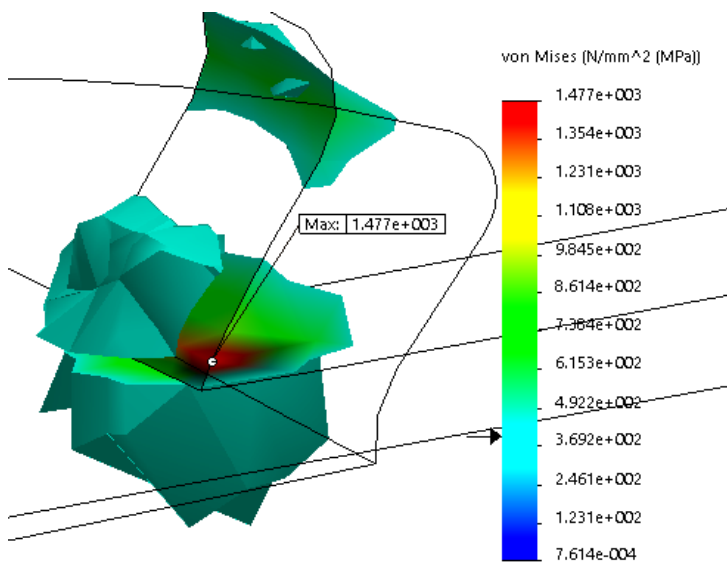
KUVA 8. Hägglom Sverige Ab:n kuokkakauhan jännitykset



KUVA 9. Hägglom Sverige Ab:n kuokkakauhan FEM-analyyssimalli, jossa kaikki yli 200 MPa ylittävät jännitykset näkyvillä



KUVA 10. Hägglom Sverige Ab:n kuokkakauhassa esiintyvät siirtymät

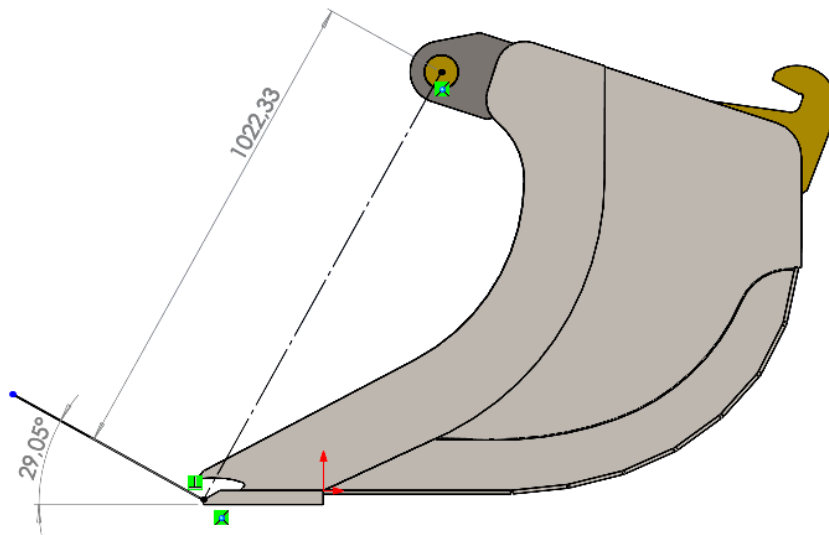


KUVA 11. Pistemäisen normaaliännityksen huippu, kun yli 400 MPa jännitykset näkyvillä

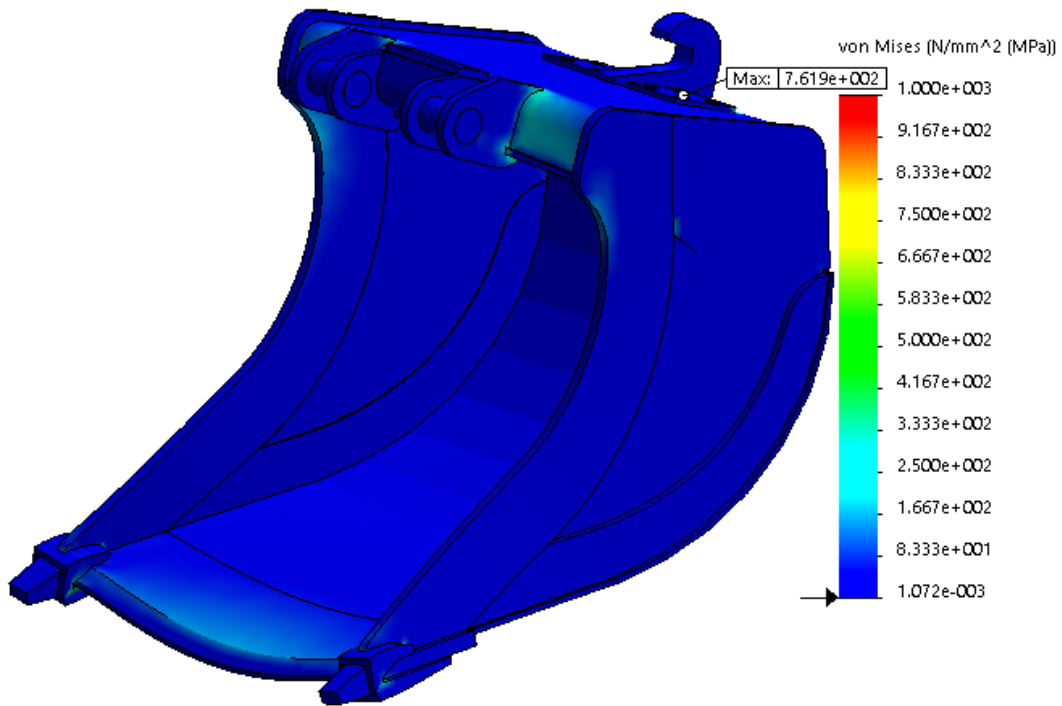
## 5.2 Uuden kuokkakauhan FEM-analyysit

Alkuperäisen kauhan FEM-mallin tavoin myös optimoidun kuokkakauhan kiinnikkeeseen mallinnettiin hitsaussaumoja ja mallissa käytettiin yksinkertaistettua kynsiadapteria tulosten tarkentamisen ja elementtiverkon muodostumisen vuoksi. NPT-10-kiinnikkeestä johtuen voiman suunta oli noin 5° pienempi kuin alkuperäisessä kauhassa (kuva 12).

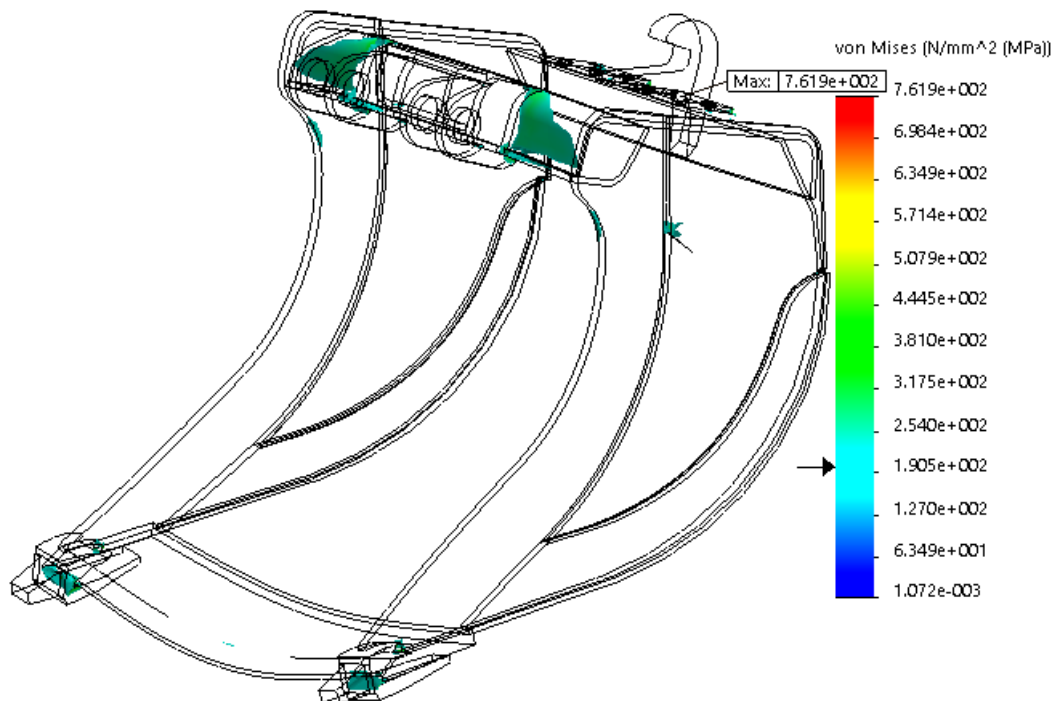
Kuvissa 13 - 18 on optimoidun kuokkakauhan staattisen tarkastelun tuloksia. Kuvassa 13 on yleiskuva 158 kN kuorman aiheuttamista jännityksistä kauhassa ja kuvasta 14 nähdään kauhassa kaikki yli 200 MPa ylittävät jännitykset. Kauhan kansilevy oli optimoinnin alkuvaiheessa 12 mm paksua Hardox -kulutusterästä, ja koska se vaikutti simuloinnin perusteella kestävästi riittävästi hyvin, voitiin kannen ainevahvuutena käyttää 10 mm paksua Hardoxia. Muutoksen jälkeen kauha analysoitiin uudelleen ja voitiin havaita, että jännitykset kohosivat kansilevyssä ja kiinnikkeen etukorvien hitsaussaumoissa. Jännitykset pysyivät sallituissa rajoissa, koska Hardox 400 -kulutusteräksen myötöraja on 1 000 MPa ja esiintyvät jännitykset olivat korkeintaan 400 MPa (kuva 15 ja 16). Kuvassa 17 on näkyvillä kauhassa tapahtuvien muodonmuutosten tulokset. Suurin muodonmuutos ilmeni alkuperäisen kuokkakauhan tapaan keskellä huulilevyä, mutta oli tässä mallissa vain noin 8 mm. Kuokkakauhan NTP10 kiinnikkeen säätölevyn nurkkaan muodostui jännityspiikki, mikä oli suuruudeltaan 762 MPa elementtiverkon virheellisen muodostumisen vuoksi eikä sitä siksi otettu huomioon kauhan suunnittelussa (kuva 18).



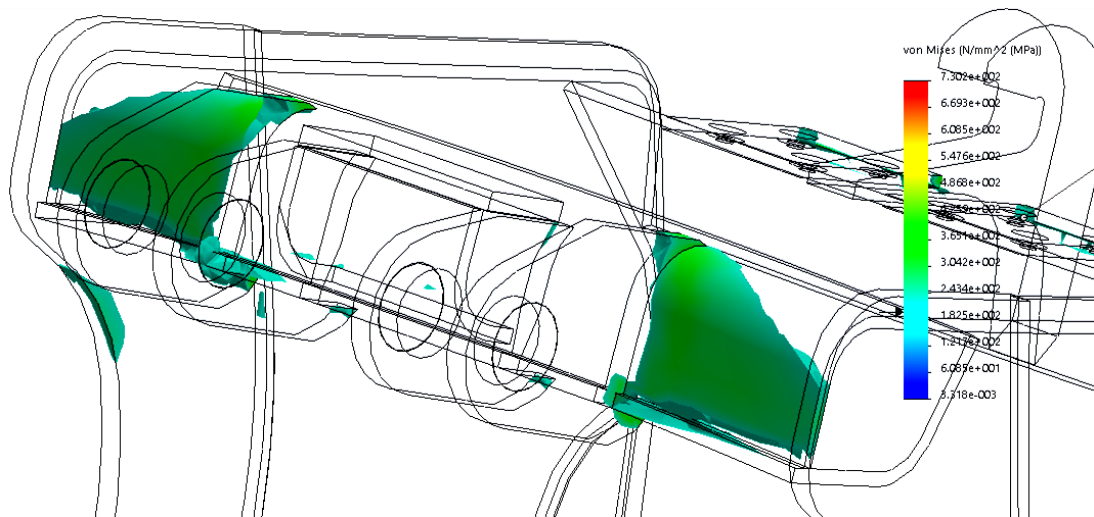
KUVA 12. Uuden kuokkakauhan kuormituksen suunta 29°-kulmassa huulilevyn pintaa kohti



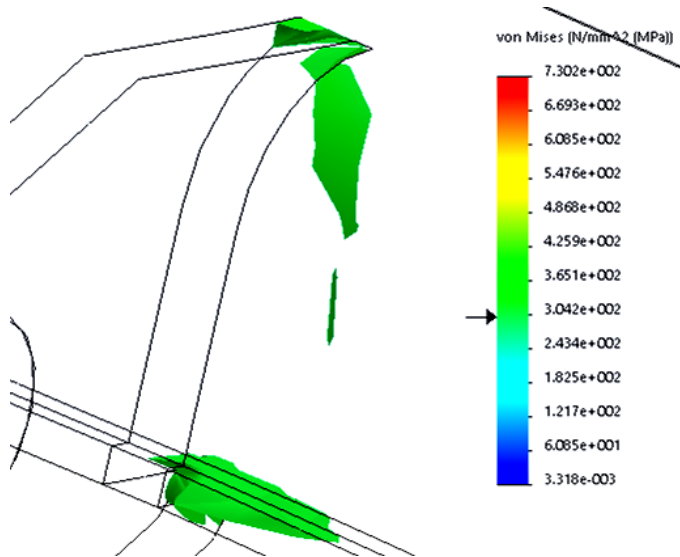
KUVA 13. Uuden kuokkakauhan jännitykset



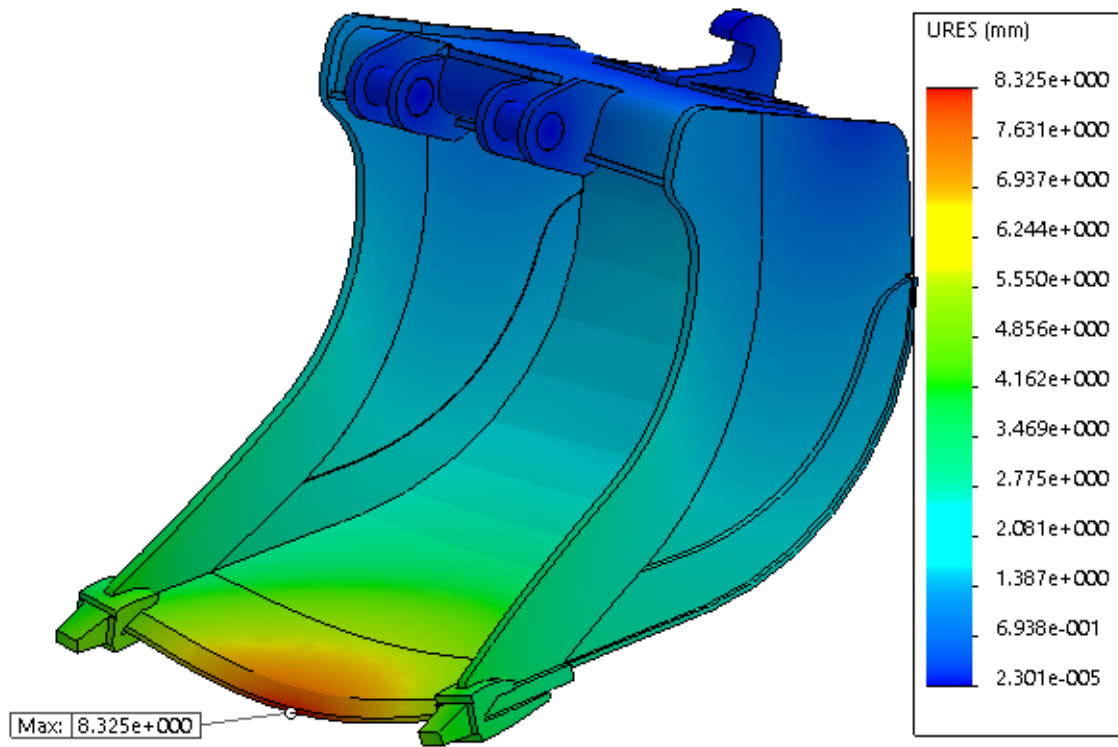
KUVA 14. Uuden kuokkakauhan FEM-analysimalli, jossa kaikki yli 200 MPa ylittävät jännitykset näkyvillä, kun kannen materiaalivahvuus on 12 mm



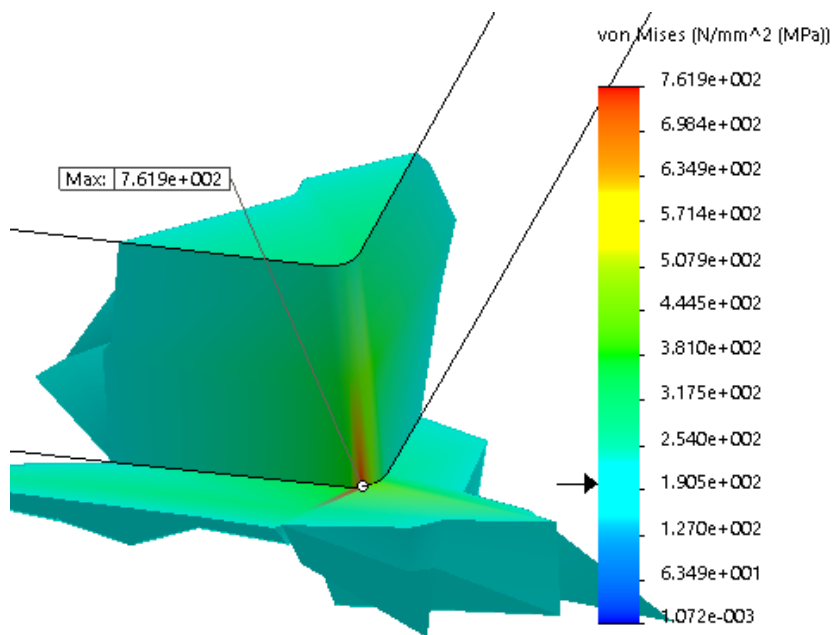
KUVA 15. Jännitystaso kansilevyn kevennyksen jälkeen, kun näkyvillä yli 200 MPa jännitykset



KUVA 16. Etukorvien jännitystaso, kun yli 300 MPa jännitykset näkyvillä



KUVA 17. Uuden kuokkakauhan siirtymät

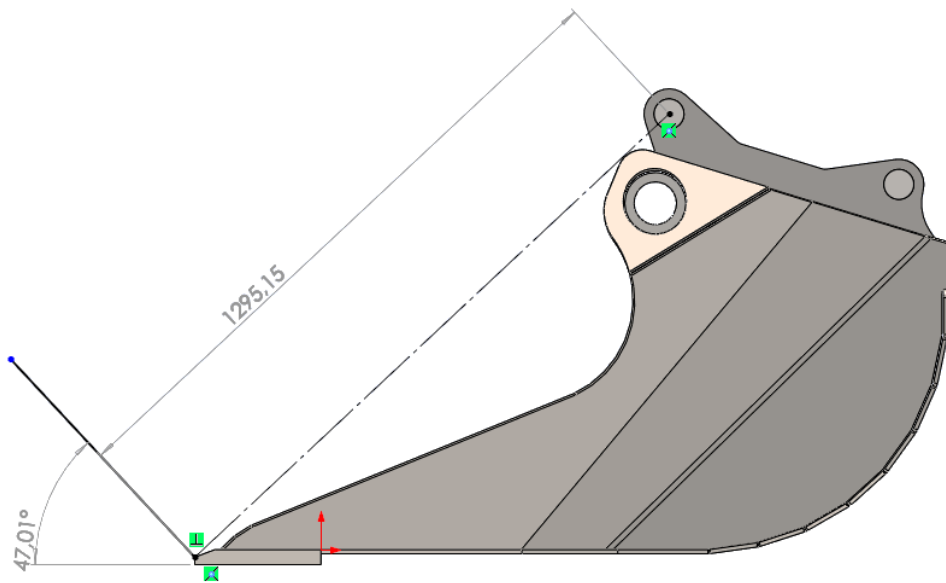


KUVA 18. Pistemäinen jännityspiikki

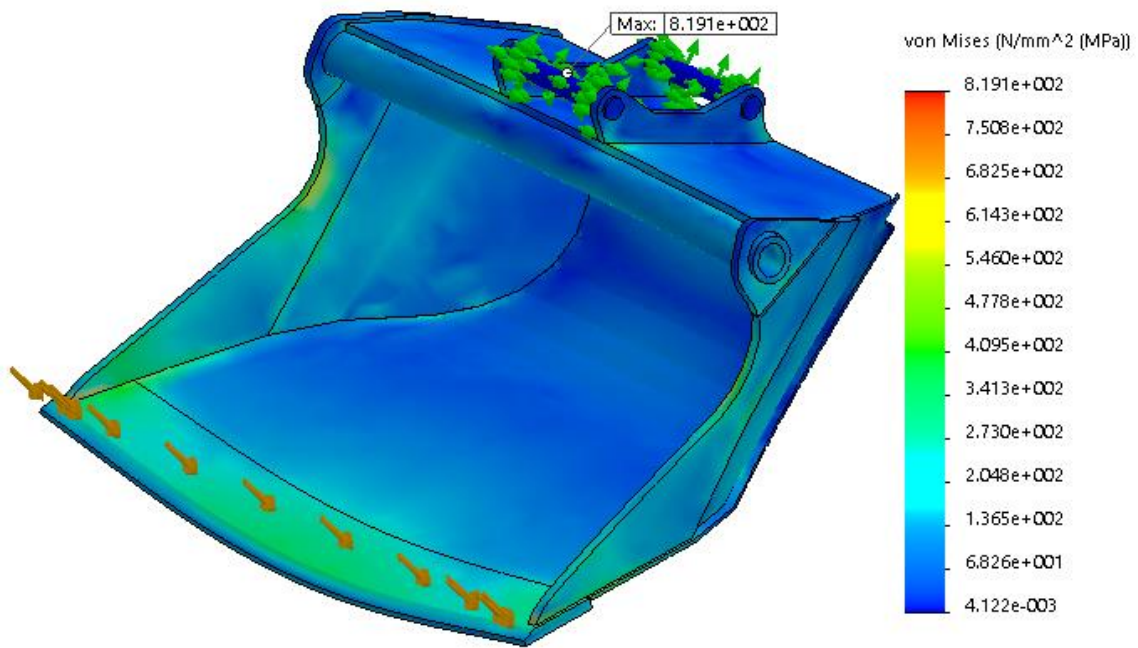


### 5.3 Häggblom Sverige Ab:n luiskakauhan FEM-analyysit

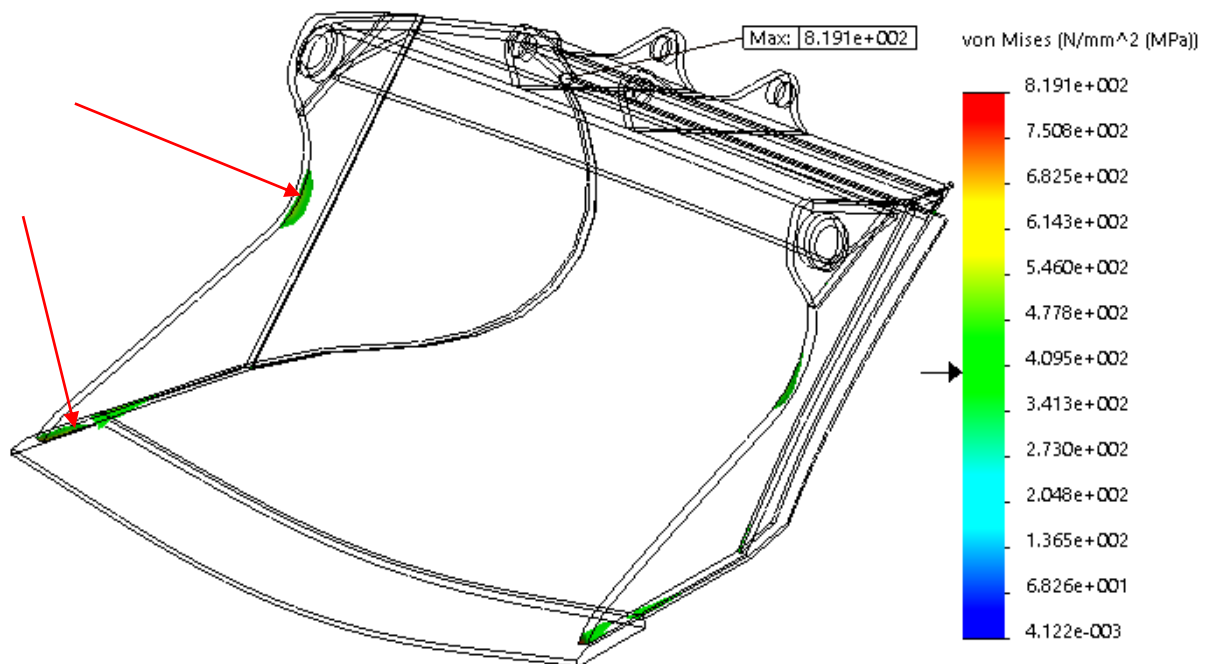
Kuvassa 19 on esitetty kuormittavan voiman suunta huulilevyä kohten. Alkuperäisen luiskakauhan FEM-analyysistä voitiin havaita, että jännitykset olivat yleisellä tasolla korkeampia kuin kuokkakauhoissa (kuva 20). Eniten huomiota kiinnitettiin kylkikaariin, joiden ohueen keskikohtaan ja huulilevyn hitsaussaumaan muodostui korkeammat jännitykset, jotka olivat suuruuksiltaan noin 450 - 500 MPa (kuva 21). Näissä kohdissa tiedettiin jo ennen lujuustarkasteluita olevan kauhan kriittiset kohdat käytössä ilmenneiden vaurioiden perusteella. Analyysimallissa muodostui aikaisempien mallien tapaan pistemäinen jännityshuippu, joka oli suuruudeltaan 819 MPa kauhan pohjalevyn ja kylkilevyn solmumaisessa liitoksessa (kuva 22). Tämäkin pistemäinen jännitys johtui elementtiverkon virheellisestä muodostumisesta. Liitoksen hitsaamisen onnistumiseen täytyy kiinnittää kuitenkin huomiota sen haastavuuden vuoksi, koska hitsauksen aloitus ja lopetuskohdat kohdistuvat samalle alueelle.



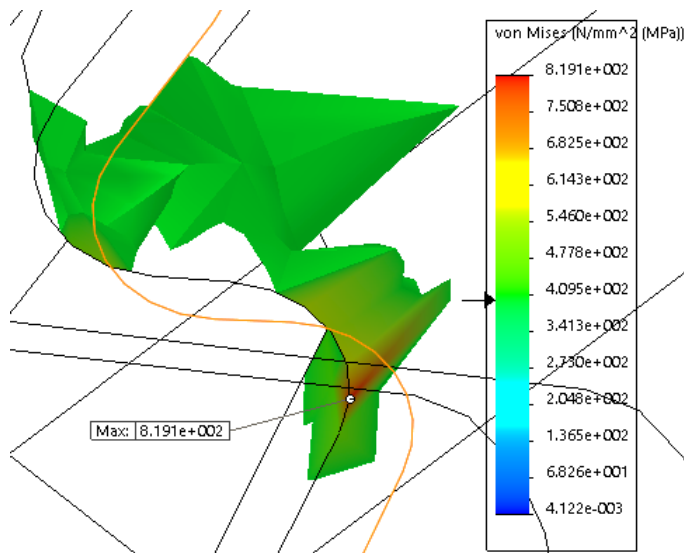
KUVA 19. Kuormituksen suunta 47°-kulmassa huulilevyn pintaa kohti



KUVA 20. Häggblom Sverige Ab:n luiskakauhan jännitykset.



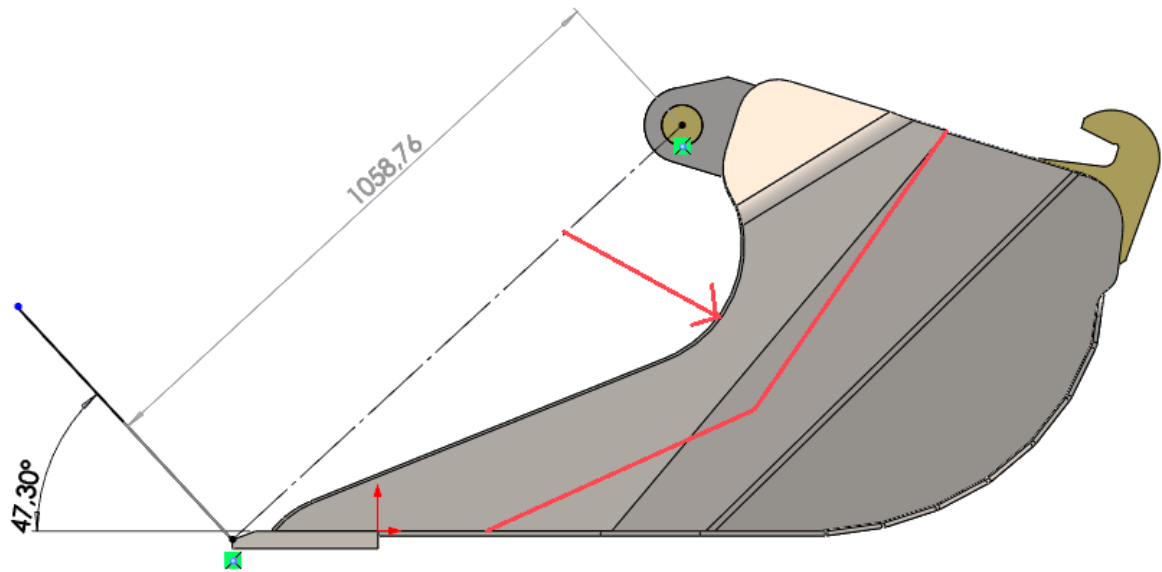
KUVA 21. Alkuperäisen AA:n luiskakauhan FEM-analyysimalli, jossa kaikki yli 400 MPa ylittävät jännitykset näkyvillä.



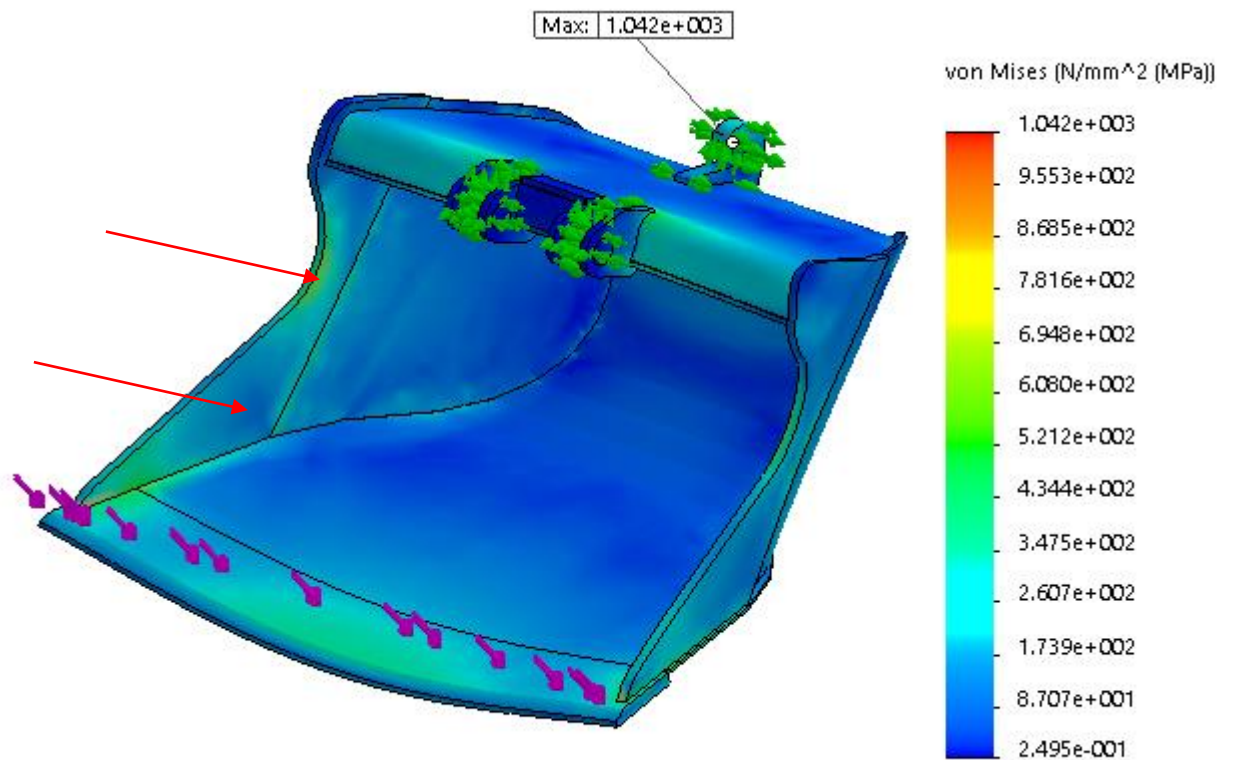
KUVA 22. Pistemäisen normaalijännityksen huippu

#### 5.4 Optimoidun luiskakauhan FEM-analyysit

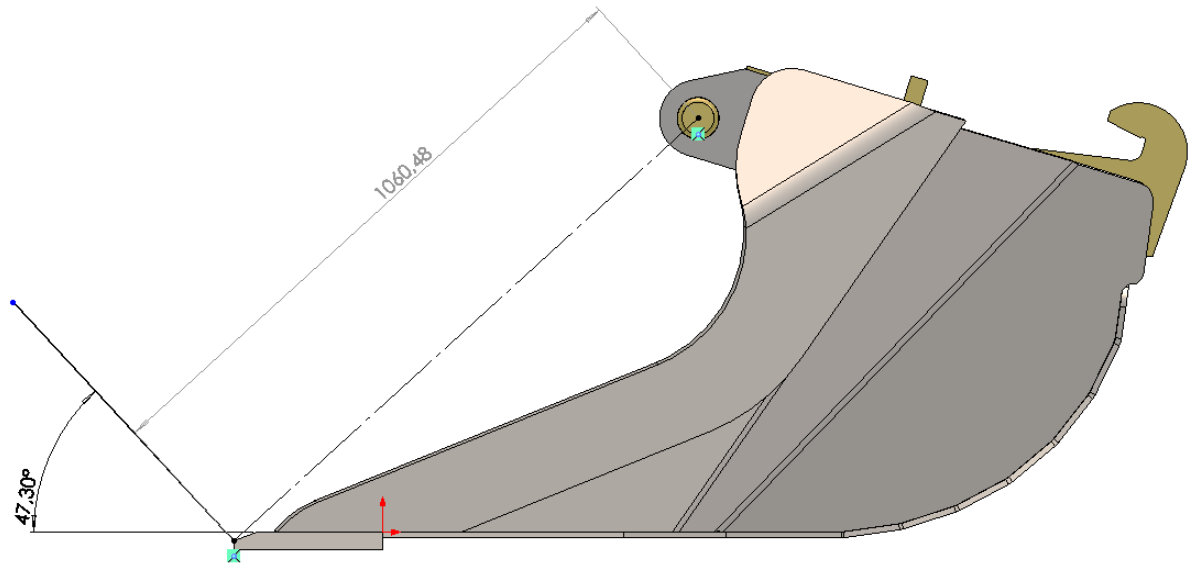
Alkuperäisen luiskakauhan kylkikaari on kaaren keskikohdasta ohuempi ja lujuustarkasteluissa siihen muodostui korkeampia jännityksiä, suuruuksiltaan noin 600 - 650 MPa, koska kylkikaaren geometrioita ei aluksi muutettu ohuemman keskikohdan osalta uutta mallia tehtäessä ilmeni vastaavanlaiset jännitykset myös uuden luiskakauhan simulointituloksissa (kuva 24). Kylkikaareen päätettiin tehdä muutoksia paksuntamalla kylkikaarta heikosta kohdasta ja alempaan kylkikaaren alueeseen tehtiin kevennyksiä kuvan 23 mukaisesti. Kevennys voitiin tehdä, koska simulointituloksissa kohtaan ei muodostunut suuria jännityksiä. Kylkilevyn muotoja muuttamalla saatiin rakennetta muutettua kevyemmäksi ja kestävämmäksi, mutta ohuempaan kylkilevyyn jouduttiin lisäämään yksi särmäys lisää (kuva 25). Särmäyksen lisääminen ei lisää kauhan valmistuskustannuksia merkittävästi, koska särmäys voidaan tehdä samalla kyljen toisen särmäyksen kanssa.



KUVA 23. Luiskakauhan kyljen optimointi

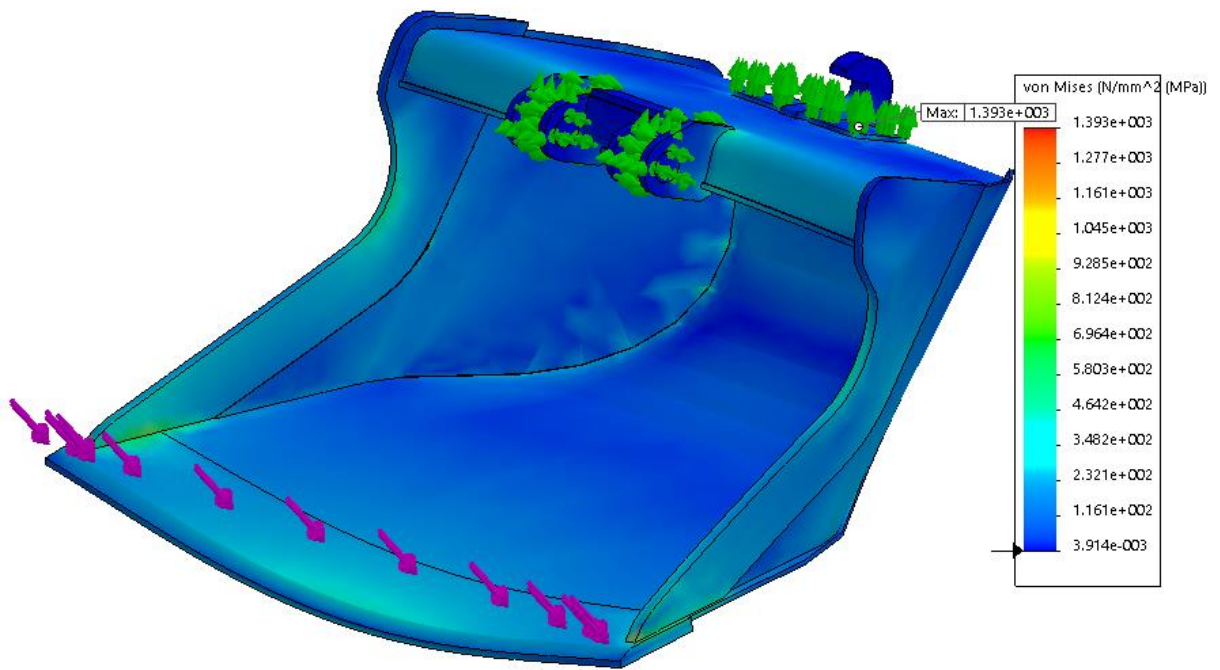


KUVA 24. Luiskakauhan FEM-analyysi ennen kylkilevyn muutosta

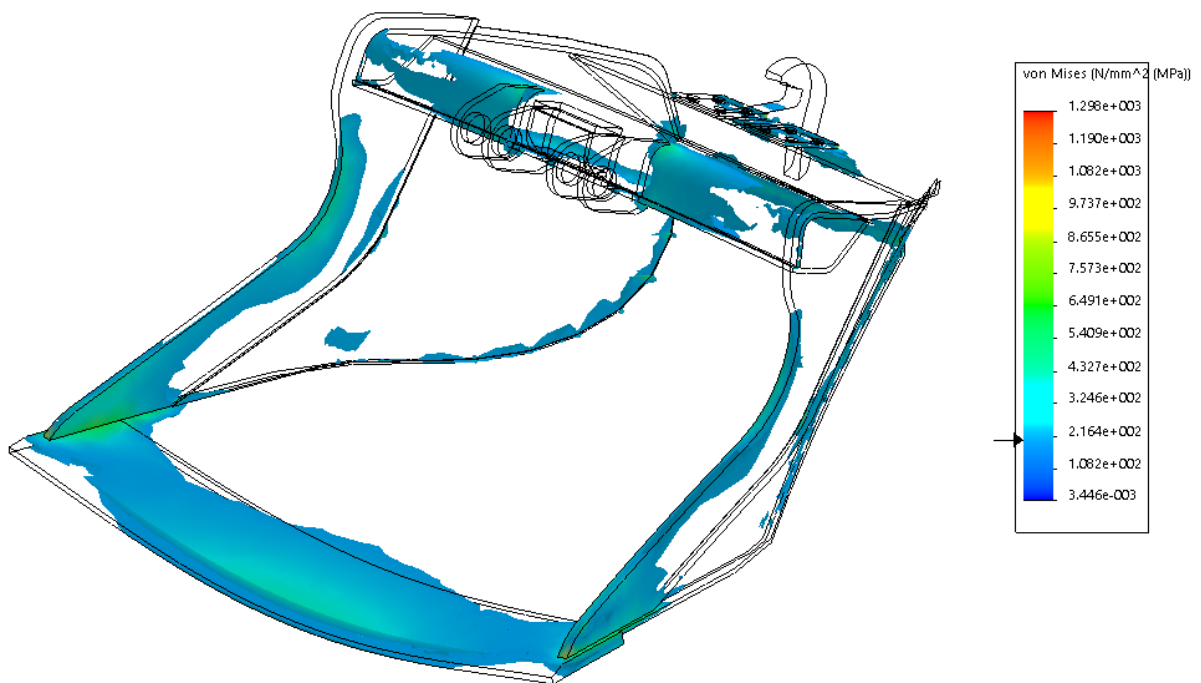


KUVA 25. Kuormituksen suunta  $47,3^\circ$  -kulmassa huulilevyn pintaa kohti

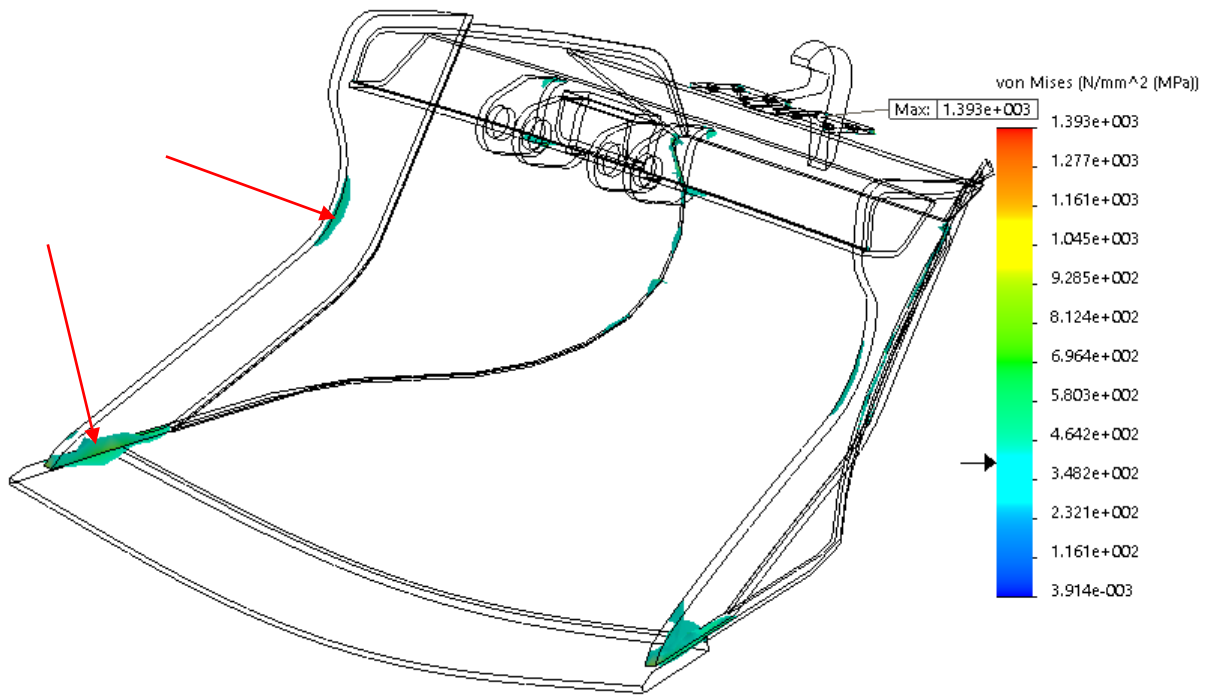
Optimoinnin jälkeen simulaatiot ajettiin uudelleen läpi. Uusissa tuloksissa kylkikaaren jännitykset laskivat ohuemmasta kohdasta (kuvat 26 - 28). Optimoidussa mallissa kiinnitettiin huomiota kylkikaaren ja huulilevyn välisen hitsaussauman jännityksiin, jotka olivat suuruuksiltaan 400 - 550 MPa. Näin suuret jännitykset voivat väsyttävässä kuormituksessa aiheuttaa murtuman hitsaussauman rajaviivalle. Tämän vuoksi kohta valittiin myöhemmin tehtäviin väsymistarkasteluihin kriittiseksi tarkasteltavaksi kohdaksi (kuva 28). Kuten uudessa kuokkakauhan mallissa, muodostui optimoidussa luiskakauhassakin NTP10-kiinnikkeen taaempien säätölevyjen kulmaan elementti-verkotuksesta johtuen pistemäinen jännityspiikki, jota ei kuulu ottaa huomioon tarkasteluissa. (kuva 29)



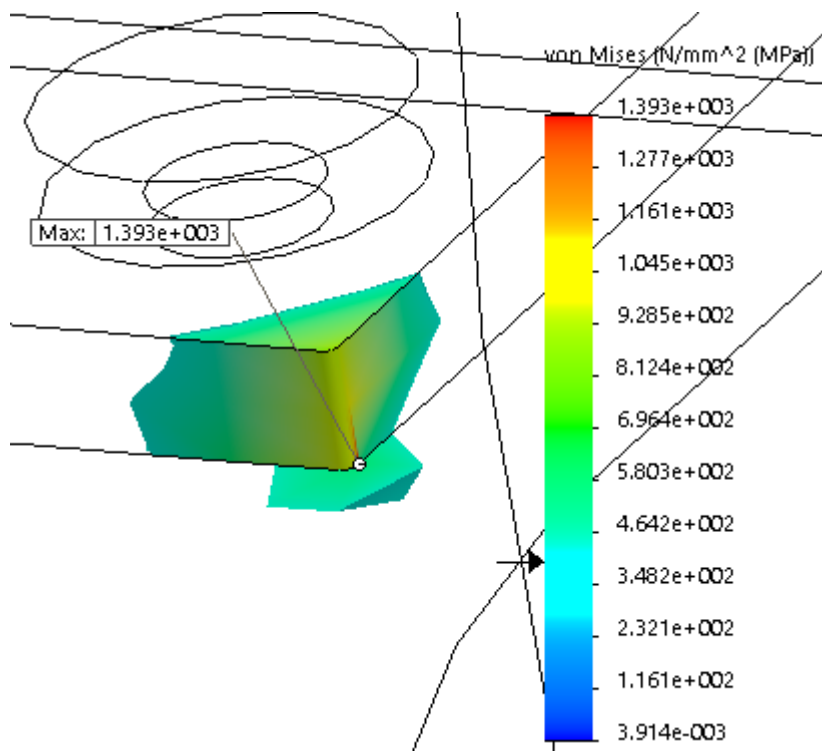
KUVA 26. Optimoidun luiskakauhan jännitykset



KUVA 27. Optimoidun luiskakauhan FEM-analysimalli, jossa kaikki yli 200 MPa ylittävät jännitykset näkyvillä



KUVA 28. Optimoidun luiskakauhan FEM-analyysimalli, jossa kaikki yli 400 MPa ylittävät jännitykset näkyvillä

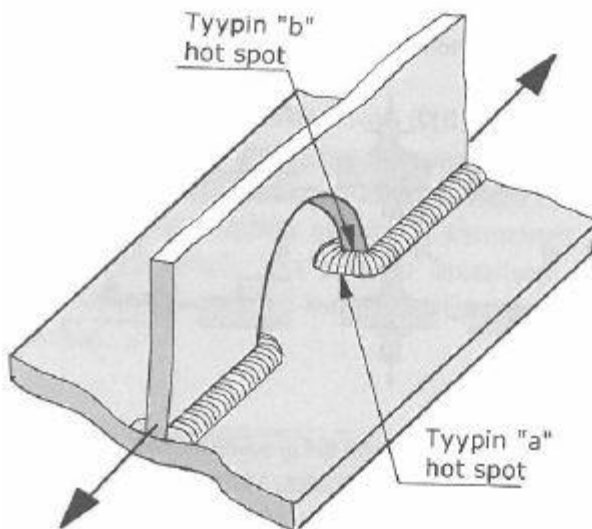


KUVA 29. Pistemäisen normaalijännityksen huippu

## 6 VÄSYMISTARKASTELUT HOT SPOT -MENETELMÄLLÄ

### 6.1 Hot spot -jännitykseen perustuva menetelmä

Hitsin rajaviivalle syntyvä jännitys on nimeltään hot spot -jännitys  $\sigma_{hs}$ . Hot spot -jännitykseen perustuva menetelmä sopii ainoastaan tapauksille, joissa särö alkaa kasvaa hitsin reunaviivalta. Juuren puolelta alkavat säröt tarkastellaan tavallisesti nimellisellä jännityksellä. Hot spot -jännityksiä voidaan määrittää kolmella eri tavalla: venymäliuskoilla prototyypistä, elementtimenetelmällä (FEM) tai jännityskonsentraatiokerrointa  $K_S$  käyttämällä. Hot spotit voidaan jakaa a- ja b-tyypisiin. Tyypissä "a" hitsi on levyn pinnalla ja tyypissä "b" levyn reunassa (kuva 30).



KUVA 30. Esimerkki, jossa esiintyy tyypin a ja b hot spot -kohtia (6, s. 96)

A-tyypin tapauksessa rakenteellinen jännityskeskittymä jakautuu levyn tasossa ja epälineaarinen huippujännityksen jakauma levyn paksuuden yli eli ne ovat eri tasossa ja täten helppo erottaa hot spot -jännityksestä. Tyypin "b" hot spotit ovat hankalampia, koska niiden tapauksissa jännityskeskittymät ja lovisaikutukset jakaantuvat epälineaarisesti levyn tasossa. Tällöin puhtaan rakenteellisen jännityksen erottaminen huippujännityksestä tuottaa vaikeuksia (6, s. 99).



## 6.2 Määrittäminen elementtimenetelmällä

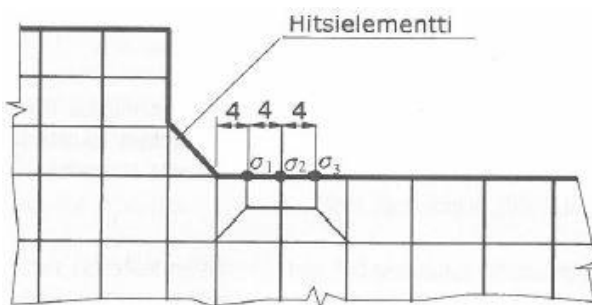
Koska elementtimallit esittävät yleensä suunnitellun rakenteen ideaalia muotoa, on väsymistarkasteluissa käytettävä tuloksia tarkentavia  $K_m$  -kertoimia, jotka ottavat huomioon rakenteelle ominaisia muotovirheitä, kuten sovitusrakenteita, kulmavetäytyymiä ja suunniteltuja epäkeskeisyyksiä.

Hot spot -menetelmän elementteinä voidaan käyttää joko kuori- tai solidielementtejä. Kuorielementin etuna on sen lineaarinen jännitysjaakama paksuuden yli. Solidielementtejä ei yleensä tarvita kuin yksi kerros kuvaamaan levyn paksuutta, ja hitsaussaumojen hallinta on helppoa kuorielementistä poiketen.

Mikäli voidaan käyttää suhteellisen hienojakoista elementtiverkkoa, jännitykset voidaan lukea 4, 8 ja 12 mm etäisyyksiltä hitsin rajaviivalta (kuva 31) ja selvittää hot spot -jännitys neliöllisellä ekstrapoloinnilla (kaava 1):

$$\sigma_{hs} = 3\sigma_1 - 3\sigma_2 + \sigma_3$$

KAAVA 1



KUVA 31. Periaatekuva elementtiverkosta hot spot -jännityksen ekstrapolointia varten (5, s. 97).

Kun rakenteellinen hot spot -jännitys on saatu ratkaistua ekstrapoloinnin avulla, voidaan arvoa käyttää kyseisen kohdan kestoajan määrittämiseen (kaava 2) (5, s. 97).

$$N = \frac{C}{(\Delta\sigma_{HS})^3}$$





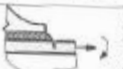


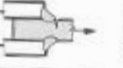
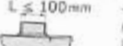
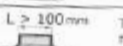
KAAVA 2

N = kestoikä sykleinä

C = väsymiskapasiteetti

$\Delta\sigma_{HS}$  = hot spot -jännitys

Väsymiskapasiteetti (C) voidaan ratkaista käyttämällä rakennedetaljille määritettyä FAT-luokan  $\Delta\sigma_C$  arvoa (kuva 32) (kaava 3). Kyseistä arvoa käytettäessä on muistettava, ettei se ota huomioon rakenteen muotovirheitä, jolloin ne on sisällytettävä laskettuun jännitykseen erikseen (6, s. 96 - 99).

Liitos	Laatuvaatimus	FAT $\Delta\sigma_C$	$\Delta\sigma_D$	n
 Päättöliitos (erikoislaatu)	Hitsiluokka B <sup>2)</sup>	112	83	0.2
 Päättöliitos (normaali-laatu)	Hitsiluokka C <sup>2)</sup>	100	74	0.2
 Ristiliitos tai T-liitos läpiliitteen K-hitsien	Ei lamelliinpepmä			
 Kuormusta kantamattomat pienähitsit	Hitsin kourun liittymä- kulma < 60°	100	74	0.3
 Korvakeen pää (ei välttämättä ympärihitsattu)	Hitsit ilman jälkikäsittelyä			
 Hitsit peitelevyn yms. päissä				
 Ristiliitos kuormaa kantavien pienähitsien	Hitsit ilman jälkikäsittelyä	90	66	0.3
 Pölkkeläliitoksen poikittaiset pienähitsit				
 $L \leq 100$ mm Tyyppi "b" hot spot, lyhyt korvake	Pieni- tai K-hitsit ilman jälkikäsittelyä	100	74	0.1
 $L > 100$ mm Tyyppi "b" hot spot, pitkä korvake	Pieni- tai K-hitsit ilman jälkikäsittelyä	90	66	0.1

KUVA 32. Hot spot -menetelmässä sovellettavia FAT-luokkien arvoja eri liitoksille (5, s. 99)

$$C = 2 \times 10^6 \times (\Delta\sigma_C)^3$$

KAAVA 3

### 6.3 Kauhojen väsymistarkastelut

Tarkasteltaville kauhoille tehtiin väsymistarkastelut hot spot -menetelmällä. Tarkoituksena oli saada selville, onko väsymisellä mitoituksellista merkitystä kauhojen suunnittelussa. Kauhamalleiksi valittiin uusi kuokkakauha ja luiskakauha. FEM-malleista havaittiin normaalijännityksien perusteella, että kriittisimpiä kohtia väsymiselle olivat molemmissa kauhamalleissa NTP10-kiinnikkeiden etukorvien hitsaussaumamat ja luiskakauhan huuli- sekä kylkilevyn hitsaussauma.

Jotta kauhojen väsymistarkasteluista saatiin hyödyllisiä tuloksia, oli kauhojen jännityshistoria määritettävä vastaamaan todellisessa käyttötilanteessa syntyviä kuormia. Kauhojen lujuustarkasteluissa käytettiin kaivinkoneen suurinta kaivuvoimaa kuormittavana voimana, mikä vastaa tilan-

netta, jossa koneella kaivetaan äärimmäisen haastavaa kohdetta. Tällainen tilanne voisi olla erittäin kivisen maan kaivaminen tai suuren kiven liikuttaminen.

Hyödynnettävien tulosten saamiseksi tehtiin väsymistarkasteluihin kaksi eri kuormitustapausta, joista toinen vastaisi haastavassa kaivuukohteessa kaivamista ja toinen kevyemmässä kohteessa toimimista. Haastavan kaivuukohteen kuormitukseksi määritettiin 80 % kaivuuvoiman maksimiarvosta ja kevyen kaivuukohteen kuormitukseksi kaivuuvoiman maksimiarvosta 60 %. Molemmissa kuormitustapauksissa voima kohdistuu kauhakohtaisesti samassa suunnassa kuin aikaisemmin tehdyissä staattisten kuormitusten FEM-analyyseissä.

Molemmissa kuormitustapauksissa kuormitusrytiksi määrättiin vain yksi kauhaisu, jolloin kuormitushistoria on vakioamplitudinen ja kuorma pysyy samana. Kuormitusrytiksi määritettiin 200 kauhallista tunnissa kuormitustapauksesta riippumatta vertailukelpoisten tulosten saavuttamiseksi.

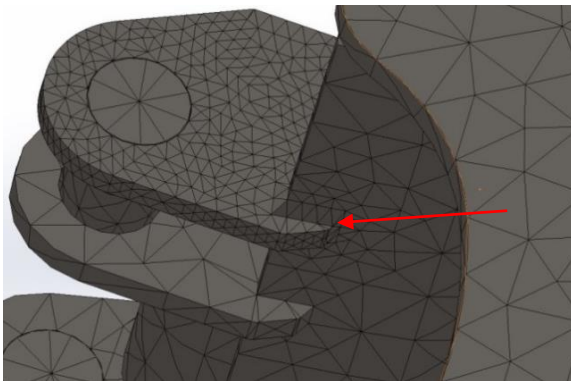
### **6.3.1 Uuden kuokkakauhan väsymistarkastelut**

Uuden kuokkakauhan hot spoteiksi valittiin kiinnikkeen etukorvien päiden lyhyet hitsausaumamat aikaisemmin tehdyn staattisen jännitystarkastelun perusteella (kuva 33). Hot spot -kohdat määritettiin tyyppiin "b" hot spot -tapauksiksi, joiden FAT-luokaksi valittiin 100 (kuva 32). Etukorvaan on mallinnettu hitsausauma sen rajaviivan hahmottamisen helpottamiseksi ja tulosten tarkkuuden parantamiseksi. Kuvasta 33 nähdään myös, kuinka elementtiverkkoa tihennettiin etukorvista tulosten parantamisen vuoksi ja taulukosta 5 nähdään muuhun kauhaan käytetyn elementtiverkon parametrit. Molemmissa kuormitustapauksissa käytettiin samaa elementtiverkotusta tulosten vertailukelpoisuuden säilyttämisen vuoksi.

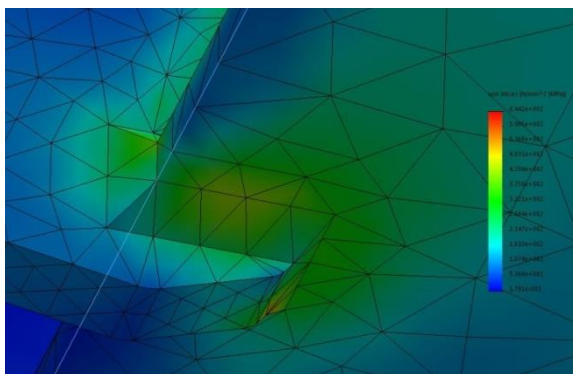
Raskaassa kuormitustapauksessa käytettiin kauhaa kuormittavana voimana 126,4 kN:a ja kevyessä kuormitustapauksessa 94,8 kN:a. Kuvasta 34 nähdään, kuinka staattista jännitystä esiintyi etukorvan hitsaussaumassa, ja kuvassa 35 näytetään, kuinka jännitykset luettiin ekstrapolointia varten.

TAULUKKO. 5 Elementtiverkon parametrit

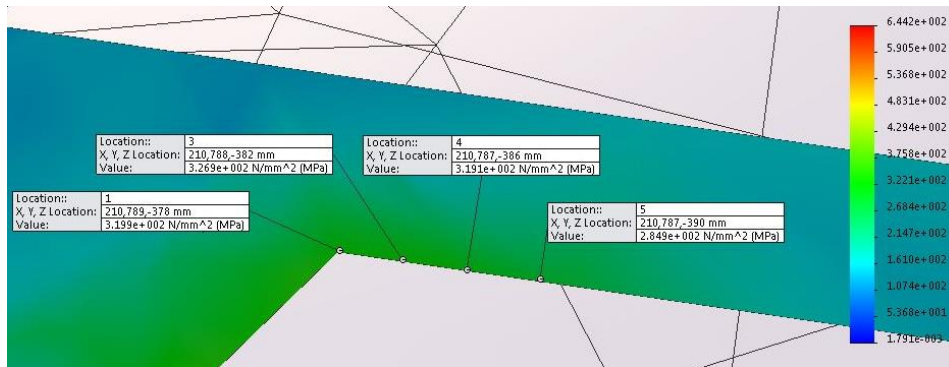
Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used	Curvature based mesh
Jacobian points	29 points
Mesh Control	Defined
Max Element Size	50 mm
Min Element Size	20 mm
Mesh quality	High



KUVA 33. Elementtiverkko kuokkakauhan kiinnikkeen etukorvissa



KUVA 34. Jännitykset etukorvan hitsaussaumassa raskaassa kuormitustapauksessa



KUVA 35. Jännitysten lukeminen symmetriatasolta 4 mm välein hitsaussauman rajaviivalta raskaassa kuormitustapauksessa

Jännitykset ekstrapoloitiin hitsaussauman rajaviivalle neliöllisen ekstrapoloinnin kaavalla rakenteellisen hot spot -jännityksen saamiseksi (kaava 1).

Raskaassa kuormitustapauksessa ekstrapoloitu hot spot –jännitys on

$$\Delta\sigma_{hs} = 3 \times 326,9 \text{ MPa} - 3 \times 319,1 \text{ MPa} + 284,9 \text{ MPa} = 308,3 \text{ MPa}.$$

Kevyessä kuormitustapauksessa ekstrapoloitu hot spot –jännitys on

$$\Delta\sigma_{hs} = 3 \times 245,3 \text{ MPa} - 3 \times 237,7 \text{ MPa} + 212,6 \text{ MPa} = 235,4 \text{ MPa}.$$

Saadut jännitykset sijoitettiin kestoian kaavaan, johon sijoitettiin myös väsymiskapasiteetin C-kaava. Väsymiskapasiteetin kaavassa käytettiin molemmissa kuormitustapauksissa FAT-luokkaa 100.

Raskaassa kuormitustapauksessa kestoikä on

$$N = \frac{2 \times 10^6 \times (100)^3}{(308,3)^3} = 68\,251.$$

Kevyessä kuormitustapauksessa kestoikä on

$$N = \frac{2 \times 10^6 \times (100)^3}{(235,4)^3} = 154\,108.$$

Kun syklien tiheydeksi on määritetty 200 sykliä tunnissa, saadaan etukorvan hitsausseaman kestoajaksi seuraavaa.

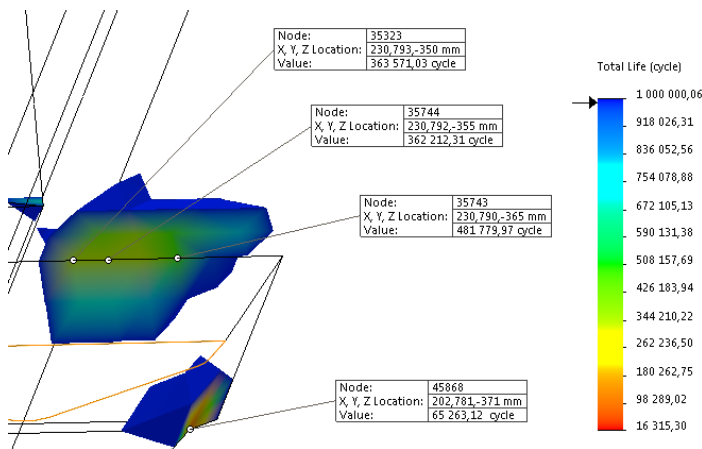
Raskaassa kuormitustapauksessa kesto aika on

$$Kesto aika = \frac{68251}{200 h} = 341 h.$$

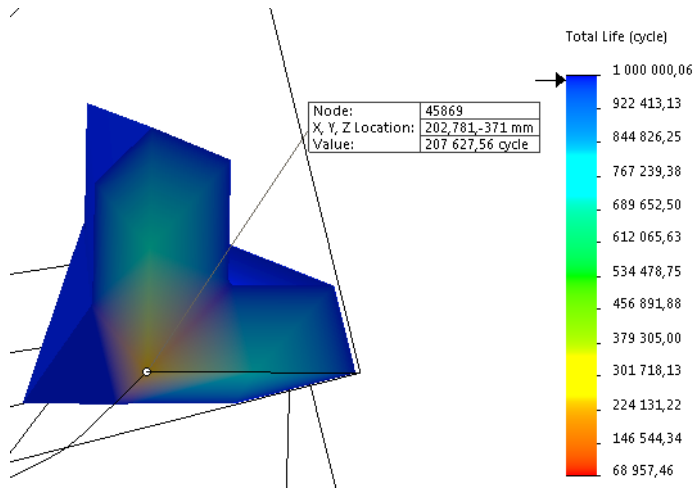
Kevyessä kuormitustapauksessa kesto aika on

$$Kesto aika = \frac{154108}{200 h} = 770 h.$$

Hot spot -tarkastelun lisäksi kuokkakauhalle tehtiin väsymistarkastelut simuloimalla Solidworksin fatigue -simulointityökalulla. Nämä tarkastelut tehtiin, jotta voitiin havainnollistaa kauhan väsymiskestävyttä raskaassa ja kevyessä kuormituksessa. Hot spot -menetelmällä saatuja tuloksia verrattiin simuloinnin tuloksiin ja voitiin todeta, että tulokset vastasivat osittain toisiaan. Simuloinnissa saadut tulokset ilmaisivat kestoajan suoraan sykleissä. Kuvassa 36 on lähikuva kuokkakauhan etukorvan hitsausseamasta raskaassa kuormituksessa ja kuvassa 37 kevyessä kuormituksessa.



KUVA 36. Kuokkakauhan etukorvan hitsausseama väsymiskestävyys raskaassa kuormituksessa



KUVA 37. Kuokkakauhan etukorvan hitsaussauman väsymiskestävyys kevyessä kuormituksessa

Kuten voidaan havaita kuormitustapausten välisistä kestoajojen eroista, kevyellä kuormituksella kauha kestää yli kaksi kertaa kauemmin kuin raskaassa kuormituksessa, vaikka kuormittavien voimien ero on vain 20 % -yksikköä.

### 6.3.2 Uuden luiskakauhan väsymistarkastelut

Uuden luiskakauhan hot spoteiksi valittiin samat kiinnikkeiden hitsaussaumamat kuin kuokkakauhan väsymistarkasteluissa. Lisäksi valittiin tarkasteltavaksi kohdaksi huulilevyn ja kylkilevyn välinen hitsaussauma. Hot spot -kohdat hitsaussaumoissa määritettiin tyyppin ”b” hot spot -tapauksiksi. Kiinnikkeen etukorvan FAT-luokaksi valittiin 100 ja huulilevyn hitsaussauman FAT-luokaksi 90 (kuva 32).

Jännitykset ekstrapoloitiin hitsaussauman rajaviivalle neliöllisen ekstrapoloinnin kaavalla rakenteellisen hot spot -jännityksen saamiseksi (kaava 1).

Raskaassa kuormitustapauksessa etukorvan hitsaussauman ekstrapoloitu hot spot -jännitys on

$$\Delta\sigma_{hs} = 3 \times 378,1 \text{ MPa} - 3 \times 374,2 \text{ MPa} + 350,7 \text{ MPa} = 362,4 \text{ MPa}.$$

Kevyessä kuormitustapauksessa etukorvan hitsaussauman ekstrapoloitu hot spot -jännitys on

$$\Delta\sigma_{hs} = 3 \times 291,2 \text{ MPa} - 3 \times 273,7 \text{ MPa} + 237,8 \text{ MPa} = 290,3 \text{ MPa}.$$

Raskaassa kuormitustapauksessa huulilevyn ja kylkilevyn hitsaussauman ekstrapoloitu hot spot -jännitys on

$$\Delta\sigma_{hs} = 3 \times 225,1 \text{ MPa} - 3 \times 220,5 \text{ MPa} + 214,9 \text{ MPa} = 228,7 \text{ MPa}.$$

Kevyessä kuormitustapauksessa huulilevyn ja kylkilevyn hitsaussaumassa ekstrapoloitu hot spot -jännitys on

$$\Delta\sigma_{hs} = 3 \times 168,9 \text{ MPa} - 3 \times 165,6 \text{ MPa} + 162,3 \text{ MPa} = 172,2 \text{ MPa}.$$

Saadut jännitykset sijoitettiin kestoiän kaavaan, johon sijoitettiin myös väsymiskapasiteetin C-kaava. Väsymiskapasiteetin kaavassa käytettiin etukorvien hitsaussaumoissa FAT-luokaa 100 ja huulilevyn hitsaussaumassa 90.

Raskaassa kuormitustapauksessa etukorvan hitsaussauman kestoikä on

$$N = \frac{2 \times 10^6 \times (100)^3}{(362,4)^3} = 42\,021.$$

Kevyessä kuormitustapauksessa etukorvan hitsaussauman kestoikä on

$$N = \frac{2 \times 10^6 \times (100)^3}{(290,3)^3} = 81\,750.$$

Raskaassa kuormitustapauksessa huulilevyn ja kylkilevyn hitsaussauman kestoikä on

$$N = \frac{2 \times 10^6 \times (90)^3}{(228,7)^3} = 121\,887.$$

Kevyessä kuormitustapauksessa huulilevyn ja kylkilevyn hitsaussauman kestoikä on

$$N = \frac{2 \times 10^6 \times (90)^3}{(172,2)^3} = 285\,534.$$

Kun syklien tiheydeksi on määritetty 200 sykliä tunnissa, saadaan etukorvan hitsaussauman kestoikä laskettua seuraavasti.

Rasaassa kuormitustapauksessa etukorvan hitsaussauman kestoikä on

$$\text{Kestoikä} = \frac{42\,021}{200 \text{ h}} = 210 \text{ h}.$$



Kevyessä kuormitustapauksessa etukorvan hitsausseaman kestoaika on

$$Kesto aika = \frac{81\,750}{200\,h} = 409\,h.$$

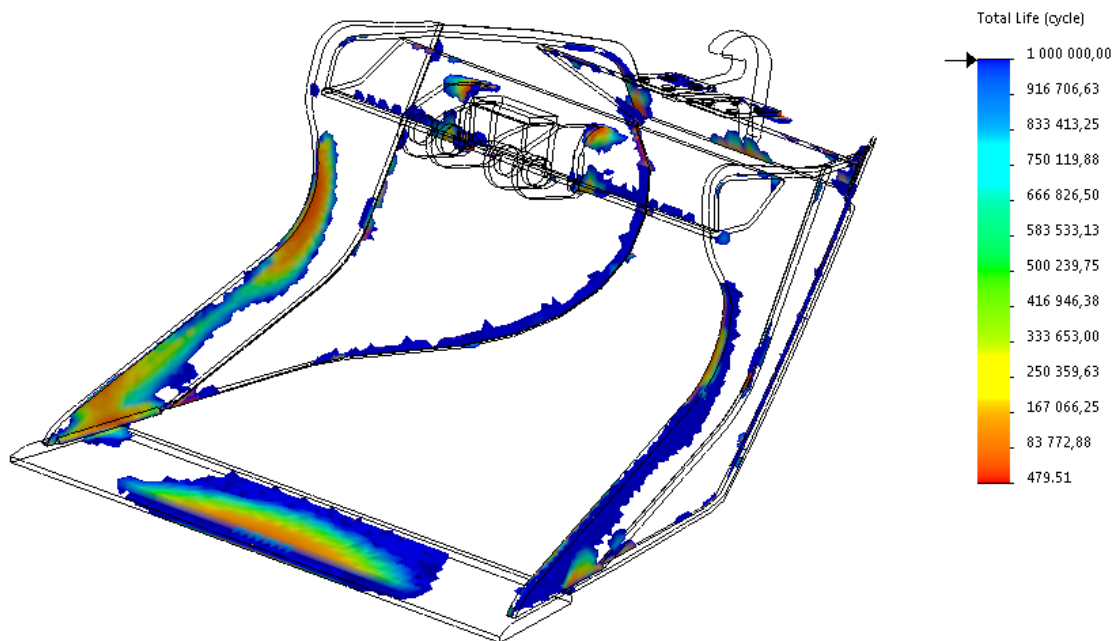
Raskaassa kuormitustapauksessa huulilevyn ja kylkilevyn hitsausseaman kestoaika on

$$Kesto aika = \frac{121\,887}{200\,h} = 609\,h.$$

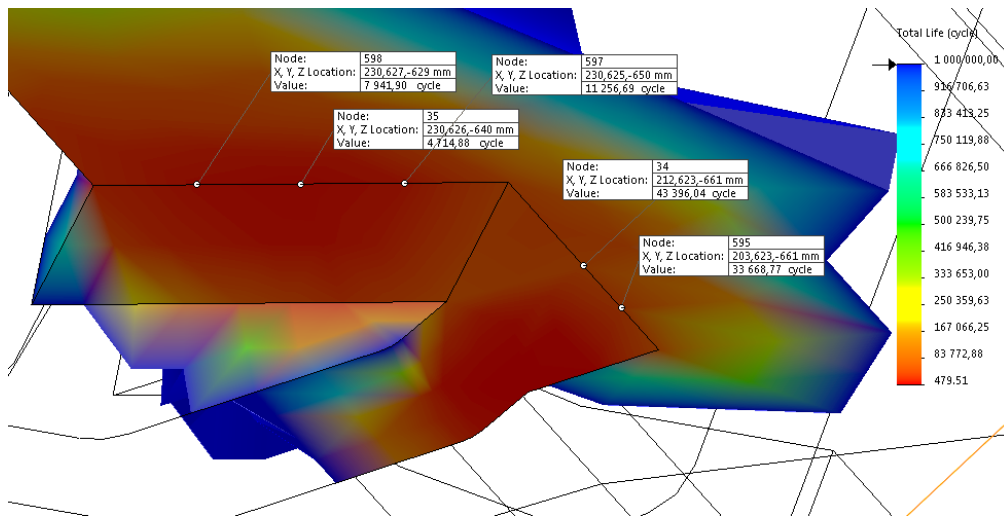
Kevyessä kuormitustapauksessa huulilevyn ja kylkilevyn hitsausseaman kestoaika on

$$Kesto aika = \frac{285\,534}{200\,h} = 1\,428\,h.$$

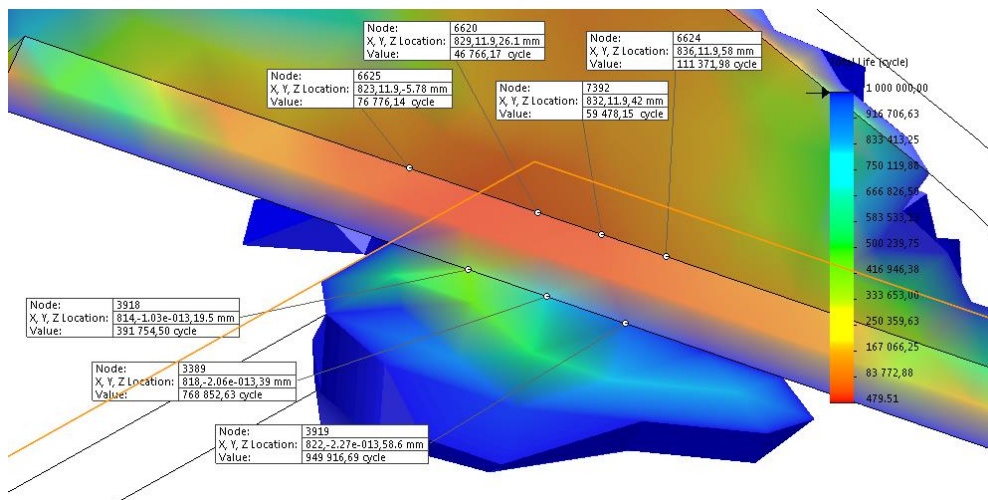
Kuokkakauhan tavoin myös luiskakauhalle tehtiin hot spot -menetelmän lisäksi väsymistarkastelut simuloimalla. Kuvassa 38 on koko luiskakauhassa esiintyvät väsymiselle altistuvat alueet raskaassa kuormituksessa, kuvassa 39 on lähikuva etukorvan hitsausseamasta ja kuvassa 40 on lähikuva huulilevyn ja kylkilevyn hitsausseamasta.



KUVA 38. Luiskakauhan väsymiskestävyys raskaassa kuormituksessa

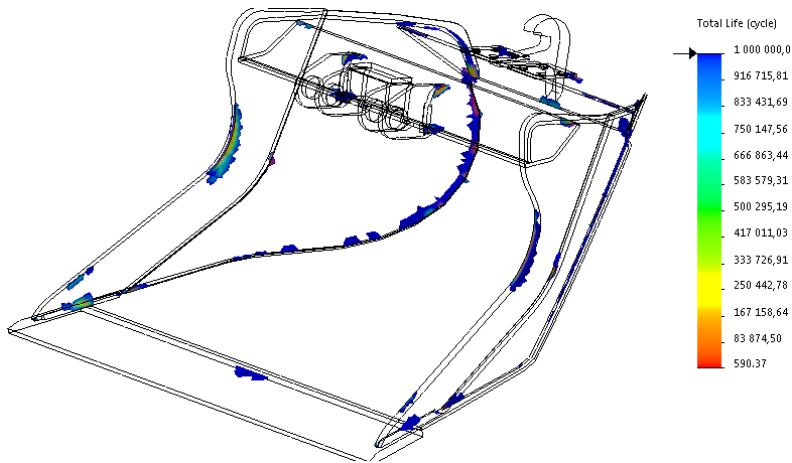


KUVA 39. Luiskakauhan etukorvan hitsaussauman väsymiskestävyys raskaassa kuormituksessa

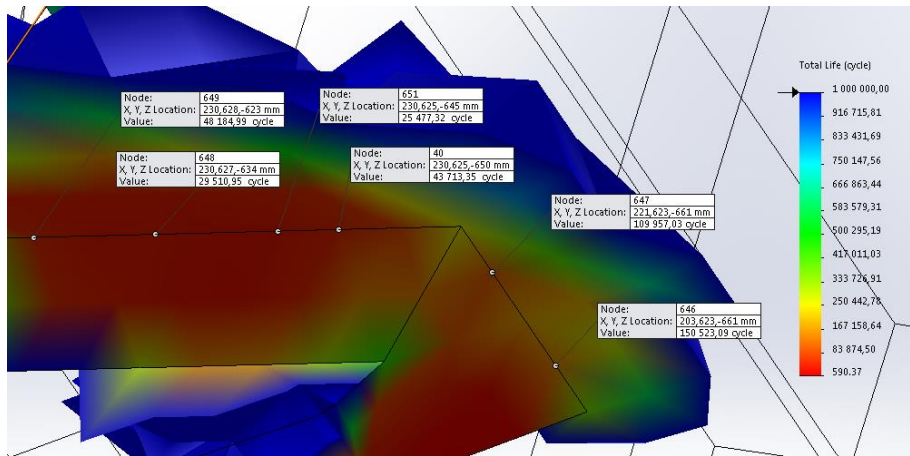


KUVA 40. Luiskakauhan huulilevyn ja kylkilevyn hitsaussauman väsymiskestävyys raskaassa kuormituksessa

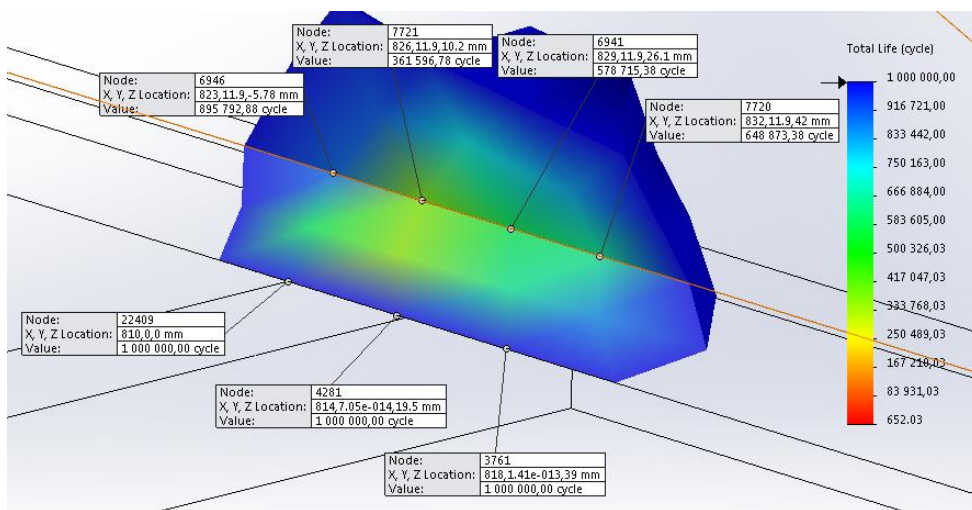
Luiskakauhan kestoikää simuloitiin myös kevyessä kuormituksessa ja kestoikä oli hot spot -menetelmällä saatujen tulosten tapaan huomattavasti pidempi kuin raskaassa kuormituksessa. Mutta kevyen kuormituksen tapauksessa tulokset eivät olleet yhtä vertailukelpoisia hot spot -menetelmällä saatuihin tuloksiin verrattuna, koska kestoikä kasvoi simulointimallissa huomattavasti enemmän. Kuvassa 41 on esitettyä koko luiskakauhan väsymiskestävyys kevyessä kuormituksessa, kuvassa 40 lähikuva etukorvien hitsaussaumoista ja kuvassa 43 lähikuva huulilevyn ja kylkilevyn hitsaussaumasta.



KUVA 41. Luiskakauhan väsymiskestävyys kevyessä kuormituksessa



KUVA 42. Luiskakauhan etukorvan väsymiskestävyys kevyessä kuormituksessa



KUVA 43. Luiskakauhan huulilevyn ja kylkilevyn hitsaussauman väsymiskestävyys kevyessä kuormituksessa

Huulilevyn ja kylkilevyn välinen hitsausseama kestää kiinnikkeen etukorvia paremmin, vaikka liitostyyppi vähentää sauman varmuutta. Kuten kuokkakauhassa kriittisin kohta luiskakauhassa on kiinnikkeen etukorvien hitsausseamat, ja kuormituksen kasvaessa 20 % -yksikköä puolittuu sauman kesto aika.

Simuloinnin avulla voitiin havaita myös muita kauhan väsymiskestävyydelle kriittisiä hitsausseamoja, joiden hitsaamiseen ja jälkikäsittelyyn tulee kiinnittää huomiota. Väsymistarkasteluiden tulokset simuloinnilla on kuitenkin hyvä varmistaa hot spot -menetelmällä tarkistamalla. Lisäksi väsymistarkasteluissa on otettava huomioon, että kuormitustavat ovat hyvin teoreettisia todelliseen tilanteeseen verrattuna. Esimerkiksi 200 kauhallista tunnissa on hyvin tiivis työtahti ja kyseinen syklimäärä voisi tarkoittaa koneen käyttötunneissa lähes 500 tuntia.

Väsymistarkastelutapa antaa suuntaa-antavia tuloksia ja helpottaa havainnollistamaan väsymiskestävyyttä tarkasteltavassa kohteessa. Luotettavien tulosten saaminen ja tulkitseminen vaatii runsaasti tietoa ja kokemusta tarkasteltavasta kohteesta ja tarkastelutapa on liian pieni peruste muuttaa tarkasteltavan kohteen rakennetta tai materiaaleja verrattuna esimerkiksi prototyypillä tehtyihin testeihin.

## 7 VALMISTUSKUSTANNUSLASKELMAT

Tässä raportin osiossa käydään läpi käsiteltyjen kauhamallien valmistukseen kuluvia kustannuksia. Laskennan tavoitteena oli saada alustavia arvioita kauhojen valmistuskustannuksista, niin yksittäis- kuin sarjavalmistetuille kauhoille. Valmistuskustannusarvio tehtiin myös alkuperäisille kauhamalleille, jotta saataisiin vertailukelpoista informaatiota siitä, kuinka uusien mallien optimointi on vaikuttanut kauhoihin kustannusten osalta.

Kauhamallien valmistuskustannukset koostuvat pääasiassa materiaali- ja työkustannuksista. Materiaali- ja työkustannusten laskemisessa on käytetty Ab A. Hägglom Oy:n tuotannonohjausjärjestelmän Matfoxin -nimikkeiden hintoja. Materiaalikustannusten laskennassa on tietynlaisia levykappaleita nestattu silmämääräisesti eli levynkäyttöä on optimoitu.

Paikkansa pitävien työ- ja materiaalihintojen lisäksi kustannusarviointi edellyttää muun tuotannon huomioimisen. Työvaiheiden ohessa tapahtuu paljon muuta työtä, mikä lisää tuotteen hintaa. Esimerkiksi plasmaleikkauksessa leikattavien levyjen siirtely tai särmäyksessä käytettävien työkalujen vaihdot ja asetusajat. Taulukossa 6 on listattuna Ab A. Hägglom Oy:n työvaiheiden hintoja. Esimerkkinä robootti hitsaus on 56 % kalliimpi työvaihe kuin käsin hitsaus, mutta tehokkuudeltaan se on 4 kertaa parempi, koska käsin hitsattaessa Hägglommin pajalla lisäaineen tuotto on 1 kg/h ja robotilla hitsattaessa 4 kg/h.

TAULUKKO 6. Laskennassa käytetty työvaiheiden hinnoittelu

## 7.1 Työvaiheisiin kuluva aika

### 7.1.1 Plasmaleikkaus

Koska kyseisissä kauhoissa ei yli 25 mm materiaalivahvuuksia ilmene, voidaan levyt leikata plasmalla, mikä on huomattavasti nopeampi terminen leikkausmenetelmä kuin polttoleikkaus. Plasmaleikkaukseen kuluva aika on laskettu levyjen leikkausradan pituuden leikkausnopeuden arvojen avulla. Taulukossa 7 on listattuna poltto- ja plasmaleikkauksen leikkuunopeuksia eri materiaalivahvuuksille.

TAULUKKO 7. Plasma- ja polttoleikkaus leikkuunopeuksia eri levynpaksuuksilla

Levypaksuus (mm)	Leikkuunopeus Poltto-leikkaus (mm/min)	Leikkuunopeus Plasma (mm/min)
8	600	4600
10	560	3400
12	540	3100
15	520	2500
16	520	2500
20	460	1800
25	420	1300
30	400	
50	310	

Esimerkiksi AA Kuokkakauhan pohjalevyn plasmaleikkaukseen kuluva aika voidaan laskea seuraavalla tavalla:

*levyaihio:*                      *Hardox 450, 10 x 911 x 1527 mm*

*leikkuuradan pituus:*      *4815 mm*

*leikkuunopeus:*              *3400 mm/min (Taulukko 6)*

$$\begin{aligned} \text{leikkuaika (min)} &= \text{leikkuuradan pituus (mm) / leikkuunopeus} \\ &= 4815 \text{ mm} / 3400 \text{ mm/min} = 1,42 \text{ min} \\ &= \underline{1 \text{ min } 23 \text{ s}} \end{aligned}$$

Menetelmällä laskettiin kaikkien kauhamallien plasmalla leikattavien osien leikkuunopeudet. Plasmaleikkaukselle saatiin hinta kertomalla leikkuaika omakustannushinnalla (Taulukko 6).

Mikäli plasmaleikkuuseen kuluva aikaa haluttaisiin tarkemmin arvioida, pitäisi ottaa huomioon leikattavien ja leikattujen levyjen siirtely leikkuupöydän ja varastojen välillä. Leikatun levyn siirtelyyn kuluva aika voidaan arvioida kestävän noin 30 minuuttia, joka lisää leikkeen hintaa merkittävästi. Koska tuotannossa on samaan aikaan muitakin leikkeitä, joita voidaan samalta levyltä leikata, niin levyjen siirtelyyn kuluva aika jakaantuu samalla levyllä olevien leikkeiden kesken. Tällöin yhden kauhan leikkeiden plasmaleikkaukustannuksia on lähes mahdotonta arvioida.

### **7.1.2 Särmäys**

Särmäykseen kuluva työaika on arvioitu osakohtaisesti ja tähän työaikaan sisältyy myös muut särmäämiseen liittyvät tehtävät, kuten työkalujen vaihdot ja kappaleiden liikuttelu. Sarjatuotannon kustannusarviointiosiossa särmäys huomioitiin siten, että useamman kauhan osat voitiin särmätä samalla kerralla kaikki, kun työkalu oli vaihdettu. Se edellyttää, että sama työkalu sopii kaikkiin näihin osiin. Valmistettavuutta suunniteltaessa särmättäviä osia pyrittiin suunnittelemaan niin, että työkalun vaihtoja tulisi mahdollisimman vähän, koska särmäys on kallis ja aikaa vievä työvaihe.

### **7.1.3 Katkaisu**

Kauhoissa katkaisuun ja sahaukseen kuluu aikaa silloin, kun osia valmistetaan metritavarasta. Katkaisu on edullinen ja nopea työvaihe, missä eniten aikaa kuluu kappaleiden liikutteluun. Katkaistavia kappaleita kauhoissa olivat pohjan kulutuskiskot, alkuperäisten kauhojen ainesputket, ja kiinnikkeiden akselit. Kappaleiden valmistaminen metritavarasta on suositeltavaa sen kustannustehokkuuden vuoksi, mutta rajoittavana tekijänä on profiilien saatavuus ja geometriat.

Metritavarasta valmistettavat osat on pyrittävä katkaisemaan varastomitasta siten, että hukkaprosentti olisi mahdollisimman pieni, koska kustannuksissa kiskon hinta koostuu kokonaisesta varastomittaisesta kiskosta. Hukkaan menevät hukkapalat eivät todellisuudessa käänny tappioksi, vaan niitä voidaan käyttää vielä johonkin muuhun tuotantoon.

### **7.1.4 Hitsaus**

Hitsaukseen kuluvat kustannukset saadaan selville, kun tiedossa on hitsaukseen kuluva aika ja hitsattu lisäaineen määrä sekä hitsauksen omakustannushinta. Käsin hitsattaessa voidaan pitää

nyrkkisääntönä, että hitsausaineen tuotto on noin 1 kg/h. Tämä arvo sisältää saumojen silloitusta, varsinaista hitsaamista ja muuta hitsaamiseen liittyvää työtä.

Kun hitsausaineen tuotto on tiedossa, tarvitsi enää selvittää kuinka paljon kauhojen hitsaamiseen kuluisi hitsausainetta kilogrammoissa. Tämä voitiin selvittää kertomalla hitsaussaumojen pituudet ja poikkipinta-ala, josta saadaan hitsaussauman tilavuus, joka kertomalla materiaalin tiheydellä antaa tulokseksi massan seuraavan esimerkin tavalla:

$$\begin{aligned} \text{Tiheys:} & && 7850 \text{ kg/m}^3 \text{ (Voidaan käyttää teräksen tiheyttä)} \\ \text{Sauman pituus:} & && 930 \text{ mm} \\ \text{Poikkipinta-ala:} & && 64 \text{ mm}^2 \text{ (a8 piena)} \\ \text{Massa (kg)} & = && (\text{Poikkipinta – ala} \times \text{sauman pituus}) \times \text{Tiheys} \\ & = && (64 \text{ mm}^2 \times 930 \text{ mm}) \times 7,9 \text{ E-06 kg/mm}^3 = \\ & = && 0,47 \text{ kg} \end{aligned}$$

Esimerkkisauman käsin hitsaamiseen kuluisi siis lähes puoli tuntia aikaa, jolloin sauman hinnaksi tulisi noin 20 €. Tällä menetelmällä jokaisesta kauhasta laskettiin arvio hitsauskustannuksista. Arvioon ei sisälly hitsausmenetelmään liittyviä kustannuksia, kuten käytetty suojakaasu tai lisäainelangan määrä.

### 7.1.5 Poraus

Pienet kauhat sisältävät porausta vain NTP10 kiinnikkeen osalta. Alkuperäisissä kauhoissa on S60-kiinnikkeet, jolloin poraamista ei tarvita lainkaan. Kannen kiinnikkeen porauksessa kauha viedään porattavaksi kokoonpantuina, jotta reiät tulevat oikeille paikoille. Kannen poraaminen etukäteen ei kannata, koska hitsatessa osat voivat asettua väärin, ja tällöin kiinnikkeen reiät eivät ole hitsauksen jälkeen oikeilla kohdilla. NTP10 kiinnikkeen reikien kanteen poraamisen osuus on kauhojen kustannusarvioita tehtäessä jätetty pois, koska uudet kauhamallit on suunniteltu niin, että niissä voidaan käyttää joko S60 tai NTP10 kiinniketyyppejä. Kanteen poraaminen ja hitsaaminen on sisällytetty NTP10 kiinnikkeen valmistuskustannusarvioon.



## 7.2 Kauhojen valmistuskustannukset

### 7.2.1 Hägglom Sverige Ab:n kuokkakauhan valmistuskustannukset

Taulukossa 8 on listattuna alkuperäisen Ruotsissa valmistetun kauhojen osat, materiaalit, geometrioiden päämitat, kappaleiden lukumäärät ja materiaalien omakustannushinta. Kauhassa käytetyt kulutusosat voidaan valmistaa HB500 10x80 -kiskosta, jolloin materiaali- ja työkustannuksissa saavutetaan säästöjä, kun toinen vaihtoehto kiskojen valmistukselle olisi niiden plasmaleikkaaminen levystä. Taulukossa 9 on esitettyä alkuperäisen Hägglom Sverige Ab:n kuokkakauhan eri työvaiheiden työkustannukset ja taulukossa 10 on yhteenveto kauhan valmistukseen kuluvista kustannuksista.

TAULUKKO 8. Hägglom Sverige Ab:n kuokkakauhan materiaalikustannukset

№	Osan nimi	Materiaali	Geometria	Kappaleiden määrä	Omakustannus (€/kpl)	Kokonaiskustannus (€)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
59						
60						
61						
62						
63						
64						
65						
66						
67						
68						
69						
70						
71						
72						
73						
74						
75						
76						
77						
78						
79						
80						
81						
82						
83						
84						
85						
86						
87						
88						
89						
90						
91						
92						
93						
94						
95						
96						
97						
98						
99						
100						

TAULUKKO 9. Hägglom Sverige Ab:n kuokkakauhan työhön kuluvat kustannukset

№	Osan nimi	Yksikkö	Määrä	Kustannus (€/kpl)	Kokonaiskustannus (€)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					
51					
52					
53					
54					
55					
56					
57					
58					
59					
60					
61					
62					
63					
64					
65					
66					
67					
68					
69					
70					
71					
72					
73					
74					
75					
76					
77					
78					
79					
80					
81					
82					
83					
84					
85					
86					
87					
88					
89					
90					
91					
92					
93					
94					
95					
96					
97					
98					
99					
100					









TAULUKKO 22. NTP10 kiinnikkeen valmistuskustannukset yhteensä


### 7.1.2 S60-kiinnikkeen valmistuskustannukset

S60-kiinnikkeen materiaalikustannukset on esitettyinä taulukossa 23, työkustannukset taulukossa 24 ja valmistuskustannukset yhteensä taulukossa 25. Kiinnikkeiden valmistuskustannuslaskelmien perusteella S60-kiinnikkeen omakustannushinta on noin 40 % vähemmän kuin NTP10-kiinnikkeen.

TAULUKKO 23. S60-kiinnikkeen materiaalikustannukset


TAULUKKO 24. S60-kiinnikkeen työkustannukset

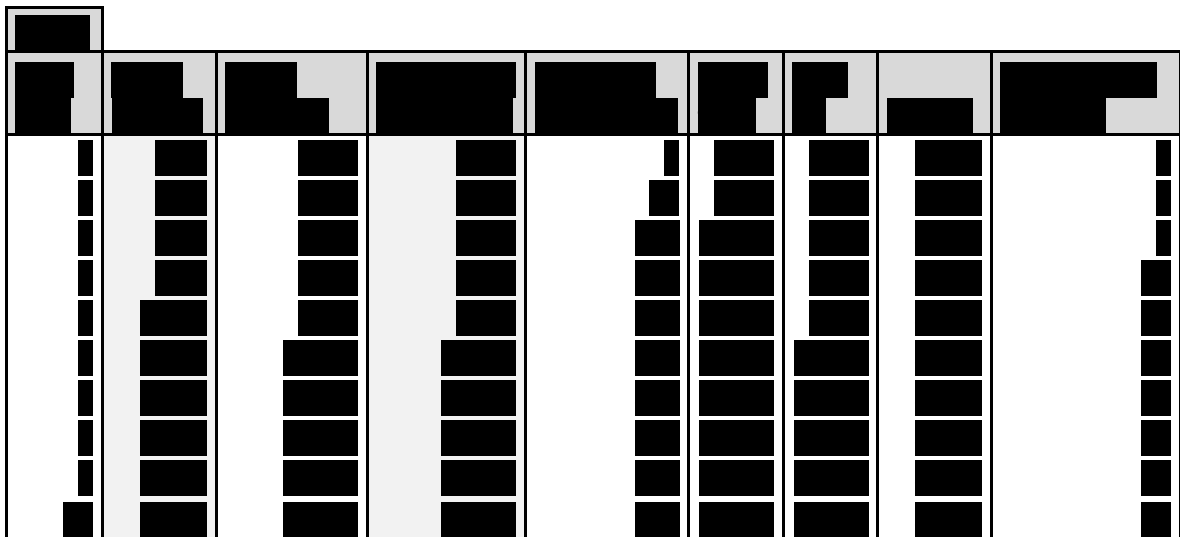

TAULUKKO 25. S60 kiinnikkeen valmistuskustannukset yhteensä


## 7.2 Sarjatuotannon vaikutus kauhojen kustannuksiin

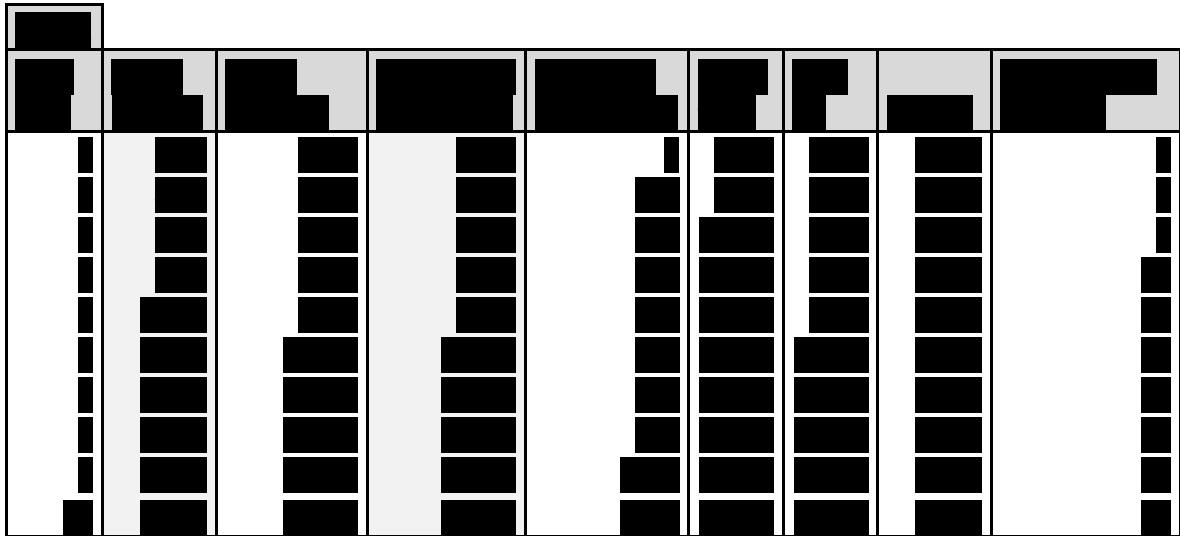
Kun kauhojen yksittäishinnat oli arvioitu, tehtiin myös arvio, voitiinko valmistuksesta tehdä kannattavampaa sarjatuotannon keinoin. Sarjatuotannon arvioinnissa otettiin huomioon tuotannon muun työn osuus, kuten särmäyksen työkaluvaihdot, mitä ei tarvitse tehdä jokaiselle samanlaiselle osalle erikseen. Sama pätee polttoleikkaukseen, jossa voidaan yhdeltä levyltä leikata useamman kauhan leikkeet. Kaikille kauhoille laskettiin sarjatuotannon kannattavuus 10 kauhan sarjalle, jotta saataisiin selkeämpiä eroja kauhamallien välille.

Hägglom Sverige Ab:n kuokkakauhan kate paranee noin 2 % -yksikköä, kun sarjatuotannossa (taulukko 26). Uuden kuokkakauhan kate paranee noin 3 % -yksikköä sarjatuotannossa. Paremman katteen lisäksi uusien kuokkakauhojen valmistusaika on hiukan alkuperäisiä kauhoja lyhempi (taulukko 27). Hägglom Sverige Ab:n luiskakauhojen kate paranee myös noin 3 % -yksikköä sarjatuotannossa. (taulukko 28). Uuden luiskakauhan kate paranee muita kauhoja huomattavasti nopeammin jopa 8 % -yksikköä valmistettaessa 10 kauhaa sarjatuotannossa. Voidaan siis todeta, että uusi luiskakauhamalli soveltuu muita kauhoja paremmin sarjatuotantoon (taulukko 29).

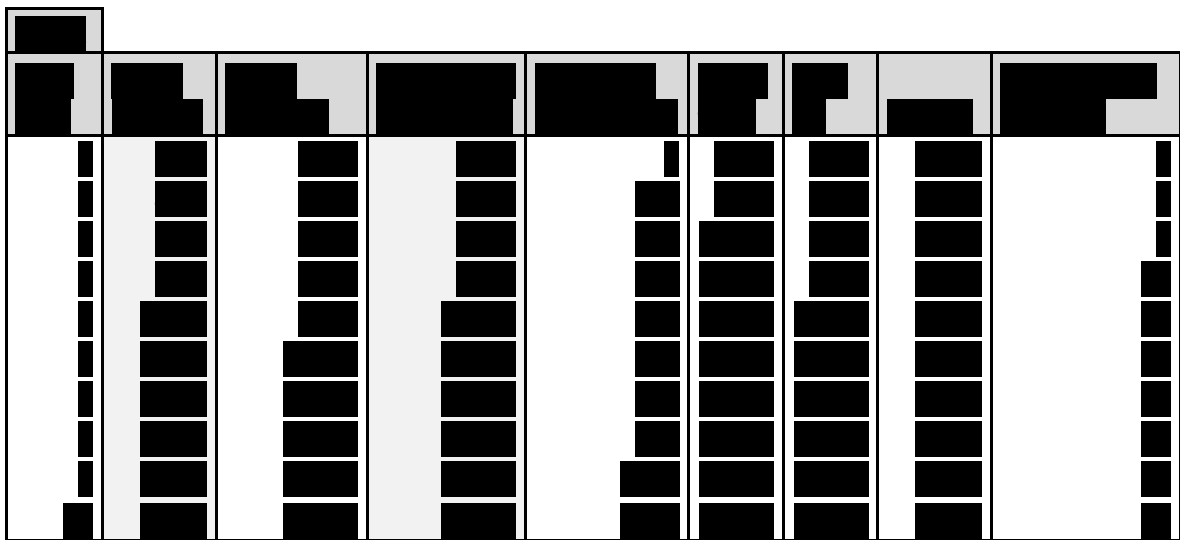
TAULUKKO 26. Hägglom Sverige Ab:n kuokkakauha sarjatuotannossa



TAULUKKO 27. Uusi kuukkakuha sarjatuotannossa



TAULUKKO 28. Häggblom Sverige Ab:n luiskakauha sarjatuotannossa





TAULUKKO 29. Uusi luiskakauha sarjatuotannossa

### 7.3 Yhteenveto valmistuskustannuksista

Taulukosta 30 voidaan vertailla alkuperäisen ja uuden kauhamallin välillä olevaa omakustannus-hintojen eroa ja havaita, että alkuperäisten ja uusien kauhamallien hinnoilla ei ole suurta eroa, mutta uusien kauhamallien materiaalina on käytetty enemmän kalliimpaa Hardox -kulutusterästä. Kauhojen työskustannuksista voidaan havaita, että kaikissa uusissa kauhamalleissa on hitsaamisen määrää vähennetty etenkin luiskakauhan osalta. Uudessa luiskakauhassa on 67 % vähemmän hitsaamista. Ero johtuu pääasiassa osien vähentämisestä ja särmäysten lisääntymisestä (taulukko 31). Taulukossa 32 on esitettyä sarjatuotannon kannattavuus valmistettaessa kutakin kauhamallia 5 kappaletta.

TAULUKKO 30. Kauhojen ja kiinnikkeiden valmistuskustannuksia

TAULUKKO 31. Kauhojen ja kiinnikkeiden työhön kuluvat kustannukset


TAULUKKO 32. Kauhojen sarjatuotannon kannattavuusvertailu


## 8 PIENTEN KAUHOJEN MARKKINOIDEN TARKASTELUT

### 8.1 Kilpailija- ja kilpailutilanneanalyysi

Kilpailija-analyysin avulla selvitetään markkinoiden nykyiset ja potentiaaliset kilpailijat sekä niiden vahvuudet ja heikkoudet. Analyysillä arvioidaan kilpailijoiden markkinointia, tuotantoa ja tehdään yleisarvio kilpailijoiden merkityksestä.

Aluksi nimetään yritykselle merkittävimmät ydin-, marginaali- ja tarvekilpailijat sekä potentiaaliset kilpailijat. Ydinkilpailijoilla tarkoitetaan samoilla markkinoilla toimivaa vahvaa kilpailijaa. Marginaal kilpailija toimii ydinkilpailijan tavoin myös samoilla markkinoilla, mutta ei omaa juurikaan vahvuuksia. Tarvekilpailijat tuottavat tuotteita ja palveluita samaan tarveryhmään, mutta toimivat eri toimialalla. Potentiaaliset kilpailijat ovat tulevaisuudessa suurella todennäköisyydellä kiinnostuneita yrityksen toimialasta.

Kilpailija-analyysin jatkeeksi voidaan tehdä kilpailutilanneanalyysi, jossa tarkastellaan nimettyjä ydinkilpailijoita tarkemmin. Kilpailutilanneanalyysissä luetellaan kilpailijan tuotteet, selvitetään kilpailun luonne ja kilpailuroolit.

Kilpailun luonne voidaan kuvata sanoilla kova, tavanomainen ja löysä kilpailu. Kilpailun luonne määräytyy kysynnän ja tarjonnan suhteesta. Esimerkiksi löysässä kilpailutilanteessa kysyntää on suhteessa enemmän kuin tarjontaa.

Kilpailurooleilla tarkoitetaan luokkia: markkinajohtaja, haastaja, jäljittelijä ja erikoistuja. Markkinajohtaja on alueen suurin alan yritys ja markkinoinnin suunnannäyttävä. Markkinajohtajalla on hyvä brändi ja imago, mutta se voi olla hidas ja vanhanaikainen. Haastajan markkinointi on voimakasta ja hyökkäävää. Haastaja luo kilpailua ja tuo markkinoille uutuuksia. Jäljittelijä on usein kallis alan seurailija, joka ei pysty vastaamaan alan kilpailuun eikä sillä ole kattavaa valikoimaa tai omaleimaisuutta. Erikoistuja käyttää asiakasryhmään kohdistettua markkinointia keskittymällä laatuun ja palveluun. (7, s.13 - 14).

## 8.2 Ab A. Häggblom Oy:n asema markkinoilla

Kauhojen tuotteistamisessa Ab A. Häggblom Oy:llä on tarkoituksena ottaa jalansija Suomesta pienten kauhojen valmistajana ja myyjänä. Koska pienten tuotteistettujen kauhojen myynti on Häggblomille uutta liiketoimintaa, täytyy markkina-alueen kilpailijoita tarkastella tarkemmin ja selvittää, millaista kilpailua on mahdollisesti luvassa. Häggblomia voidaan pitää kilpailurooliltaan erikoistujana, jolla on hyvä palvelu, laatu ja joka pystyy suunnittelemaan asiakaskohtaisien tarpeiden mukaisia tuotteita.

Taulukossa 33 on lueteltuna Häggblomin vahvuuksia ja heikkouksia lähettäessä tuotteistamaan pieniä kauhoja. Häggblomin kauhamallit ovat ominaisuuksiltaan ja laadultaan kilpailukykyisiä, mutta hiukan kalliimpia kuin kilpailijoilla. Nykyisten heikkouksien muuttamisella vahvuudeksi tul- laan saavuttamaan merkittäviä etuja kilpailijoihin verrattuna. Kauhojen tuotteistamisen myötä tuotannon optimointi ja varastoon valmistus laskee kauhojen hintaa ja lyhentää toimitusaikoja.

*TAULUKKO 33. A. Häggblom Oy:n vahvuudet ja heikkoudet pienten kauhojen valmistajana ja myyjänä*

A. Häggblom Oy	
Vahvuudet	Heikkoudet
<ul style="list-style-type: none"><li>• Kauhojen materiaalit ovat kulutuste- rästä</li><li>• Asiakaskohtainen suunnittelu</li><li>• Kaksi toimipistettä</li><li>• Yhtiökumppani Ruotsissa</li><li>• Pitkä konepajakokemus</li><li>• Vara- ja kulutusosien myynti</li><li>• Kehittyvä yritys</li><li>• Kevyet kauhamallit</li><li>• Tuoteluettelo ja hinnasto</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tuotanto ei ole optimoitu pienten kauhojen valmistukseen.</li><li>• Ei kauhojen varastoon valmistusta</li><li>• Toimitusajat</li><li>• Hinta</li></ul>

## 8.3 Kilpailija-analyysi

Analyysiä tehtäessä kilpailijoista pyrittiin saamaan mahdollisimman paljon tietoa. Kerätyn tiedon tarkoituksena oli kartoittaa kilpailijoiden heikkoudet ja vahvuudet markkinoinnissa ja tuotannossa sekä tehdä kilpailijoista yleisarvio. Yleisarviossa määriteltiin kilpailijan todellinen merkitys. Tauluk- koon 34 on lueteltuna kilpailija-analyysiä varten suomalaisia ja ruotsalaisia yrityksiä sekä näiden tietoja. Tiedoilla pyritään hahmottamaan yrityksen merkitystä kilpailijana. Lukujen perusteella

voitiin alustavasti arvioida yritysten merkitys kilpailijana ja näistä kahdeksan merkittävintä yritystä valittiin yksityiskohtaisempaa tarkastelua varten. Tietoja kilpailijoiden luvuista ja tiedoista haettiin Largest companies -yrityshakusivuston kautta (8.).

Yksityiskohtaisessa tarkastelussa jokaisesta valitusta kilpailijoista määriteltiin niiden vahvuudet ja heikkoudet pienten kauhojen valmistajana ja myyjänä. (taulukot 35–42). Taulukon 43 kilpailija-analyysiin on sanallisesti arvioitu kaikkien tarkasteltujen kilpailijoiden markkinointia ja tuotantoa sekä tehty yhteenvetoa kilpailijasta.

TAULUKKO 34. Yritykset esiteltynä lukuina (8.)

	Perustettu	Henkilöstö	Toimipaikat	Liikevaihto (1 000€)	Liikevoitto (%)	Tilinpäätös- vuosi
<b>Suomalaiset yritykset</b>						
A. Häggblom Oy	2007	76	2	20 059	0,8	2014
Maspart Finland Oy	2013	1	1	413	-27	2015
Maakasi Oy	1976	40	1	4 747	19,8	2015
Gjerstad Oy	1977	11	1	1 932	-0,1	2014
MEP steel Oy	1994	15	1	2 712	24	2014
Tarkoret Oy	1973	8	1	954	7,6	2015
Terästyö T. Salminen Oy	1989	10	1	3 555	12,8	2014
Kestotec Oy	2004	4	1	859	-6,3	2014
Vemitek Oy	2008	19	1	2 252	6,2	2014
Oulun kauha Oy	1989	2	1	603	26,2	2014
Pomarkun Urakoitsijatarvike Oy	1980	28	1	2 584	3,5	2014
Engcon Finland Oy AB	2008	5	1	8 342	5,7	2014
<b>Ruotsalaiset yritykset</b>						
Engcon Sweden AB	2009	13		26 272	0,7	2014
Rototilt Group AB	1995	113	3	32 241	8,9	2014
ABL Construction equipments AB	1987	31	1	6 479	3,8	2015
Cerapid AB	2001	7	1	821	20,1	2015
Götene Ufo AB	2002	26	1	3 706	-3,1	2014
SMP Parts AB	1984	92	1	20 653	6,6	2014
RF-system AB	1990	13	1	7 575	19,1	2014

TAULUKKO 35. Engcon Group vahvuudet ja heikkoudet

<b>Engcon Group</b>	
<b>Vahvuudet</b>	<b>Heikkoudet</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brändi</li> <li>• Laatu (materiaalit, kevyt rakenne)</li> <li>• Imago</li> <li>• Kattava valikoima (1,5 - 32 t)</li> <li>• Nopeat toimitusajat</li> <li>• Huoltokumppanit ja jälleenmyyjät</li> <li>• Maailmanlaajuiset markkinat</li> <li>• Jälkimarkkinointi</li> <li>• Useita toimipisteitä</li> <li>• Hyvät verkkosivut</li> <li>• Kauha myydään rototiltin kanssa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keskittyy pääasiassa muihin tuotteisiin, kuin kauhoihin</li> <li>• Ei asiakaskohtaista räätälöintiä</li> <li>• Kauhoissa vain S-kiinnityksiä</li> <li>• Hinta</li> <li>• Painavat kauhamallit</li> </ul>

TAULUKKO 36. Rototilt Group AB:n vahvuudet ja heikkoudet

<b>Rototilt Group AB</b>	
<b>Vahvuudet</b>	<b>Heikkoudet</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brändi</li> <li>• Imago</li> <li>• Yli 30 vuoden kokemus</li> <li>• Maailmanlaajuiset markkinat</li> <li>• Useita toimipisteitä</li> <li>• Laatu (materiaalit ja ultraäänitestaus)</li> <li>• Tutkimuslaitos</li> <li>• Myy kauhan samalla, kuin rototiltin</li> <li>• Kevyet kauhamallit</li> <li>• Optimoidut mallit rototilteille</li> <li>• Nopeat toimitukset</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keskittyy pääasiassa muihin tuotteisiin</li> <li>• Kauhoissa vain perusmallit (1,5 - 22 t)</li> <li>• Vain S-kiinnikkeet</li> <li>• Ei asiakaskohtaista räätälöintiä</li> <li>• Kauhat ovat yritykselle uutuustuotteita</li> </ul>

TAULUKKO 37. SMP Parts AB:n vahvuudet ja heikkoudet

<b>SMP Parts AB</b>	
<b>Vahvuudet</b>	<b>Heikkoudet</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kattava valikoima (1,5 - 50 t)</li> <li>• Yli 30 vuoden kokemus</li> <li>• Laajat markkinat</li> <li>• Hyvät verkkosivut</li> <li>• Laatu (Materiaalit)</li> <li>• Asiakaskohtainen räätälöinti</li> <li>• Jälleenmyyjät</li> <li>• Varastot (Toimitusajat)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Painavat mallit</li> <li>• Vain S-kiinnikkeet</li> <li>• Ei toimipisteitä Suomessa</li> <li>• Vain kolme jälleenmyyjää Suomessa</li> </ul>

TAULUKKO 38. RF-system AB:n vahvuudet ja heikkoudet

<b>RF-system AB</b>	
<b>Vahvuudet</b>	<b>Heikkoudet</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hyvät valikoimat (0 - 40 t)</li> <li>• Yli 35 vuoden kokemus</li> <li>• Kevyet mallit</li> <li>• Edullinen</li> <li>• Jälleenmyyjät Suomessa</li> <li>• Varastot (Nopeat toimitusajat)</li> <li>• Nopea toimitus</li> <li>• Kauhojen vuokraus</li> <li>• Asiakaskohtainen räätälöinti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Henkilöstöä on vähän</li> <li>• Vain yksi toimipiste</li> </ul>

TAULUKKO 39. ABL Construction equipments AB:n vahvuudet ja heikkoudet

<b>ABL Construction equipments AB</b>	
<b>Vahvuudet</b>	<b>Heikkoudet</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kattava valikoima (1,5 - 100 t)</li> <li>• ECO-line kevyet mallit</li> <li>• yli 30 vuoden kokemus</li> <li>• Osa PARS –ryhmää</li> <li>• Rakenteeltaan yhtä kevyitä kauhamalleja, kuin Häggblomilla.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ei hinnastoa saatavilla</li> <li>• Ei tietoa toimitusajoista</li> </ul>

TAULUKKO 40. Maakasi Oy:n vahvuudet ja heikkoudet

<b>Maakasi Oy</b>	
<b>Vahvuudet</b>	<b>Heikkoudet</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hyvä imago Suomessa</li> <li>• Laatu (materiaalit)</li> <li>• 40 vuoden kokemus</li> <li>• Asiakaskohtainen suunnittelu</li> <li>• Kauhojen korjaus</li> <li>• Markkina-alue Suomi ja Ruotsi</li> <li>• Myös suuret kauhakoot</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Painavat mallit</li> <li>• Ei hinnastoa tai tuoteluettelo</li> <li>• Ei varastoa (toimitusajat riippuvat muusta tuotannosta)</li> <li>• Rajallisesti toimipisteitä</li> <li>• Vain yksi toimipiste</li> <li>• Ei tuoteluettelo tai hinnastoa saatavilla</li> </ul>

TAULUKKO 41. Terästyö T. Salminen Oy:n vahvuudet ja heikkoudet

<b>Terästyö T. Salminen Oy</b>	
<b>Vahvuudet</b>	<b>Heikkoudet</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yli 30 vuoden kokemus</li> <li>• Keskittyy pienten kauhojen valmistukseen</li> <li>• Kauhojen korjaukset</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vähän henkilöstöä</li> <li>• Vain yksi toimipiste</li> <li>• Suppea mallisto 100 - 2500 L</li> <li>• Painavat kauhamallit</li> </ul>

TAULUKKO 42. MEP steel Oy:n vahvuudet ja heikkoudet

<b>MEP steel Oy</b>	
<b>Vahvuudet</b>	<b>Heikkoudet</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kauhakorjaukset</li> <li>• Asiakaskohtainen suunnittelu</li> <li>• Varastotuotteet</li> <li>• Laaja valikoima (50 -10 000 l)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keskittyy myös murskaimiin</li> <li>• Ei verkkokuvastoa tai tuoteluettelo</li> <li>• Vain yksi toimipiste</li> <li>• Nuori yritys</li> </ul>



TAULUKKO 43. Kilpailija-analyysi kahdeksasta vartenotettavasta kilpailijasta

	KILPAILIJA JA TYYPPI	MARKKINOINTI	TUOTANTO	YLEISARVIO
1	Engcon Group Ydinkilpailija	Omistaa useita toimipisteitä ja jälleenmyyjä Pohjoismaissa sekä ympäri maailmaa, jolloin toimitusajat ovat lyhyitä ja tuotteiden saatavuus helppoa. Pyrkii aina myymään rototiltin mukana yhden kauhan. Hallitsee kanta-asiakkaita, jotka ostavat kaikki tuotteensa Engconilta.	Valmistaa varastoon useita eri kauhamalleja, jolloin kauhojen toimitusajat ovat lyhyitä. Kauhoja valmistetaan kulutuseräisestä, jolloin kauhojen hinnat ovat keskiarvoa korkeammat ja kulutuskestävyys parempi. Kauhamallit ovat painavia.	On suurin ja merkittävin kilpailija pienten kauhojen valmistajana laajan valikoiman, hyvän laadun ja varastotuotteiden vuoksi. Hallitsee Suomen kauhamarkkinoita omalla Engcon Finland toimipisteellä ja jopa 50 jälleenmyyjän avulla. Engconin suuri liikevaihto koostuu pääasiassa Rototilteistä eikä ole tämän vuoksi kauhavalmistajana ylivoimainen kilpailija. Suurelle yritykselle ominaisesti Engcon ei pysty vastaamaan asiakaskohtaisesta suunnittelusta.
2	Rototilt Group AB Marginaalikelpailija	Pyrkii myymään päätuotteensa rototiltin mukana kauhan. Engconin tapaan hallitsee asiakkaita, jotka hankkivat rototiltin lisäksi myös muita laitteita koneisiinsa.	Valmistaa vain kolmea eri kauhaperhettä 1,5–22 tonnin kaivinkoneisiin. Kevennetyt ja rototiltille optimoidut kauhamallit.	Merkittävää kilpailua ei synny suppean valikoiman vuoksi, mutta suurena menestyvänä yrityksenä yritys voi synnyttää kovaa kilpailua lisäämällä kauhamalliperheitä myytäviin tuotteisiinsa. Suurena yrityksenä ei pysty vastaamaan asiakaskohtaisesta suunnittelusta.
3	SMP Parts AB Ydinkilpailija	Ei ole levittänyt markkinoitaan Suomeen niin voimakkaasti. Valmistaa ja suunnittelee myös asiakaskohtaisia tuotteita.	Valmistaa varastoon laajan valikoiman erilaisia kauhoja 1,5 - 50 tonnin kaivinkoneisiin. SMP:n kauhat ovat raskaita.	SMP parts on Ruotsin markkinoiden vartenotettavimpia kilpailijoita laajan valikoiman, laadun, varastotuotteiden ja hinnan vuoksi.
4	RF-system AB Ydinkilpailija	Myy ja vuokraa kauhoja edullisesti. Tarjoaa asiakaskohtaista suunnittelua ja kauhojen kuljetusta asiakkaalle.	Valmistaa varastoon kaivinkoneiden työlaitteita 0 - 40 tonninkoneisiin. Valmistuksessa käytetään robottihit-sausta. Rakenteeltaan kevyitä.	RF-system AB on merkittävä kilpailija laajan valikoiman, varaston, edullisten hintojen ja palveluiden vuoksi. Lukuisten jälleenmyyjien avulla yritys hallitsee tehokkaasti myös Suomen markkinoita.
5	ABL Construction equipments AB Marginaalikelpailija	ECO-line kauhat.	Laaja valikoima 1,5 – 100 t. Kauhat ovat rakenteeltaan yhtä painavia kauhoja, kuin Häggbloimilla.	ABL on pienten kauhojen lisäksi myös vartenotettava kilpailija suurten kauhojen valmistajana. ABL omaa laajan valikoiman laadukkaita kauhamalleja.
6	Maakasi Oy Ydinkilpailija	Markkinoi Suomessa ja Ruotsissa. Asiakaskohtainen suunnittelu. Tarjoaa kauhojen korjaus- ja huoltopalveluita.	Valmistaa laajan valikoiman eri kauhamalleja.	Suomessa toimivista yrityksistä kaikkein merkittävin kilpailija valikoiman ja palveluidensa vuoksi. Yrityksen markkina-alue on sama kuin Häggbloimilla ja se lisää kilpailua.
7	Terästyö T. Salminen Oy Marginaalikelpailija	Kauhojen korjauspalvelut. Edulliset kauhat.	Valmistaa raskaita ja kestäviä kauhoja.	Pienten kauhojen valmistukseen keskittynyt pieni ja hyvin menestyvä yritys.
8	MEP steel Oy Potentiaalinen kilpailija	Asiakaskohtainen suunnittelu.	Valmistaa varastoon laajan valikoiman kauhoja 50 litraisista 10 kuutioisiin kauhoihin.	Nuori ja kasvava potentiaalinen kilpailija, mikäli kykenee kasvattamaan toimintaansa pienten kauhojen osalta. Koska yritys on keskittynyt myös purkulaitteiden valmistukseen, ei koko liikevaihto koostu kauhojen myynnistä.

## 8.4 Kilpailutilanneanalyysi

Kilpailutilanneanalyysissä tehtiin yleiskatsaus kilpailutilanteeseen Ruotsissa ja Suomessa (taulukko 44). Yrityksien luomaa kilpailua tarkasteltiin pääasiassa pienten kauhojen osalta. Analyysissä voitiin todeta, että laajimman kauhamalliston omaavat yritykset pärjäävät tässä kilpailussa parhaiten. Suppeasta mallistosta huolimatta yritykset pystyvät luomaan kilpailua, jos tuotteet on markkinoitu oikein. Esimerkiksi Engcon Group ja Rototilt Group AB valmistaa ja myy vain peruskauhamalleja, mutta saa näitä myytyä päätuotteensa rototiltin avulla.

TAULUKKO 44. Kilpailutilanneanalyysi

Kilpailutilanneanalyysi				
	Kilpailijan nimi	Kilpailevat tuotteet	Kilpailun luonne	Kilpailurooli
1	Engcon Group	Perusmallit kauhoista (1,5 - 32 t)	Kova	Markkinajohtaja
2	Rototilt Group AB	Kuokkakauhat, luiskakauhat ja kaapelikauhat (1,5 - 22 t)	Tavanomainen	Haastaja
3	SMP parts AB	Kauhat ja muut (1,5 - 50 t)	Kova	Haastaja
4	RF-system AB	Kauhat ja muut (1,5 - 38 t)	Kova	Markkinajohtaja
5	ABL Construction equipments AB	Kauhat (1,5 - 50 t)	Tavanomainen	Haastaja
6	Maakasi Oy	Asiakaskohtaisesti suunniteltavat kauhat (1,5 < tonniset)	Tavanomainen	Erikoistuja
7	Terästyö T. Salminen Oy	Kauhat (100 - 2500 l)	Löysä	Jäljittelijä
8	MEP steel Oy	Kauhat (50 - 10 000 l)	Löysä	Erikoistuja

## 8.5 Yhteenveto pienten kauhojen markkinoiden tarkastelusta

Kilpailijoita ja kilpailutilannetta analysoitaessa voitiin todeta kilpailutilanteen olevan Ruotsissa kovempi kuin Suomessa. Ruotsissa toimivat kauhanvalmistajat ovat kooltaan isompia ja myyvät tuotteitansa myös Suomen markkinoille. Suomalaiset kauhoja valmistavat yritykset luovat kilpailua pienestä koostaan huolimatta hallitessaan oman alueensa vakioasiakkaita. Suomalaisen pienten yritysten yhteisenä vahvuutena onkin asiakaskohtainen ja joustava palvelu.

Kilpailua tarkasteltaessa kiinnitettiin huomiota myös käyttäjäpuolen eroavaisuuksiin Suomen ja Ruotsin välillä. Suurimpana erona voitiin havaita kiinniketyyppien kysynnän olevan erilainen. Ruotsalaiset käyttäjät haluavat kauhoihinsa yleisemmin S-kiinnikkeen, kun taas suomalaiset NTP-kiinnikkeen. Toisena eroavaisuutena olivat kauhojen materiaalit ja painot. Suomalainen kysyntä vaatii kauhalta vankan näköistä rakennetta, kun Ruotsissa materiaalien oli kauhassa oltava kulutusterästä kuten Hardoxia.

## 9 YHTEENVETO

Teknisellä läpikäynnillä alkuperäisistä kauhamalleista suunniteltiin uudet kauhamallit. Uusien kauhamallien valmistuskustannukset olivat vain hiukan alkuperäisiä matalammat, mutta kauhojen kulutuskestävyys parani huomattavasti. Muutosten ohessa uusien kauhamallien paino putosi niiden kestävyydestä kuitenkin tinkimättä. Kauhamallien 3D-mallien tuoterakenne tehtiin alkuperäisistä malleista poiketen valmistuksen mukaiseksi, helposti muokattavaksi ja kopioitavaksi toisiin erikoiskoksiin malleihin.

Lujuus- ja väsymistarkasteluissa tehtiin useita havaintoja, joiden avulla kauhojen kestävyyttä voidaan parantaa. Esimerkiksi kauhojen hitsauksessa tulee huomioida tarkasteltujen kriittisten hitsausaumojen onnistuminen ja jälkikäsitteily, jotta kauhojen väsymiskestävyys olisi mahdollisimman hyvä. Kuten väsymistarkasteluosiossa todettiin, näitä kriittisiä hitsausaumoja olivat NTP10-kiinnikkeen etukorvien hitsausaumamat ja huuli- sekä kylkilevyn väliset hitsausaumamat. Tulevaisuuden kannalta voidaan huoltoon tulevista kauhoista tarkistaa, ovatko kyseiset kriittiset kohteet kestäneet käyttämällä riittävän tarkkaa NDT-tarkastusmetodia.

Valmistuskustannuslaskelmissa havaittiin, että tuotannon optimoinnilla ja kauhojen sarjatuotannolla kauhojen valmistuskustannukset saadaan laskettua matalammiksi, jonka myötä kauhoja voidaan myydä edullisemmin. Valmistuskustannuslaskelmia voidaan käyttää materiaalin kulutuksen ja työhön kuluvan ajan tairkkailuun.

Tuotannon optimointia voisi toteuttaa esimerkiksi hitsaamalla kauhoja robotilla tai varaamalla kauhojen hitsaamisen yhden hitsauspisteen, jolla hitsaisi tuotteeseen erikoistunut ammattilainen. Tuotannon optimoinnin myötä saadaan toimitusaikoja lyhemmiksi. Myös kauhojen varastoon valmistaminen parantaisi kilpailutilannetta toimitusaikojen lyhentyessä.

Opinnäytetyö on nuorelle koneinsinöörille täydellinen työ sen haastavuudeltaan ja laajuudeltaan. Hyvänä lisänä on työn herättämä mielenkiinto tekijäänsä kohtaan ja se, että työ tulee tilaajalleen todelliseen tarpeeseen. Tämän kaltainen työ ei kuitenkaan sovi jokaiselle valmistuvalle koneinsinöörille ilman maansiirtoalan työkokemusta tai ohjausta, koska suuri osa opinnäytetyössä tarvittavista tiedoista on peräisin työelämässä saadusta kokemuksesta ja työssä ohjaavilta henkilöiltä. Opinnäytetyössä tärkeimpinä oppeina tai saatuina tietoina pidin lujuus- ja väsymistarkasteluita

tehtäessä saatuja tietotaitoja ja kilpailija-analyysissä ilmenevien alan markkinoiden luonteen ja laajuuden ymmärtämistä.

Opinnäytetyön tekemisen ohessa pidin säännöllistä viikkoraporttia, jonka avulla seurasin ja valvoin omaa edistymistäni. Yhteensä opinnäytetyön tekemiseen kului noin 400 tuntia, josta noin 30 % kului mallinnukseen ja lujuuustarkasteluihin, 30 % raportointiin ja loput 40 % muihin työhön liittyviin osiin kuten tiedonhakuun, kustannuslaskelmiin, kilpailija-analyysiin ja palavereihin.

## LÄHTEET

1. Etusivu. Häggblom. Kokkola: Häggblom. Saatavissa: <http://www.haggblom.fi/>. Hakupäivä 10.2.2016.
2. Piironen, Tomi 2014. Teräsrakenteiden suunnitteluohjeita parempaan valmistettavuuteen. Onnistuneen suunnittelun periaatteita – DFMA. Savonia ammattikorkeakoulu. Tekniikka ja lii-  
kenne. Saatavissa: [http://portal.savonia.fi/pdf/julkaisutoiminta/2013-hitnet-  
suunnittelijanopas.pdf](http://portal.savonia.fi/pdf/julkaisutoiminta/2013-hitnet-suunnittelijanopas.pdf) Hakupäivä 26.4.2016.
3. Andersson attachment Ab. Hinnasto. Saatavissa: <http://www.fredda.nu/images/content/pdf/1%20Aa%20prislista%20internet.pdf> Hakupäivä 27.5.2016.
4. ISO 6015:2006. Earth-moving machinery – Hydraulic excavators and backhoe loaders Methods of determining tool forces. International standard.
5. Zaxis200. Zaxis-5G series. Hydraulic Excavator. Saatavissa: [https://hitachi-c-  
m.com/asia/pdf/products/excavator/medium/zx200-5g/KS-EN178P.pdf](https://hitachi-cm.com/asia/pdf/products/excavator/medium/zx200-5g/KS-EN178P.pdf) Hakupäivä: 19.10.2015.
6. Niemi, Erkki 2003. Levyrakenteiden suunnittelu. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.
7. Pyykkönen, Ritva 2007. Tavoitteet todeksi markkinoilla: Markkinoinnin analyysi- ja kehittämistyökalut. Jyväskylä: Jyväskylän yliopistopaino.
8. Largest companies. Yrityshaku sivusto. Saatavissa: <http://www.largestcompanies.fi/> Hakupäivä 25.2.2016.