

# DOKA-JÄRJESTELMÄMUOTIN NOSTOAPUVÄLINEEN SUUNNITTELU

Myntti Mikko

Opinnäytetyö  
Konetekniikan koulutus  
Insinööri (AMK)

2022

Konetekniikan koulutus  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Mikko Myntti	Vuosi	2022
<b>Ohjaaja(t)</b>	Ins. (AMK) Veli-Matti Pelimanni		
<b>Toimeksiantaja</b>	Doka Finland Oy Ins. (AMK) Ville Tuulensuu		
<b>Työn nimi</b>	Doka-järjestelmämuotin nostoapuvälineen suunnittelu		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	39 + 3		

---

Tässä työssä suunniteltiin nostoapuvälineen 3D-malli ja tulostettiin 3D-tulostimella sen prototyyppi. Nostoapuvälinettä käytetään lähinnä Dokan Framax Xlife Plus Thermo -muottien nostamiseen rakennustyömailla. Nostoapuvälineen vaatimuksia olivat 1500 kg:n kuormankantokyky, sen tulee olla käytettävissä yhdeltä puolelta, sen käyttö ei vaadi muutoksia muotin rakenteeseen ja sen tulee sopia muotissa valmiina oleviin nimellismitaltaan 24 mm reikiin.

Mallinnukseen käytettiin SolidWorks-ohjelmistoa. Alustavat lujuuslaskelmat tehtiin soveltuvilta osin käsin ja tarkempaa lujuustarkastelua tehtiin SolidWorksin Simulation -lisäosalla.

Tulokseksi saatiin nostoapuvälineen valmistuspiirustukset ja toimiva 3D-tulostettu prototyyppi. Valitettavasti tämän työn aikataulun puitteissa ei ehditty valmistamaan teräksistä prototyyppiä ja sen tekeminen jäi tämän työn ulkopuolelle. Tästä syystä nostoholkin toimivuudesta kuorman alla erilaisissa kuormitustilanteissa ei ole tietoa. Lopullinen 3D-tulostettu prototyyppi on hyvä pohja tuotteen jatkojalostusta ajatellen.

Avainsanat

nosturit, nostoapuväline, SolidWorks

Mechanical Engineering  
Bachelor of Engineering

---

<b>Author</b>	Mikko Myntti	Year	2022
<b>Supervisor</b>	Ville Tuulensuu B.Eng. Veli-Matti Pelimanni B.Eng.		
<b>Commissioned by</b>	Doka Finland Oy		
<b>Subject of thesis</b>	Designing Hoisting Accessory for Doka Framed Formwork		
<b>Number of pages</b>	39 + 3		

---

The purpose of this work was to design a hoisting accessory and 3D-print it as a prototype. This hoisting accessory is used mainly to hoist Doka Framax Xlife Plus Thermo framed formwork panels. The requirements for this hoisting accessory were that it must be able to handle loads up to 1500 kg, it can be handled on one side of the formwork, it does not require any changes to the panels and that it fits in the holes of the panels that are 24 mm by nominal dimension.

Modelling was done with designing software SolidWorks. Preliminary strength calculations were done by hand and more precise analysis was done with SolidWorks add-in Simulation.

The result of this work was hoisting accessory's manufacturing drawings and fully functioning 3D-printed prototype. Unfortunately, there was not time to get the prototype made of steel and this will be done outside of this project. Thus no information is available about the functionality of this hoisting accessory under load.

The final 3D-printed hoisting accessory's prototype offers a good base for further development.

Key words

cranes, hoisting accessory, SolidWorks

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	7
2 DOKA GMBH.....	8
3 LAINSÄÄDÄNTÖ JA KONETURVALLISUUSSTANDARDI .....	9
3.1 Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008.....	9
4 LUJUUSLASKENTA.....	12
5 3D-TULOSTUS.....	14
5.1 3D-tulostus prosessina .....	14
5.2 3D-tulostus prototyypin valmistuksessa .....	15
6 NOSTOAPUVÄLINEEN SUUNNITTELU .....	16
6.1 Nostoapuvälineen suunnittelu Doka Framax Xlife Plus Thermo järjestelmämuoteille.....	20
6.1.1 Lujuus ja materiaali .....	24
6.2 Lujuuslaskelmat ja FEM-analyysi.....	25
6.3 Nostoapuvälineen suunnittelu SolidWorks-ohjelmistolla .....	28
6.4 Prototyypin valmistus 3D-tulostimella .....	31
7 NOSTOAPUVÄLINEEN TESTAUS .....	33
8 POHDINTA.....	37
LÄHTEET .....	38
LIITTEET .....	40

## ALKUSANAT

Haluan kiittää Doka Finland Oy:tä ja Ville Tuulensuuta mielenkiintoisen ja käytännönläheisen opinnäytetyön aiheesta. Osoitan myös kiitokseni Lapin ammattikorkeakoulun puolesta ohjaajana toimineelle Veli-Matti Pelimannille työn ohjauksesta. Kiitokset myös perheelleni isosta tuesta opintojeni aikana.

Oulussa 20.11.2022

Mikko Myntti

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

FEM	Finite element method (elementtimenetelmä)
FDM	Fused deposition modeling (materiaalin pursotus)
SLA	Stereolithography (valokovetus altaassa)
SLS	Selective laser sintering (jauhepetisulatus)
MJF	Multi jet fusion (sideaineen suihkutaus)

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella ja valmistaa prototyyppi Doka-järjestelmämuotin nostamista varten. Muottijärjestelmä, jonka nostamiseen suunniteltava nostoapuväline tulee, on Doka Framax Xlife Plus Thermo. Doka Framax Xlife Plus Thermo -lämmitettävää muottijärjestelmää käytetään talonrakentamisessa valettaessa paikallavaluseiniä kylmissä olosuhteissa, jossa on vaarana betonin jäätyminen. Edellä mainittu järjestelmä on suunniteltu Dokaan olemassa olevaan teräsrunkoiseen järjestelmämuottiin Framax Xlife Plus. Thermo-lisäosa koostuu Framax Xlife Plus -muotista, johon on lisätty lämmityselementit ja muita lämmityksessä tarvittavia komponentteja.

Tavoitteena on suunnitella nostoapuväline ja valmistaa prototyyppi. Tällä nostosalla nostettaessa muotin alareuna etenee edellä ja näin ollen muotti voidaan asettaa tarkasti omalle paikalleen. Nosto-osa pitää pystyä kiinnittämään ja irrottamaan yhdeltä puolelta, koska normaalisti avoinna oleva muotin takapuoli on Thermo-muoteissa peitettynä lämmityselementeillä ja eristeillä. Prototyyppi tehdään 3D-tulosteena.

Työ tullaan rajaamaan koskemaan vain muovisen prototyypin valmistusta, nostoapuvälineen 3D-mallia ja työpiirustukset sisältäväksi kokonaisuudeksi. Kaikki kyseessä olevan nosto-osan suunnitteluun liittyvät asiat on pyritty miettimään siltä kannalta, että hyväksyntä nosto-osalle olisi mahdollisimman sujuvaa.

## 2 DOKA GMBH

Doka on rakennusteollisuuteen erikoistunut, valumuottikalustoa sekä siihen liittyviä tarvikkeita valmistava, vuokraava ja myyvä suuryritys. Doka tunnetaan maailmanlaajuisesti ja sillä on toimintaa 60 maassa. Yritys sai alkunsa vuonna 1958, jolloin sen perustaja, Stefan Hopferwieser aloitti liiketoiminnan Itävallassa Doka nimellä. Yritystoiminta lähti nopeasti käyntiin ja Dokan ensimmäinen ulkomainen tytäryhtiö, Deutsche Doka perustettiin vuonna 1961. Nykyään Dokan palveluksessa työskentelee noin 7300 henkilöä 160 eri sijainnissa. Yhtiön pääpaikka sijaitsee Itävallassa, Amstettenissä. Yhtiön toimitusjohtaja on vuonna 2021 aloittanut Robert Hauser. (Doka 2022.)

Suomessa toimiva, Doka GmbH:n tytäryhtiö, Doka Finland Oy sai alkunsa vuonna 1996 ja on siis toiminut Suomessa jo 25 vuotta. Yhtiön pääpaikka sijaitsee Vihdin Selkissä. Toimipaikkoja on Suomessa kaksi, pääkonttori Selkissä sekä Oulussa sijaitseva toimipiste, jonka toiminta palvelee lähinnä pohjoista Suomea. Pienempiä toimistoja on myös Lappeenrannassa, Hämeenlinnassa sekä Kuopiossa. (Doka 2022.) Liikevaihto on viime vuosina ollut noin 20 miljoonan euron luokkaa ja henkilöstömäärä 66 (Finder 2022). Kuva 1 on esitetty Dokan järjestelmämuotteja koottuna paikoilleen.



Kuva 1 Doka Framax Xlife plus Thermo -järjestelmämuotti (Doka Finland 2022)



### 3 LAINSÄÄDÄNTÖ JA KONETURVALLISUUSSTANDARDI

Tässä luvussa esitellään Euroopassa ja Suomessa käytettäviä asetuksia, direktiivejä sekä standardeja. Nämä asetukset, direktiivit ja standardit ohjaavat myös tässä työssä suunniteltavan nostoapuvälineen suunnittelua ja testausta. Koska tavoitteena on suunnitella yleiseen käyttöön tuleva nostoapuväline, on tässä työssä pyritty huomioimaan nämä edellä mainitut ohjaavat asiakirjat.

Suomalaisen koneenrakennusta määrittelee ja ohjaa Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY. Tässä direktiivissä määritellään turvallisen koneenrakennuksen puitteet, tapaturmien minimoimiseksi loppukäyttäjää ajatellen. Käytännössä CE-merkintä tarkoittaa, että tuote on valmistettu eurooppalaisen konedirektiivi 2006/42/EY mukaisesti. Konedirektiivillä halutaan myös edistää tuotteiden vapaata liikkuvuutta, ohjaamalla suunnittelua mahdollisimman yhdenmukaiseksi koneturvallisuuteen liittyen. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY, 1-6.)

#### 3.1 Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008

Koneasetus varmistaa kansallisella tasolla, että konedirektiivin vaatimukset turvallista koneenrakennusta varten täyttyvät. Tässä asetuksessa esitellään myös vaatimustenmukaisuuden arviointi. Koneasetuksessa määritellään muun muassa ohjeen sisältö, turvallisuuden varmistaminen väärinkäyttötapauksissa ja monia muita turvalliseen koneenrakentamiseen liittyviä asioita, joista oleellisia tähän työhön liittyviä esitellään alla:

##### 1. Mekaaninen lujuus

- Nostoapuvälineen on kestävä niihin kohdistuvat kuormitukset ennakoituissa toimintaolosuhteissa.
- Nostoapuväline on suunniteltava siten että kulumisesta ja väsymisestä ei aiheudu vaurioita, ottaen huomioon tarkoitettu käyttö.
- Nostoapuvälineen materiaali valitaan käyttöympäristön mukaan.

- Nostoapuväline on suunniteltava ja rakennettava kestävästi staattisten kokeiden ylikuorma, jonka kerroin tässä tapauksessa on asetuksen mukaan 1,5. (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 12.6.2008/400.) Varmuuskerroin voi olla suurempikin, jos näin päätehtään valmistajan toimesta tai jos noudatetaan jotain muuta koneen valmistukseen liittyvää standardia.

## 2. Merkinnät

- Tuotteeseen merkitään suurin sallittu työkuorma.

## 3. Ohjeet

- kokoonpano-, käyttö- ja huolto-ohjeet
- käyttörajoitukset
- käytetyn staattisen kuorman turvakerroin

## 4. Koneen tekninen tiedosto (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 12.6.2008/400)

Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta määrittelee nostinten ja nostoapuvälineiden turvalliseen käyttöön ja tarkastamiseen liittyviä asioita työturvallisuuslain mukaisissa töissä. Asetus velvoittaa työnantajan muun muassa valitsemaan työntekijöiden käyttöön kyseiseen työhön ja olosuhteisiin soveltuvan ja turvallisen työvälineen. Työnantajan on huolehdittava, että työvälineen käyttöönotossa, käytössä, kunnossapidossa ja tarkastuksessa otetaan huomioon valmistajan laatimat ohjeet. Käyttöasetus velvoittaa työnantajan huolehtimaan myös työvälineen toimintakunnon varmistamisen. Käytännössä tämä asetus varmistaa sen, että valmistajan laatimia teknisiä dokumentteja ja ohjeita noudatetaan loppukäyttäjän päässä, edelleen varmistaen alkuperäisen konedirektiivin täytäntöönpanoa. (Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 12.6.2008/403.)

Standardi SFS EN 13155:2020 tarjoaa yhden tavan täyttää konedirektiivin vaatimukset ja sen tavoitteet on harmonisoitu konedirektiivin kanssa. Tämän standar-

din ja siihen liittyvien standardien avulla voidaan suunnitella ja valmistaa kaupalliseen käyttöön tarkoitettuja irrotettavia nostoapuvälineitä. Standardin velvoitteet eivät suoraan anna oikeutta käyttää näitä nostoapuvälineitä ihmisten yläpuolella nostettaviin taakkoihin, mutta ne voivat soveltua siihen. Kyseessä on C-tyyppin standardi eli niin sanottu konekohtainen standardi. Tämän dokumentissa esitetyt vaatimukset menevät muiden A- ja B-tyyppin standardien edelle. (SFS EN 13155:2020 2022, 4.)

Standardi SFS EN 13001-3-1 tarjoaa tavan täyttää mekaniikan suunnitteluun liittyvät vaatimukset nostureissa ja teoreettiseen todentamiseen konedirektiivissä olennaisten turvallisuus- sekä terveysvaatimusten täyttämiseksi. Kyseessä on C-tyyppin standardi ja siinä esitettävät vaatimukset ovat ensisijaisia verrattuna muiden standardien vaatimusten suhteen, tämän standardin mukaan rakennetuille koneille. (SFS EN 13001-3-1 2022, 6.) Tässä standardissa esitellään tarkemmin laskentaperiaatteita hyväksytyjen nostoapuvälineiden vaatimuksista.

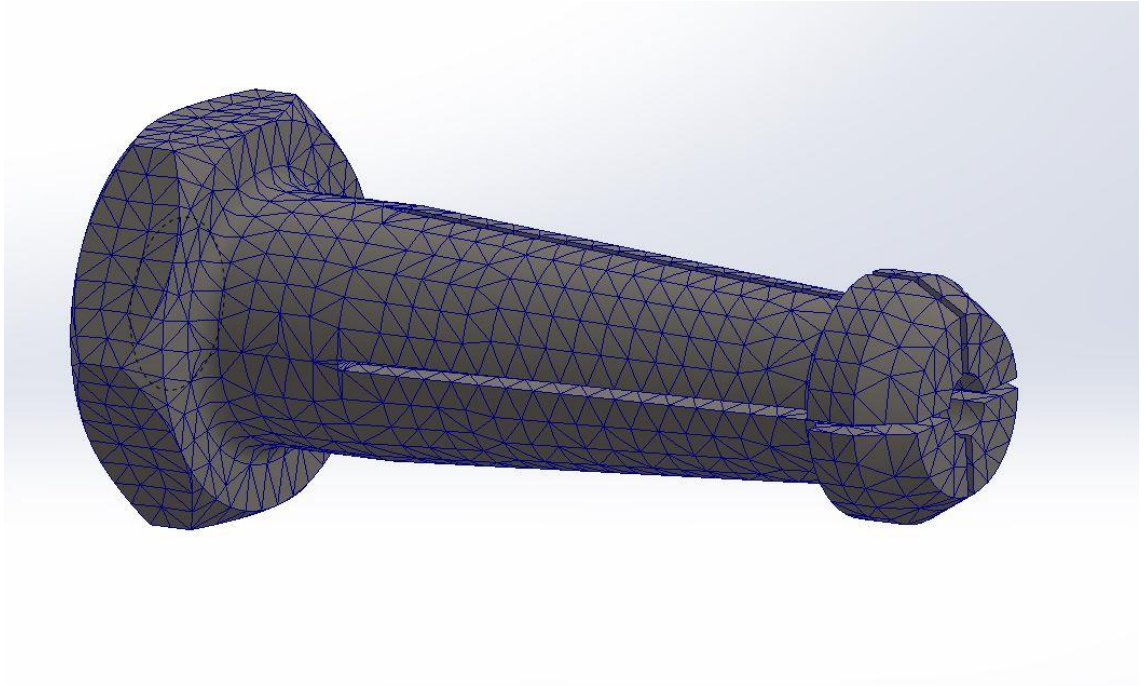
## 4 LUJUUSLASKENTA

Koneenrakennus pohjautuu vahvasti lujuuslaskentaan. Lujuuslaskenta taas perustuu lujuusoppiin. Lujuusoppi tarkastelee kiinteiden kappaleiden mekaanista käyttäytymistä kuormien vaikuttaessa niihin. Laskemalla ja miettimällä etukäteen materiaalivahvuuksia ja esimerkiksi muotoiluun liittyviä asioita, päästään kustannustehokkaaseen ja kestäväan ratkaisuun. Lujuuslaskennan avulla voidaan myös tehdä ratkaisuja, ilman tuotteen valmistamista ja kallista käytännön testiä, onko joku tuote ylipäättään mahdollista rakentaa ennalta määritellyin reunaehdoin. Lujuuslaskennan avulla voidaan määrittää tuotteelle turvallinen käyttöikä. Nostureiden osalta teoreettista lujuuslaskentaa ja sen dokumentointia ohjaa standardi SFS EN 13001-3-1. (SFS EN 13001-3-1 2018, 4.)

Irrotettavia nostoapuvälineitä käsittelevä standardi määrittelee hyväksytyyn nostoapuvälineen todentamisvelvoitteessaan, että nostoapuvälineen mekaaninen lujuus on todistettava standardissa SFS EN 13001-3-1, kohdassa 5.1.2 ja 5.2 määritetyillä tavoilla. Käytännössä tämä tarkoittaa kertoimien käyttämistä materiaalin myötölujuudelle, laskettaessa suunnittelujännitystä kimmoisalle tilalle sallitun jännityksen menetelmällä sekä myötötilalle rajatilamenetelmällä. Yleisesti mallinnusohjelmien simulointilisäosissa käytetty elementtimenetelmä ei ole hyväksytty todentamismenetelmä yllä olevan standardin mukaan. (SFS EN 13155:2020 2022, 59.)

FEM laskenta eli Finite Element Method, suomalaisittain elementtimenetelmä. Kyseinen laskentamenetelmä perustuu lujuusopin periaatteiden mukaisesti tehtyjen tutkimusten pohjalta saatuihin yleisiin teorioihin. Näiden hypoteesien perusteella voidaan suorittaa erilaisia lujuusopillisia analyysyjä, joista elementtimenetelmä on siis yksi. Elementtimenetelmässä mallinnettu kappale jaetaan ennalta määrättyihin geometrisiin kolmiulotteisiin kappaleisiin. Toisin sanoen kappale kuvataan elementtiverkolla, joka koostuu joukosta kolmiulotteisia, janamaisia tai tasomaisia elementtejä. Elementtiverkko ei välttämättä kuvaa kappaletta aina välttämättä kovin tarkasti, mutta sen tarkkuutta voidaan parantaa pienentämällä elementtien kokoa ja käyttämällä kolmiulotteisia elementtejä. (Vertex 2022.) FEM

analyysin avulla on helppo tarkastella mallinnusohjelmassa mallinnettavaan kapaleeseen tehtyjen muutosten vaikutusta mekaaniseen lujuuteen. Kuva 2 on esitetty SolidWorksin muodostama elementtiverkko FE-analyysiä varten.



Kuva 2 Elementtiverkko

## 5 3D-TULOSTUS

3D-tulostus on yleistynyt viime vuosina voimakkaasti niin kaupallisessa kuin yksityisessä käytössä. Vuoteen 2020 asti 3d-tulostusteollisuuden markkinat kasvoivat vuosittain 20 %. Vuonna 2020 kasvu oli enää 7,5 %, todennäköisesti maailmanlaajuisesta komponenttipulasta johtuen. (Blogi Savonia 2022.) Toisaalta joissain tapauksissa 3D-tulostin on ratkaisu komponenttipulaan, kun puuttuvien osien valmistuksessa on käytetty apuna 3D-tulostinta. Näin toimi esimerkiksi eräs tamperelainen valimo, jonka valumuotteina toimivat hiekkakakut tulostetaan suoraan digitaalisesta tiedostosta. (Kauppalehti 2022.)

Tyypillisiä käyttökohteita 3D-tulostukselle ovat juuri prototyyppien valmistaminen, lopputuotteet sekä koulutuksen ja tutkimuksen tarpeisiin valmistetut mallit. 3D-tulostusta käyttävät yleisimmät toimialat ovat ajoneuvoteollisuus, ilmailu- ja avaruusteollisuus ja akateemiset instituutiot. Rakennusteollisuuden parissa 3D-tulostamista hyödynnetään kasvavalla vauhdilla, tämänhetkisen markkinaosuuden jäädessä 6 prosenttiin. Kehitystyö on kuitenkin rivakkaa tällä teollisuuden alalla ja varsinkin betonin 3D-tulostaminen kiinnostaa erityisesti kehittyvissä maissa. Näissä maissa ei tyypillisesti tarvita, sääolosuhteiden vuoksi, teknisesti monimutkaisia rakenteita kuten vaikkapa Suomessa. (Blogi Savonia 2022.)

### 5.1 3D-tulostus prosessina

3D-tulostamisen eri tekniikoita on useita, joista yleisin on materiaalin pursottaminen (FDM). Muita yleisiä tekniikoita on valokovetus altaassa (SLA), jauhepetisulatus (SLS) ja sideaineen suihkutuksella toimiva 3D-tulostus (MJF). Näistä kaksi viimeksi mainittua ovat tyypillisesti käytössä yhteisöillä ja yrityksellä niiden verrattain korkean alkuinvestoinnin vuoksi. (Statista 2021.)

3D-tulostamalla voidaan valmistaa monimutkaisia rakenteita, jotka ovat geometrisesti optimoituja. Esimerkiksi Autodeskin Fusion 360 mallinnusohjelmistoon on saatavilla ominaisuus, jolla pystytään optimoimaan ripoja ja tukia niin että materiaalia kuluu mahdollisimman vähän, mutta rakenne on lujuusteknisesti kestävä. Tällaisia rakenteita olisi mahdotonta rakentaa perinteisin konepajamenetelmin

kustannustehokkaasti. Myös oppilaitoksissa annetaan koulutusta erityisesti materiaalia lisäävän valmistamisen suunnitteluun.

## 5.2 3D-tulostus prototyypin valmistuksessa

Prototyypin valmistaminen on tärkeä osa tuotekehitysprosessia. Se on eräänlainen virstanpylväs, joka herättää henkiin tarkkaan mietityn ja lasketun kappaleen tietokoneen ruudulta tai millimetripaperilta. Moni asia mikä saattaa tuntua hyvältä ja toimivalta ratkaisulta paperilla, saattaakin prototyypin valmistuksen ja testaamisen jälkeen vaatia iterointia. Juuri tämä onkin prototyypin tarkoitus.

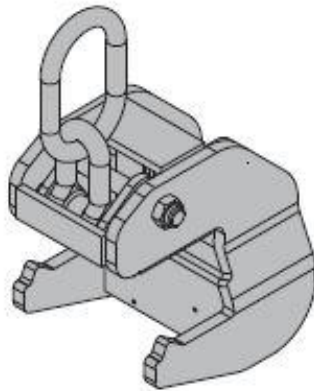
Materiaalia lisäävän teknologian (AM) avulla prototyypin valmistaminen on monessa tapauksessa helppoa ja todella kustannustehokasta. Perinteisiä konepajamenetelmiä käyttämällä kustannukset voivat olla tuhansia euroja yhden prototyypin valmistamista kohti. Jos huomataan että prototyyppi ei toiminutkaan halutulla tavalla, koko kallis prosessi joudutaan toistamaan. Uusilla AM-tekniikoilla prototyyppejä voidaan valmistaa useita eri kokoisia kerralla, riippuen tietenkin tulostustilavuudesta ja kappaleen koosta. Lopullisen tuotteen voidaan myös valmistaa 3D-tulostamalla. Valmistustekniikan kannattavuus riippuu sarjakoosta. (3Dformtech 2022.)

## 6 NOSTOAPUVÄLINEEN SUUNNITTELU

Tarve uudenlaisen nostoapuvälineen suunnittelemiseksi tuli Dokalla ajankoh-  
taiseksi heidän kehittämänsä uuden järjestelmämuotin myötä. Perinteisesti muot-  
teja oli nostettu ja siirretty muotin reunaan kiinnitettävällä muottitarraimella. Ku-  
vassa 3 on esitetty havainnekuva Framax nostotarraimesta.

### Framax nostotarrain

---



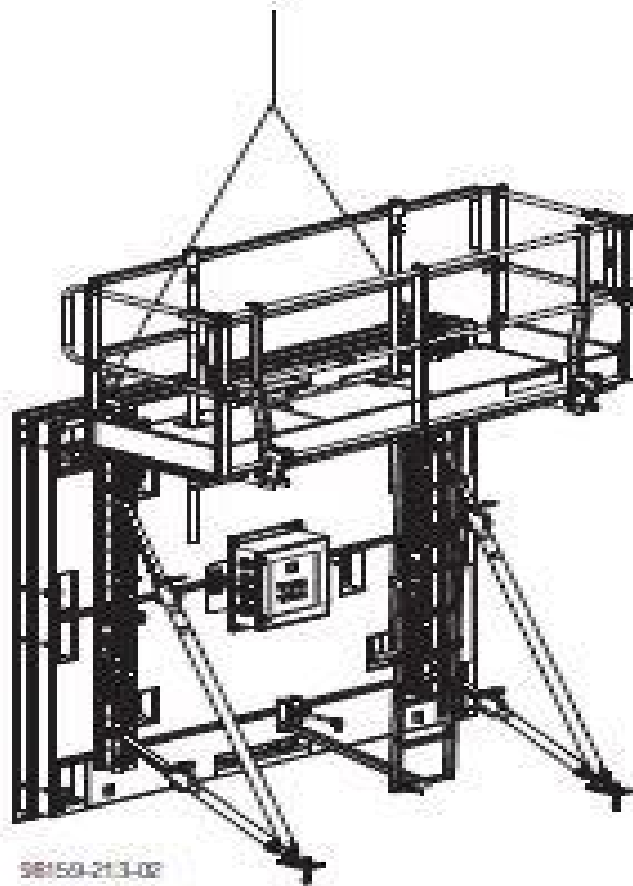
Kuva 3 Framax nostotarrain (Framax Xlife Plus 2021)

Tätä nostotarrainta ei kuitenkaan voida käyttää Thermo-muoteissa, koska se voisi vahingoittaa lämmityselementtejä. Siksi muottiryhmiin joudutaan lisäämään raskaita teräksisiä jäykistinpalkkeja, joihin asennetaan nostosilmukka. Tietyissä tapauksissa nostosilmukka joudutaan asentamaan suoraan muotissa oleviin reikiin, mikä estää niiden käyttämisen modulaarisesti. Siinä tapauksessa, että nostosilmukka asennetaan suoraan muotin rungossa oleviin reikiin, ei niitä voida työmaaolosuhteissa nopeasti irrottaa tarvittaessa.

Edellä kuvattu järjestelmän alkuperäisestä käyttötavasta poikkeava nostotapa aiheuttaa ongelmia työn sujuvuuteen ja myös lisäkustannuksia ylimääräisen työn muodossa. Ongelmana tällä hetkellä on, että nostopiste sijaitsee väärässä kohdassa muottiryhmän massakeskipisteeseen nähden. Tämä aiheuttaa muotin kal-



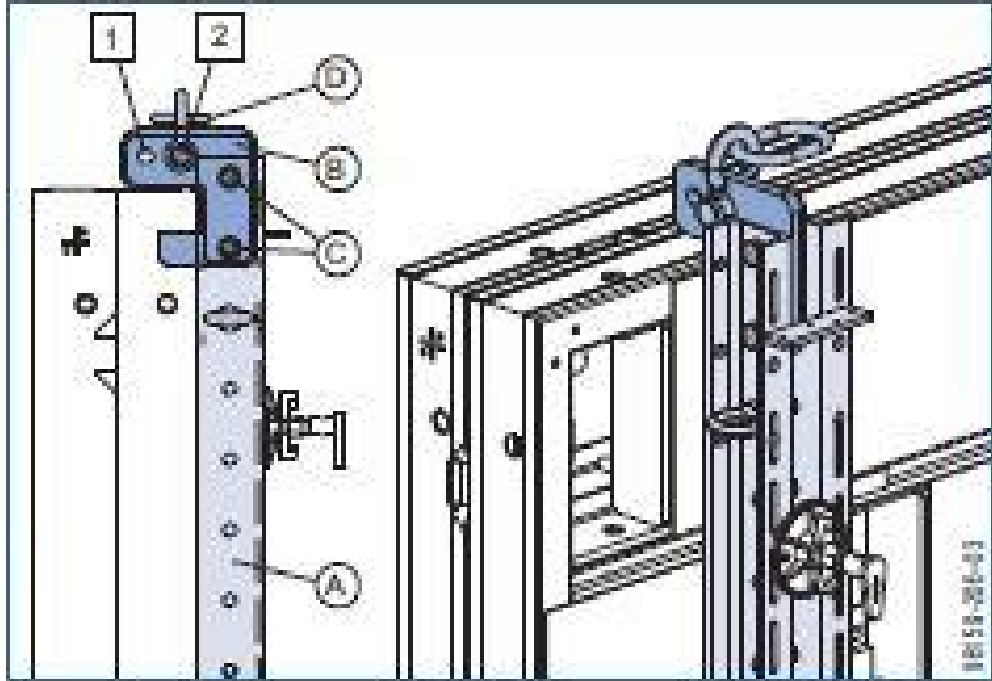
listumisen väärään kulmaan, mikä vaikeuttaa muotin asentamista oikeaan kohtaan. Lisäksi muottiryhmissä joudutaan käyttämään osia, jotka lisäävät sen painoa huomattavasti. Näitä osia joudutaan lisäämään pelkästään sen nostamista varten tarvittavan osan kiinnittämistä varten. **Virhe. Viitteen lähdettä ei löytynyt.**4 on maassa valmiiksi koottu ja pystyyn nostettu muottiryhmä, jossa on vielä nostoketjut kiinni. Tässä tapauksessa nosto tapahtuu teräksisiin jäykistinpalkkeihin kiinnitettyjen kiinnityslevyn ja nostosakkelin avulla.



Kuva 4 Valmiiksi koottu muottiryhmä (Framax Xlife Plus Thermo 2021)

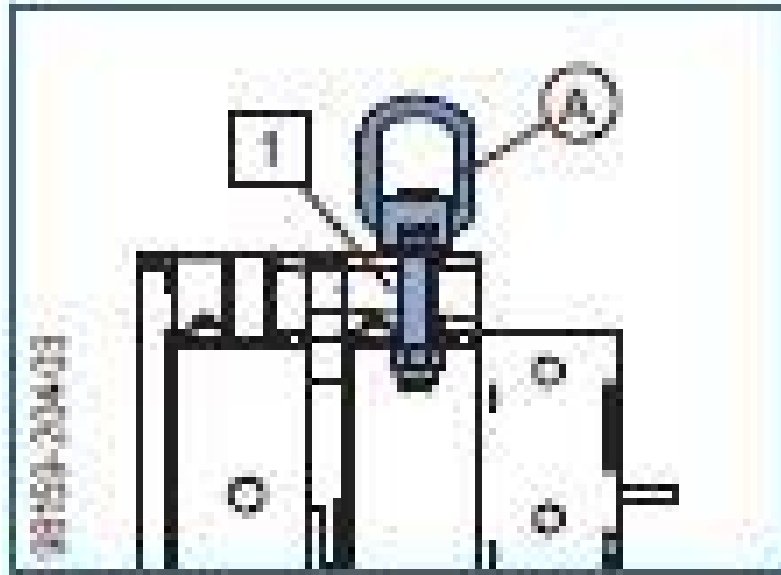
**Virhe. Viitteen lähdettä ei löytynyt.**5 on yksityiskohtainen näkymä kiinnityslevyn ja nostosakkelin kiinnityksestä teräksiseen jäykistinpalkkiin. Tällä nostoasetelmalla kiinnityspiste sijaitsee liian kaukana kootun muottiryhmän massakeskipisteestä. Tämä aiheuttaa muotin kallistumisen epäedulliseen suuntaan muotien paikoilleen asettamista ajatellen. Muottien korottaminen ei myöskään onnistu

ilman levyn irrottamista. Irrottamisesta tulee yksi ylimääräinen työvaihe mikä taas heikentää työn tehokkuutta työmaalla.



Kuva 5 Detaljikuva kiinnityslevystä ja nostosakkelista (Framax Xlife Plus Thermo 2021)

**Virhe. Viitteen lähdettä ei löytynyt.**6 on esitetty nostotapa, jota käytetään muotituskorkeuden ollessa 3400 mm. Kyseessä on ruuvattava nostolenkki M20 pultilla varustettuna. Tässäkin tapauksessa nostopiste jää muottiryhmän massakeskipisteen väärälle puolelle, muottien asettamista ajatellen. Tässä työssä suunniteltava nostoholkki tulisi kuvassa 3 olevassa leikkauksessa vasemmanpuoleiseen muottiin, jolloin muottiryhmä kulkisi alareuna edellä asennussuuntaan nähden. Tämä helpottaa muotin asentamista oikealle paikalleen.

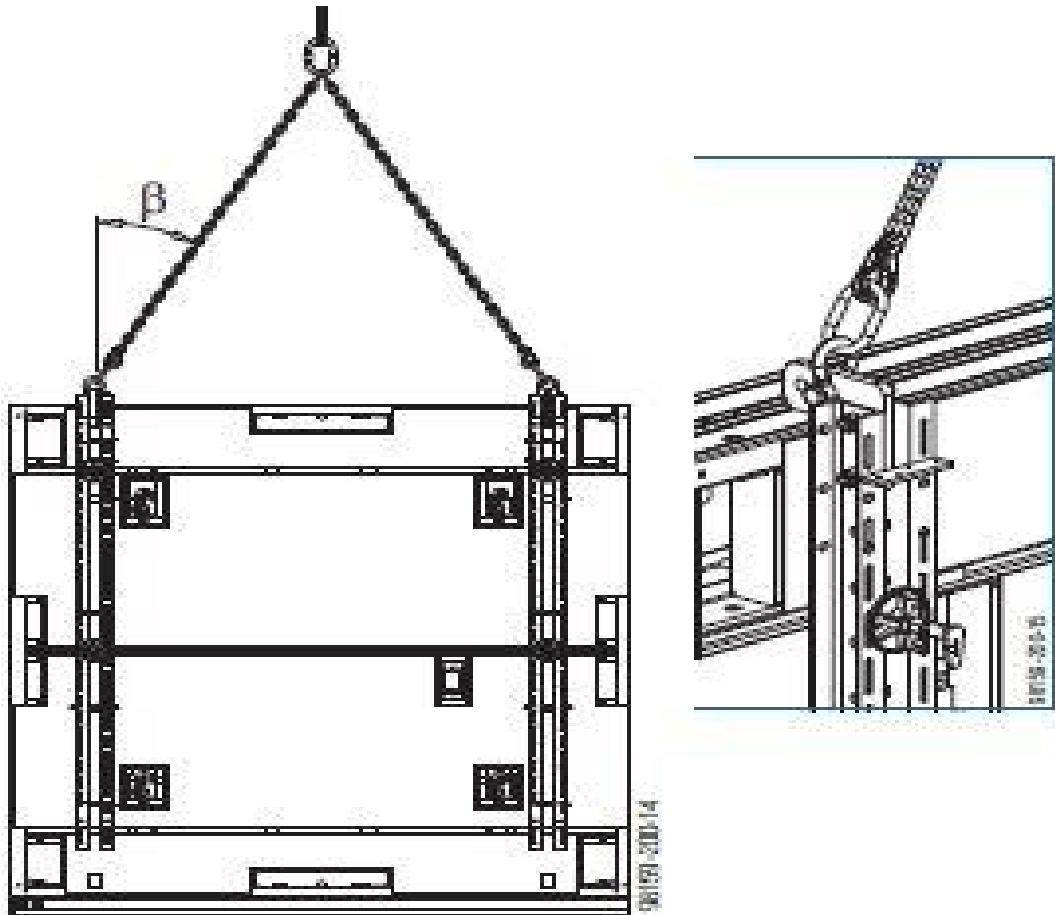


Kuva 6 Nostolenkki (Framax Xlife Plus Thermo 2021)

Tämä ei kuitenkaan ole mahdollista uudessa Thermo-muottisarjassa siinä olevien lämmityselementtien ja niiden eristeiden vuoksi. Tavallisesti käytetty nostotarrain voisi vahingoittaa mekaanisille vaurioille herkkiä lämmityselementtejä. Sen sijaan joudutaan käyttämään kiinteästi muottiin asennettavia nostolenkkejä, joita ei voi työmaalla irrottaa tarpeen vaatiessa. Kuvassa 7 on esitetty Framax Xlife thermo -muotin siirtoa nosturilla.

Vaatimuksia nostoapuvälineelle asetettiin seuraavasti:

1. Kuormankantokyky 1,5 t
2. Irrotettavissa yhdeltä puolelta
3. Ei vaadi muutoksia muotteihin
4. Nostoholkin tulee sopia muotissa valmiina oleviin reikiin



Kuva 1 Thermomuotin nosto nosturilla (Framax Xlife Plus Thermo 2021)

### 6.1 Nostoapuvälineen suunnittelu Doka Framax Xlife Plus Thermo -järjestelmämuoteille

Nostoholkille asetettujen vaatimusten perusteella nostoholkin muodoksi tuli lie-riömäinen kappale, jossa tulisi olemaan olakkeet kummassakin päässä. Osa muodon määrittelee nostopiste, joka siis on 24 mm halkaisijaltaan oleva reikä muotissa. Näitä reikiä on muotin koosta riippuen vaihtelevalla jaolla koko muotin ulkokehällä. Tarraimen pituus määräytyi muotin rungon paksuuden mukaan. Nostoholkin eli tarraimen muodoksi valikoitui eräänlainen saksitarrain. Erona varsinaiseen saksitarraimeen on, että nivelinä toimii holkkiin tehdyt halkiot. Näitä halkioita on 4 kappaletta tasaisin välein. Tarrausvoiman tuottaa tässä tapauksessa holkkiin kierrettävä pultti. Pultti on muotoiltu siten, että se alkaa vaikuttamaan holkkiin vasta kun pulttia saadaan pyöritettyä holkissa olevalle kierteelle

vapaasti 1–2 kierrosta. Tämä helpottaa pultin asennusta. Pultin edetessä holkin sisällä se vastaa holkin sisäpuolelle muotoiltuun kartioon, joka alkaa levittää halkeioita ja tarrain tarttuu muotin runkoon. Suurin voima tulee nostoholkin alapään olakkeisiin sen kannatellessa muottia. Kitkavoima kantaa kuormaa jonkin verran, mutta tätä ei ole laskennassa huomioitu. Kitkavoimia ei ole huomioitu laskennoissa, koska kyseessä ei ole kitkavoimaan perustuva nostoapuväline. Kuva 2 on esitetty nostoapuvälineen kuudes kehitysversio.



Kuva 2 Nostoapuväline pultti kiristettynä

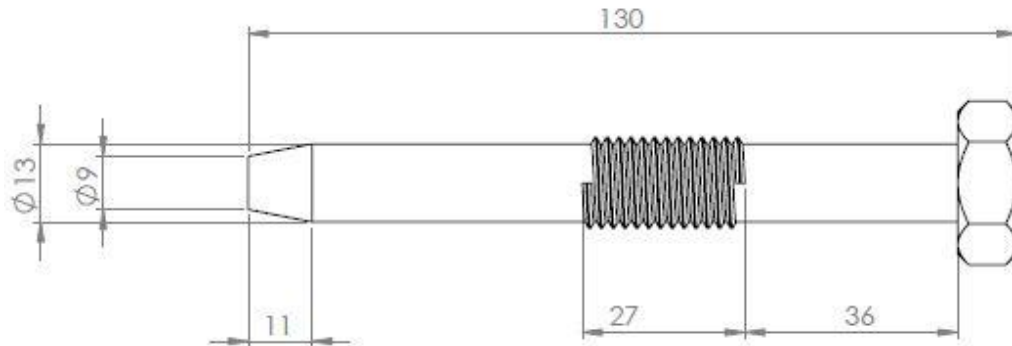
Suurimmat haasteet lujuusteknisesti ja holkin rakenteen kannalta olivat holkin seinämävahvuuden rajoituksissa. Suunniteltu nostoapuväline on kokoonpano, joka koostuu nostoholkista ja Hakliftin valmistamasta ruuvattavasta sankasilmukanostoruuvista. Toisin sanoen nostoholkin tulisi olla riittävän vahva kantamaan ne kuormat jotka vaatimuksissa oli esitetty, sen tulee mahtua 24 mm reikään ja holkin sisälle tulee mahtua sankasilmukanostoruuvin pultti. Itse sankasilmukanostoruuvin tulee tietysti myös pystyä kantamaan vaaditut kuormat. Hakliftin

valikoimasta löytyi sopivan paksuisella pultilla varustettu nostolenkki, joka kantaa vaaditut kuormat, myös 90 asteen kulmassa ruuviin nähden.

Kuva 3 on esitetty sankasilmmukkanostoruuvun kokoonpano. Edellä mainitussa kuvassa näkyvä ruuvi korvataan samat lujuusominaisuudet omaavalla ruuvilla. Tämä ruuvi sorvataan Kuva 4 esitetyn piirustuksen mittojen mukaisesti. Täydellinen valmistuspiirustus on esitetty liitteessä 3.



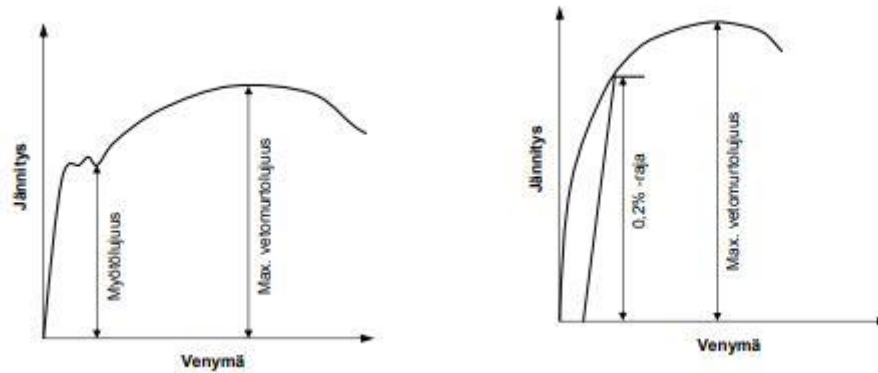
Kuva 3 Haklift sankasilmmukkanostoruuvi (Haklift 2022)



Kuva 4 Nostoapuvälinekoonpanoon sorvattava ruuvi

Ruuvi sorvataan M16 kokoisesta täyskierteisestä pultista, joka on lujuusluokaltaan 10.9. Tämä tarkoittaa sitä, että pultin nimellismurtolujuus on  $1000\text{N/mm}^2$  ja sen 0,2 %:n venymäraja on  $900\text{N/mm}^2$ . 0,2%:n venymärajaa käytetään lujilla ruuveilla lujuuden arvona myötölujuuden sijasta, koska niillä ei ole selkeää rajaa missä kohtaa myötääminen muuttuu plastiseksi. Täten niillä ei ole terävää myötörajaa jännitys-venymä käyrällä, joka muodostuu vetokokeen tuloksena. (Ferrometal 2022.)

Kuvassa 11 on vasemmalla puolella ”pehmeän” 4.6 pultin jännitys-venymäkäyrä ja oikealla puolen ”luja” 10.9 pultti. Käyrältä voidaan selvästi havaita pehmeän pultin kohdalla hyppäys jännityksen arvon kasvussa. Tässä kohdassa alkaa pultille tapahtua pysyvää eli plastista muodonmuutosta ja se muokkauslujittuu siihen asti, kunnes katkeaa ja tässä jännityksen arvossa jännitys alkaa laskemaan. Jännityksen huippuarvossa on pultin murtolujuus.(Materion 2022.)



Kuva 5 4.6 pultti verrattuna 10.9 pulttiin

Lujille pulteille käytetty  $R_{p0,2}$  eli 0,2%:n venymäraja tarkoittaa sitä jännityksen arvoa jännitys-venymäkäyrällä jolloin pultille on tapahtunut 0,2 %:n pysyvä venymä. Oikeanpuoleisessa kaaviossa nähdään selvästi kuvaajan muodosta puuttuva hyppäys jännityksen arvossa. (Materion 2022.)

#### 6.1.1 Lujuus ja materiaali

Nostoholkin muoto aiheuttaa rajoitteita materiaalivahvuuksille sen rakenteessa. Itse holkin seinämävahvuus vaihtelee 3 mm - 4,5 mm. Kyseinen seinämävahvuus sopivalla materiaalin valinnalla on riittävä vastustamaan plastista muodonmuutosta kuorman vaikuttaessa. Kuten jo aiemmin todettiin, suurin jännitys muodostuu olakkeiden läheisyyteen, koska kuorma aiheuttaa holkkiin taivutusjännitystä. Mitoittavaksi tekijäksi muodostui juuri tämä edellä mainittu kohta ja sen jännitys nostoholkissa. Materiaaliksi valitaan alustavasti teräslaatu, 51CrV4, joka on standardin SFS-EN ISO 683-2:2018 mukainen seostettu nuorrutusteräs. Nuorrutusteräs valittiin sen verrattain suuren myötölujuuden vuoksi, joka on noin 800 Mpa. Suuren myötölujuuden ansiosta kyseinen teräslaatu pystyy vastustamaan hyvin plastista muodonmuutosta. Nostoholkin halkio-osien taipuessa pultin etenemisen myötä, niihin vaikuttaa taivutusmomentti. Tämä taivutusmomentti taas aiheuttaa jännitystä halkio-osaan, toiselle puolen puristusjännitystä ja toiselle puolen vetojännitystä. Tämän taivutusmomentin aiheuttaman jännityksen tulee olla pienempi kuin valitun materiaalin myötölujuus on. Jos taivutusmomentin aiheuttama jännitys on suurempi kuin sallittu jännitys, syntyy pysyviä muodonmuutoksia kappaleeseen eikä sitä saa enää reiästä pois.



Standardissa SFS EN 13155:2020 Nosturit. Turvallisuus. Irrotettavat nostoapuvälineet, linjataan että väsymistarkastelua ei tarvitse tehdä nostoapuvälineille, joiden ennustettu kuormituskertojen määrä jää alle 16000. Tässä työssä suunnitellun nostoholkin kuormituskertojen määrä jää alle edellä mainitussa standardissa määritellyn toistomäärän ja näin ollen väsymistarkastelua ei tehdä. Kuormituskertojen määrä on arvioitu kokemusperäisesti ja arvion on tehnyt Doka Finland Oy:n myyntipäällikkö.

## 6.2 Lujuuslaskelmat ja FEM-analyysi

Vetojännitys laskettiin pituusakselin suunnassa siltä kohdalta nostoholkkia, jossa sen poikkipinta-ala on pienin. Poikkipinta-ala laskettiin mittaamalla mallista ohuimmalta kohdalta holkin ulkohalkaisija ja vähentämällä tästä reiän halkaisija samalta kohtaa. Jännitys laskettiin normaalijännityksen kaavalla:

$$\sigma = F/A \quad (1)$$

missä

$\sigma$	on	jännitys [N/mm <sup>2</sup> ]
$F$	on	voima [N]
$A$	on	poikkileikkauspinta-ala [mm <sup>2</sup> ]

Poikkileikkauspinta-ala on ohuimmalla kohdalla 218 mm<sup>2</sup> ja siihen vaikuttava maksimivoima 15kN. Jännitykseksi saadaan 69 N/mm<sup>2</sup>, joka on selvästi alle materiaalin myötölujuuden. Tarkastelu standardin: nosturit/yleissuunnittelu, mukaisesti sallittu jännitys seuraavalla kaavalla:

$$f_{Rd\delta} = \frac{f_y}{\gamma_{Rm}} \quad (2)$$

missä

$f_{Rd\delta}$	on	suunnittelujännityksen raja [n/mm <sup>2</sup> ]
$f_y$	on	materiaalin myötöraja [n/mm <sup>2</sup> ]
$\gamma_{Rm}$	on	kestävyyskerroin

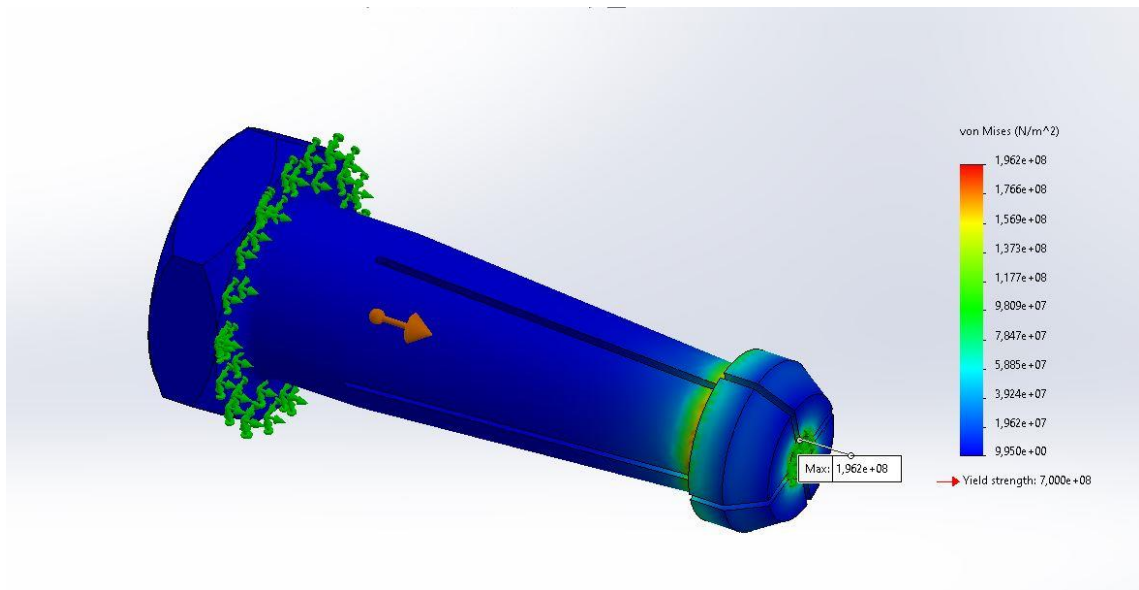
Suunnittelujännityksen raja on:

$$700 \text{ N/mm}^2 / (0,95 \cdot 1,1) = 669 \text{ N/mm}^2$$

Varmuuskerroin ohuimmalta kohdalta poikkileikkauksesta laskettuna on:

$$669 \text{ N/mm}^2 / 69 \text{ N/mm}^2 = 9,7$$

Taivutusmomentin aiheuttama suurin normaalijännitys arvioitiin kohdistuvan halkion olakkeeseen. SolidWorksin FE-analyysin mukaan suurin jännitys tulee holkin ulkopinnalle, vetojännityksen puolelle, noin  $100 \text{ N/mm}^2$  suuruisena. Paikalliset huippujännitykset paikallistuvat myös samalle olakkeen alueelle ja maksimiarvo paikalliselle huippujännitykselle on FE-analyysin perusteella  $200 \text{ N/mm}^2$ .



Kuva 6 Von mises jännitys

Kuten Kuva 6 voidaan havaita, huippujännitys kohdistuu pienelle alueelle holkissa. Mielestäni huomattavasti oleellisempi jännitys, osan rakenteellisen kestävyiden kannalta, kohdistuu holkissa olevan olakkeen pyöristykseen. Tämäkin jää kuitenkin reilusti alle materiaaliksi valitun jousiteräksen myötölujuuden. Taivutusjännityksen maksimiarvoksi olakkeen alueella saatiin FE-analyysin perusteella  $170 \text{ N/mm}^2$ . Tämän perusteella varmuuskerroin verrattuna myötölujuuteen on 3,9. Tämän tiedon perusteella arvioituna nostoholkki tulee saavuttamaan standardin SFS EN 13155:2020 Nosturit. Turvallisuus. Irrotettavat nostoapuvälineet, vaatimukset, kaksinkertaisella työkuormalla ilman muodonmuutoksia ja kolminkertaisella työkuormalla, jossa muodonmuutoksia sallitaan mutta kuorma ei saa löysätä.

Leikkausjännitys muotille saadaan leikkausjännityksen kaavasta, jossa pinta-alana käytetään kohtaavien pintojen poikkipinta-alaa:

$$\tau = F/A \quad (3)$$

missä

$\tau$	on	jännitys [N/mm <sup>2</sup> ]
$F$	on	voima [N]
$A$	on	kohtaavien pintojen poikkileikkauspinta-ala [mm <sup>2</sup> ]

Tulokseksi saatiin 129,4 N/mm<sup>2</sup>. Tulos on selvästi alle nostoholkissa käytettävän teräslaadun myötörajan. Muotin materiaalista ei valitettavasti ole tarkkaa tietoa, mutta oletettavasti se on vähintään rakenneteräksen S235 veroista, jonka myötölujuus on 235 N/mm<sup>2</sup>.

Nostoholkin lujuusteknisiä ominaisuuksia arvioitiin Solidworks mallinnusohjelman, simulation lisäosalla. Ainoastaan paikallisia huippujännityksiä ilmeni epäjatkuvuuskohtien läheisyydessä simuloitaessa kuorman vaikutusta nostoholkin rakenteeseen. Näiden paikallisten huippujännitysten todelliseen vaikutukseen tulee kuitenkin suhtautua hyvin varauksellisesti, mitä tulee niiden rakenteita vaurioittavaan vaikutukseen. FE-laskenta antaa helposti turhan konservatiivisia tuloksia rakenteissa muodostuviin jännityksiin. Edellä mainitut oletukset pätevät vain sitkeästi käyttäytyviin materiaaleihin ja koskevat vain laskentaverkolla saatuja huippujännityksiä. (Hyötyniemi 2014.)

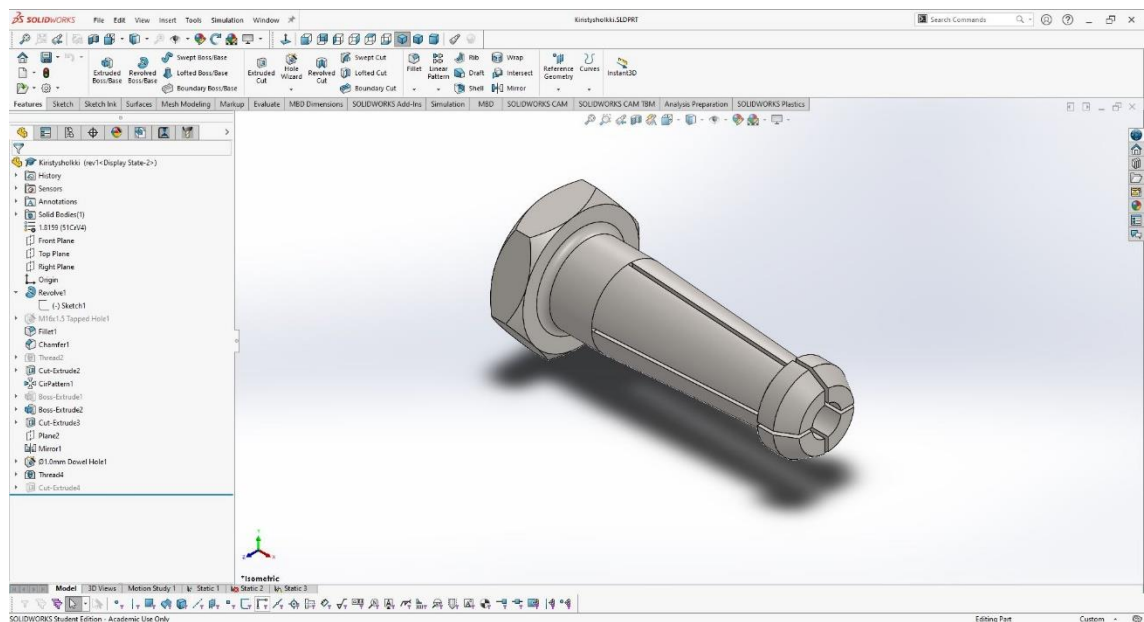
Murtovenymä kuvaa materiaalin kykyä venyä kimmoisalla alueella. Murtovenymä ilmoitetaan prosenttiyksiköinä ja se määritellään plastisen venymän suhteena alkuperäiseen. Tyypillisesti sitkeästi käyttäytyviin materiaaleihin luetaan yli 5 % murtovenymän omaavat materiaalit. (Jokioinen 2019.)

Suurin voima nostoholkiin muodostuu kuorman riippuessa vapaasti sen varassa. Voiman suunta on tällöin nostoholkin pituusakselin suunnassa. Nostoholkissa riippuva kuorma aiheuttaa taivutusmomenttia halkiossa olevaan olakkeeseen. Tämä taas aiheuttaa holkkiin jännitystä, toiselle puolen puristusjännitystä ja toiselle puolen vetojännitystä. Kuten kuvasta 12 voidaan havaita, suurimmat jännitykset muodostuvat halkion olakkeen läheisyyteen. Suurin jännitys muodostuu holkin ulkopinnalle missä siihen vaikuttaa vetojännitys. Epäjatkuvuuskohtien,

kuten olakkeet ja reiät, kohdalle mallinnettiin pyöristys tasoittamaan sen aiheuttamaa poikkeamaa voiman jakaantumisessa. Vasteet muualla holkin rakenteessa simuloinnin aikana, eivät edellytä tarkempaa tarkastelua.

### 6.3 Nostoapuvälineen suunnittelu SolidWorks-ohjelmistolla

Mallinnus aloitettiin alustavien, Doka framax xlife plus thermo -järjestelmämuotin käyttöohjeesta saatujen mittojen ja aiemmin mainittujen vaatimusten perusteella, Solidworks mallinnusohjelmistolla. Solidworks on mekaniikkasuunnitteluohjelmisto, jolla pystytään mallintamaan erilaisia kolmiulotteisia kappaleita tilavuus- ja pintamalleina. Siinä on myös monipuolisesti simulointilisäosia, joiden avulla voidaan simuloida erilaisia kuormituksia ja työstöjä, sekä niiden vasteita mallinnettussa kappaleessa. Kuvassa 13 on esitetty Solidworks-ohjelmiston käyttöliittymää.



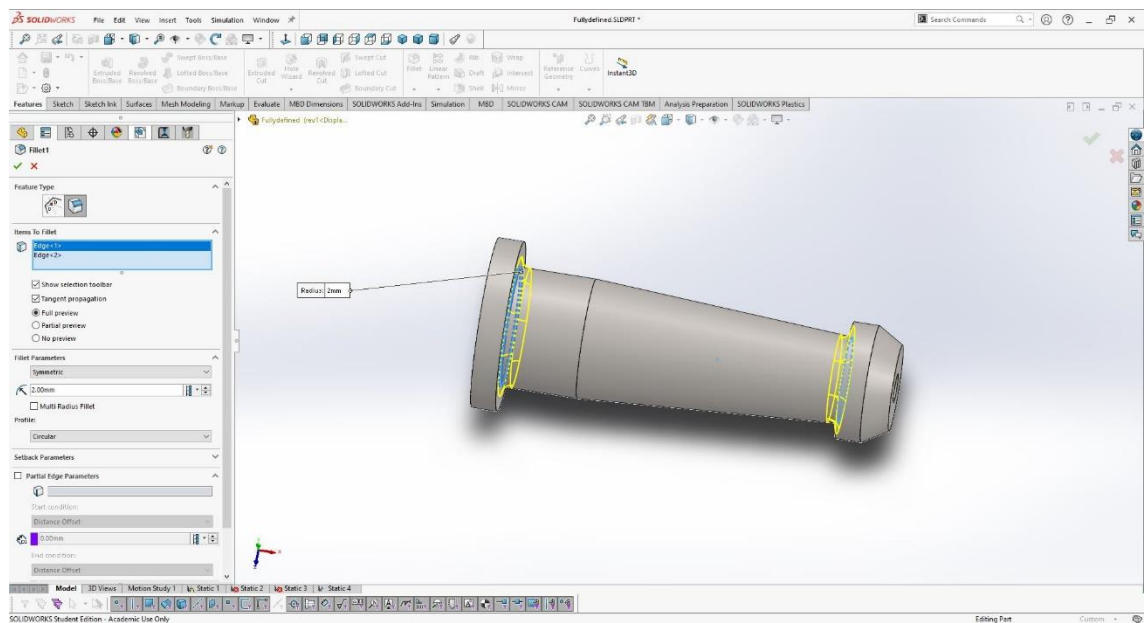
Kuva 7 Solidworks-ohjelmiston käyttöliittymä

Tämän työn kohteena oleva nostoholkki on pyörähdyssymmetrinen kappale, mikä tarkoittaa, että se on symmetrinen suhteessa pituusakseliinsa. Tästä syystä



män jälkeen pyytää osoittamaan akselin minkä ympäri solidi muodostetaan. Revolve-komennolla on luontevaa mallintaa esimerkiksi sorvattavia kappaleita ja niiden dimensioita on helppo muokata myöhemmin.

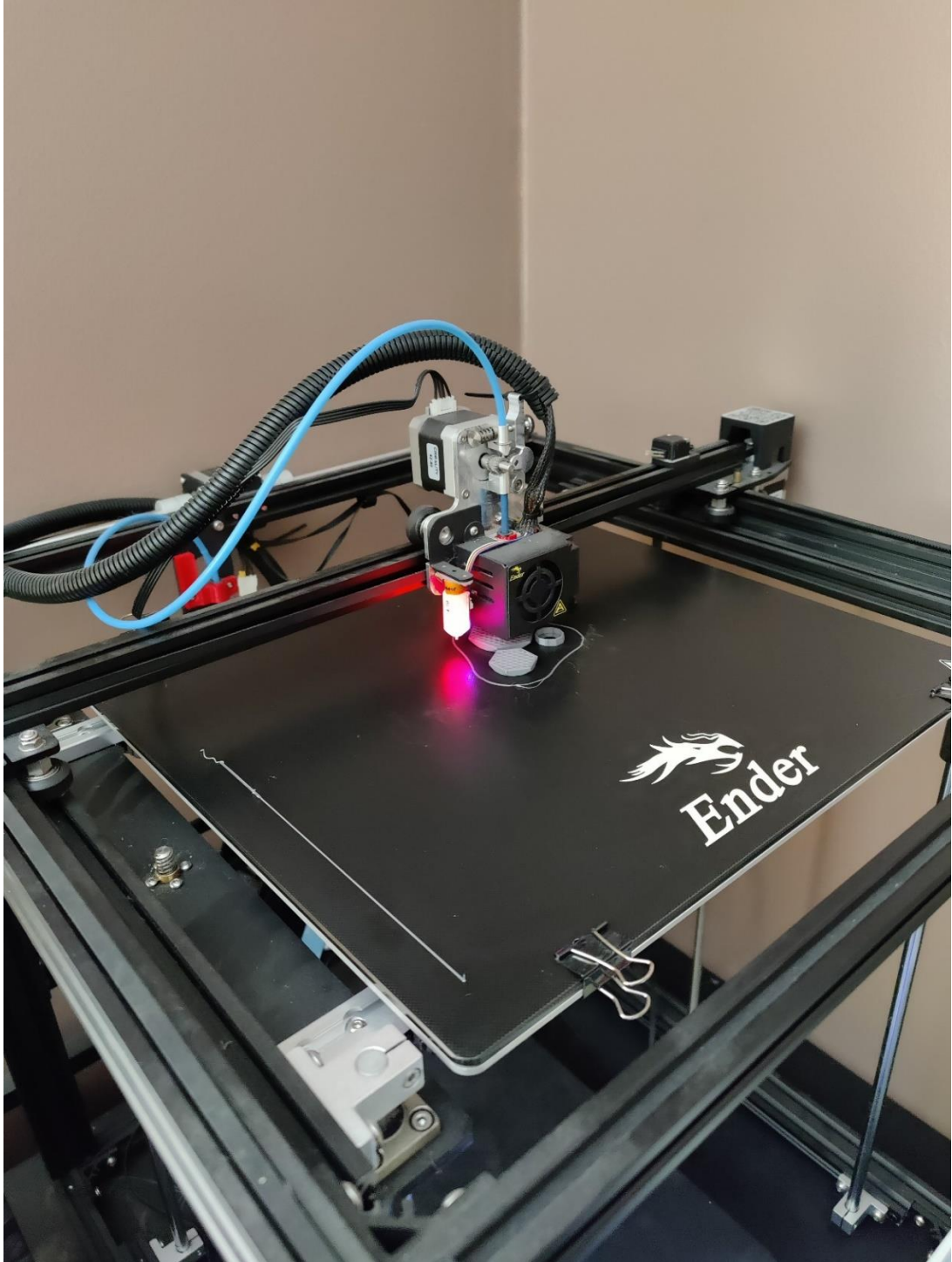
Nostoholkin kuusikulmainen, väännintä varten tarkoitettu osa mallinnettiin pursottamalla. Pursottaminen aloitettiin valitsemalla luonnoksen sijoitustasoksi aiemmin mallinnetun pyörähdyskappaleen yläpää. Tähän tasolle valittiin luonnoksen tekemisen helpottamiseksi polygoniviivan piirtotyökalu. Työkalu aktivoituna valittiin pyörähdyskappaleen keskipiste ja muodostettiin kuusikulmainen polygoni eli monikulmio. Tämän jälkeen polygonille annettiin mitta ja pursotettiin solidi. Pursotusvaiheessa voi valita, yhdistetäänkö muodostettava solidi ja aiemmin tehty solidi. Tässä tapauksessa ne yhdistettiin, koska ei ollut tarvetta muodostaa erillisiä solideja. Lopuksi lisäsin viisteitä käyttöturvallisuuden ja -mukavuuden parantamiseksi. Lopuksi vielä lisättiin FE-analyysin perusteella pyöristyksiä lujuusteknisesti kriittisiin osiin nostoholkkia. Kuva 9 on esitetty Solidworksin Fillet- eli pyöristystoiminto.



Kuva 9 Solidworksin Fillet-toiminto

#### 6.4 Prototyypin valmistus 3D-tulostimella

Mallin tulostamista varten oli käytettävissä Creality Ender 5 plus 3D-tulostin. Kyseinen laite on FDM-tyyppinen eli materiaalia pursottava tulostin. Kuva 10 kyseinen tulostin nostoholkin ja sorvattavan pultin tulostuksen alkuvaiheessa.



Kuva 10 Creality Ender 5 plus 3D tulostin

Tulostusala on tässä tulostimessa varsin suuri, mikä mahdollistaa useiden tai suurien kappaleiden tulostamisen yhdellä kertaa. Tämän kaltainen tulostin soveltuu hyvin sellaisten prototyyppien valmistukseen, jotka eivät vaadi erityisen siistiä ulkopintaa

Tulostin käyttää materiaalin pursotukseen ja tulostuspään ohjausliikkeisiin G-koodia. G-koodi on matalan tason komentokieli ja sillä on helppo ohjata tulostinta. Koska suhteellisen pitkän komentosarjan, kuten mallin 3D-tulostaminen olisi kohtuullisen työlästä, on sen helpottamiseksi tehty erilaisia viipalointiohjelmia. Viipalointiohjelmisto muodostaa mallinnusohjelmasta viedystä mallista viipalointiohjelmassa G-koodin tietylle tulostimelle. Tämä G-koodi viedään edelleen tulostimelle joko, suoraan tai epäsuorasti. 3D-tulostimen oma tiedonkäsittelyjärjestelmä muuntaa G-koodin käskyt edelleen moottoreille, joista muodostuvat tulostimen liikkeet. Tässä opinnäytetyössä on käytetty Ultimaker Cura viipalointiohjelmistoa. Ohjelmisto on ilmainen ja sen on tehnyt tulostinvalmistaja Ultimaker. Tämä viipalointiohjelmisto valikoitui käytettäväksi tässä työssä koska se on työn tekijälle en-tuudestaan hyvin tuttu ja toimiva ohjelmisto.

Mallista tehtiin useita prototyyppisiä vaiheittain. Ensimmäiset olivat lähinnä kon-septeja, siitä minkä tyyppinen nostoapuvälineestä voisi tulla. Näiden avulla oli helppo pyytää palautetta vanhemmilta kollegoilta työpaikalla. Yhteensä tulostin 6 erilaista nostoholkkia ja pulttia. Muutoksia kappaleisiin tuli lähinnä mittaepätark-kuuksista ja pienistä muodonmuutoksista johtuvista muotissa olevien reikien epä-tarkkuuksista.



## 7 NOSTOAPUVÄLINEEN TESTAUS

Nostoapuvälineen prototyypin testaus tehtiin muovisilla 3D-tulostetuilla osilla. Näillä osilla testattiin ainoastaan osan fyysistä sopivuutta ja välyksiä muotissa oleviin reikiin. Muovisen prototyypin lujuus ei riitä varsinaisen muottiryhmän nostamiseen. Muutoksia malliin tehtiin tarpeen mukaan sopivien mittojen löytämiseksi. Testausta tehtiin Doka Finlandin Oulun toimipisteen varastolla. Itse testaaminen suoritettiin sattumanvaraisesti valikoituihin, varastohallissa oleviin puhdistettuihin muotteihin. Testauksen aikana pyrittiin sovittamaan nostoholkkia mahdollisimman moneen muottiin. Tällä pyrittiin välttämään muotin rei'issä mahdollisesti olevien mittapoikkeamien vaikutusta holkin mitoitukseen. Kuvassa 17 äärioikealla on 1. versio, jossa ei ole vielä kuusiokantaa eikä holkin leukojen alaosaa vahvistettu.



Kuva 11 Nostoholkin eri versioita

Nostoholkista tehtiin useita eri versioita. Ensimmäiset näistä olivat lähinnä konsepteja, siitä minkä tyyppinen nostoholkki voisi olla. Sillä oli myös helppo esitellä

ajatusta holkin mallista työpaikalla. Kun sain vahvistuksen mallini mahdollisesta käyttökelpoisuudesta, tein mallille tarkempaa lujoustarkastelua SolidWorksin FE-analyysityökalulla. Tämän perusteella todettiin, etteivät leuat eli holkin alaosa tulisi välttämättä olemaan standardin mukainen lujuteen liittyvien varmuuslukujen osalta.

Seuraavassa kehitysversiossa 2. oikealta näkyikin vahvistettu leukaosa. Tähän leukaosaan kohdistuu suurin jännitys muottia nostettaessa. Tarkemmin sanottuna suurin jännitys kohdistuu olakkeen pyöritykseen. Tämän kehitysversion muotoilu antaa jo noin nelinkertaisen varmuuden verrattuna materiaalin myötölujuuteen.

3. kehitysversion muutokset, jotka näkyvät kuvassa 17 numerolla 3, liittyvät lähinnä kuusiokannan lisäämiseen. Kuusiokannan avulla holkkia estetään pyörimästä pulttia pyöritettäessä.

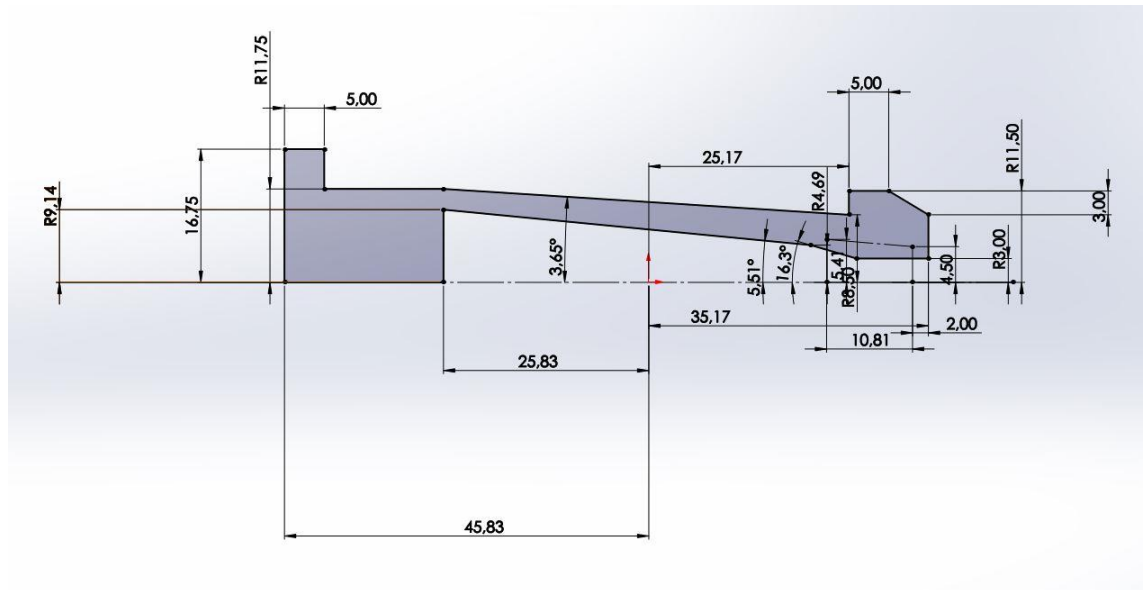
Loput kaksi kuvassa 17 näkyvistä numeroilla 5 ja 4 merkityistä holkeista ovat lähinnä sen ulkomittoihin liittyvää oikean mitoituksen hakemista. Mittoihin tehtiin muutoksia testauksen perusteella. Holkin ulkomittoihin, jotka koskevat muotin runkoa tehtiin pieniä muutoksia sen mukaan kuinka väljä tai tiukka se oli muotin reikään. Lopulta kyse oli 0,5 mm askelista sopivan halkaisijan löytämiseksi muotin reikään. Kuva 12 näkyvät holkin viimeiset versiot.



Kuva 12 3 viimeisintä versiota

Näiden kehitysversioiden muutokset liittyvät holkin sisähalkaisijan muutoksiin. Näillä muutoksilla haluttiin parantaa holkin sovitusta reikänsä, silloin kun pultti on kierretty kiinni ja tarrain tarttuu kiinni muottiin. Kuvassa äärioikealla oleva holkki oli lopulta sovituksestaan paras. Tästä versiosta on myös valmistuspiirustus liitteessä 2.

Kuva 13 on holkin luonnos, jota muuttamalla etsittiin sopivaa holkin mitoitus. Viimeset muutokset tehtiin kuvassa holkin oikeassa päässä näkyvän luonnoksen alaosaan eli holkin sisähalkaisijaan. Tällä muotoilulla pultti siirtää leukoja riittävästi ulospäin ja tarrain tarttuu muotin runkoon riittävällä voimalla.



Kuva 13 Sketch eli luonnos

Nostoholkin testauksen jälkeen voidaan todeta lopullisen kehitysversion 6 olevan mitoiltaan sellainen, joka sopii hyvin mitoiltaan testausolosuhteissa muotin reikiin. Nostoholkki pääsee liikkumaan jonkin verran muotin reiässä. Nostoholkkiin on tarkoituksella jätetty jonkin verran välystä. Tällä on pyritty huomioimaan työma-olosuhteissa reikiin mahdollisesti joutuvan lian ja lumen nostoholkin käyttöä haittaava vaikutus. Tarrain ei saa myöskään puristaa liiallisella voimalla. Tällä pyritään ehkäisemään muodonmuutokset muottiin tai tarraimen.

## 8 POHDINTA

Tässä työssä oli tavoitteena kehittää nostoapuväline Dokan Framax Xlife Plus Thermo -muotin nostamista varten. Tavoitteena oli kehittää nostoapuväline, joka olisi helppo irrottaa yhdeltä puolen, kantaa riittävästi kuormaa ja ei aiheuta muutoksia muotin rakenteeseen. Suurimmat haasteet liittyivät materiaali- ja lujuusteknisiin asioihin. Koska tähän nostoapuvälineeseen liittyy lisäksi valmiina ostettava osa eli sankasilmukkanostoruuvi, nostoholkin seinämävahvuus oli varsin rajallinen. Toisaalta muotissa valmiina olevat reiät, joista nosto tapahtuu, rajoittivat nostoholkin ulkohalkaisijan mittoja. Vaikka tässä työssä ei valmistettukaan eikä testattu nostoholkin teräksistä prototyyppiä on tämä malli suunniteltu siten että se kestää tässä työssä ja piirustuksissa mainitulla teräslaadulla. Lopulta löytyi malli, joka kestää laskennallisesti nostureihin liittyvien määräysten mukaisilla varmuuslukuilla. Tämä työ antaa hyvän pohjan teräksisen nostoholkin prototyypin valmistukselle ja edelleen sen ottamisesta kaupalliseen käyttöön hyväksyttynä nostoapuvälineenä.

Tämä työ on vahvistanut tekijän osaamista teknisen suunnittelun osa-alueella. Myös materiaalitekniikkaan liittyviä asioita joutui pohtimaan monelta kantilta. Suurelta osin työn tekeminen oli vanhan kertausta insinööriopintojen kurssitarjonnasta. Uusia itseopiskeltavia asioita olivat lähinnä FE-analyysiin liittyvät syventävät asiat. Mielelläni olisin myös tämän työn parissa kuullut konepajan mielihiteen nostoholkin koneistettavuudesta ja mallin toimivuudesta siinä valossa. Aikataulusyistä johtuen metallisen prototyypin valmistaminen jää tulevaisuuteen.

## LÄHTEET

3DFormTech 2022. 3D-tulostetut prototyypit tekevät tuotekehityksestä nopeampaa ja edullisempaa. Viitattu 16.4.2022 <https://3dformtech.fi/3d-tulostetut-prototyypit-tekevät-tuotekehityksestä-nopeampaa-ja-edullisempaa/>

Blogi Savonia 2022. 3D-Tulostuksen tilannekatsaus – Wohlers report 2021. Viitattu 14.5.2022 <https://blogi.savonia.fi/3dtulostus/2021/04/30/3d-tulostuksen-tilannekatsaus-wohlers-2021/>

Doka 2022. Tietoa Dokasta. Viitattu 15.4.2022 <https://www.doka.com/fi/about/tietoa-dokasta>

Doka Finland 2022. Tietoa Dokasta. Viitattu 15.4.2022 <https://www.doka.com/fi/index>

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY.

Ferrometal 2022. Stadardit ja niiden vertailu. Viitattu 14.5.2022 [https://www.ferrometal.fi/media/downloads/catalogues/tekn\\_fin.pdf](https://www.ferrometal.fi/media/downloads/catalogues/tekn_fin.pdf)

Finder 2022. Doka Finland Oy. Viitattu 15.4.2022 <https://www.finder.fi/Rakennuskoneet/Doka+Finland+Oy/Selki/yhteystiedot/130397>

Doka 2021. Järjestelmämuotti Framax Xlife Plus, Asennus- ja käyttöohje

Doka 2021. Järjestelmämuotti Framax Xlife Plus Thermo, Asennus- ja käyttöohje

Hyötyniemi, A. 2014. Lujari blogspot. Viitattu 17.4.2022 <http://lujari.blogspot.com/2014/11/sallitut-jannitykset-staattisessa.html>

Jokioinen, V. 2019. Aalto open learning. Viitattu 17.4.2022 [https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/1116571/mod\\_resource/content/2/3%20Mekaaniset%20ominaisuudet%20v2.pdf](https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/1116571/mod_resource/content/2/3%20Mekaaniset%20ominaisuudet%20v2.pdf)

Materion 2022. Yield Strength and Other Near-Elastic Properties. Viitattu 14.5.2022 <https://materion.com/-/media/files/alloy/newsletters/technical-tidbits/issue-no-47---yield-strength-and-other-near-elastic-properties.pdf>

SFS EN 13001-3-1. 2018. Nosturit. Yleissuunnittelu. Helsinki:SFS

SFS EN 13155:2020. 2021. Nosturit. Turvallisuus. Irrotettavat nostoapuvälineet. Helsinki:SFS

Statista 2021. Which 3D printing technologies do you use? Viitattu 16.4.2022 <https://www.statista.com/statistics/560304/worldwide-survey-3d-printing-top-technologies/>

Vertex 2022. FEA-laskennan teoriaa. Viitattu 15.4.2022 <https://kb.vertex.fi/g42018fi/vertex-fea-kaeyttoehjeet/perustietoa-lujuuslaskennasta/fea-laskennan-teoriaa>

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 12.6.2008/400.

Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 12.6.2008/403.

## LIITTEET

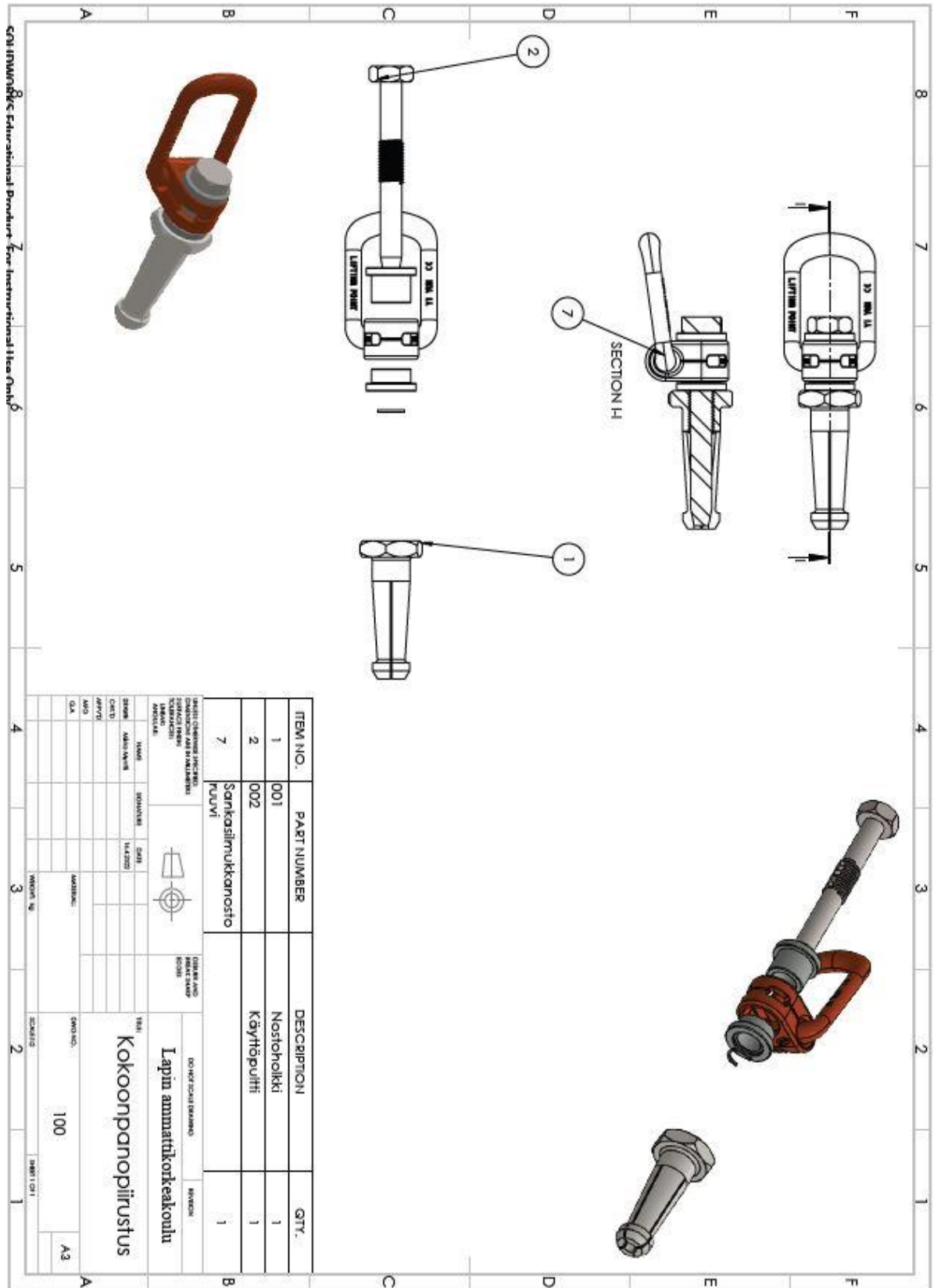
Liite 1. Kokoonpanopiirustus

Liite 2. Nostoholkin valmistuspiirustus

Liite 3. Käyttöpultin valmistuspiirustus



Liite 1. Kokoonpanopiirustus



Copyright © 2010 by Lapin ammattikorkeakoulu. All rights reserved.

Liite 2. Nostoholkin valmistuspiirustus

