

Tommi Kögäs

**NOSTOAPUVÄLINEEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS VETOKONEEN
LEUKOJEN VAIHTOON**

**NOSTOAPUVÄLINEEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS VETOKONEEN
LEUKOJEN VAIHTOON**

Tommi Köngäs
Opinnäytetyö
Kevät 2022
Konetekniikka
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma, tuotantotekniikka

Tekijä: Tommi Köngäs

Opinnäytetyön nimi: Nostoapuvälineen suunnittelu ja toteutus.

Opinnäytetyön englanninkielinen nimi: Designing and manufacturing lifting device.

Työn ohjaaja: Vesa Rahkolin

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2022

Sivumäärä: 39 sivua + 0 liitettä

Työssä suunniteltiin ja toteutettiin nostoapuväline työn tilaajalle. Työn tilaajana oli FMT-tutkimusryhmä, joka toimii Oulun yliopiston materiaalitekniikan tiloissa. Nostoapuvälinettä käytetään vetokoneen leukojen vaihtoon helpottamaan työn toteutusta ja lisäämään turvallisuutta vaihdon aikana. Vetokoneen leukojen paino on liian suuri turvalliseen käsin nostamiseen.

Työn tavoitteena oli ideoida, suunnitella ja toteuttaa nostoapuväline, jotta nosto saadaan suoritettua turvalisesti. Suunnittelutyökaluna käytettiin Solidworks-ohjelmaa, jolla tehtiin 3D-mallit ja työpiirustukset. Toteutussuunnitelma tehtiin tilaajan kanssa harkiten eri vaihtoehtojen välillä kustannusten ja työmäärän mukaan.

Työssä sovellettiin opinnäytetyön tekijän aikaisempaa kokemusta, alan kirjallisuutta sekä jo olemassa olevia nostoratkaisuja. Suunnitteluvaiheessa tutkittiin erilaisia tapoja toteuttaa keskiraskaita nostoja, joita ei turvalisesti enää voi käsin nostaa. Valmiista nostoapuvälineistä löytyi moottorinostin, josta alettiin muokata työhön sopivaa. Työ noudatti lineaarista tuotteen elinkaarimallia.

Valmistuksessa päätettiin käyttää valmista nostinrunkoa, josta muokattiin käyttökohteeseen sopiva. Valmiin rungon vahvuuksia olivat edullinen hinta, riittävä rakenteellinen kuorman kesto. Lisäksi valmiin rungon pohjan malli oli sopiva nostotilaan. Nostotilaa oli käytössä vähän, koska koneen ympärillä oli tutkimuslaitteistoa. Nostimeen tarvitsi tehdä vain pieniä muutoksia nostopuomiin ja jalkojen pituuteen. Nostopuomi muutettiin nostokappaleelle sopivaksi ja jalat lyhennettiin. Jalkojen päälle sijoitettiin vastapaino.

Nostin helpotti leukojen vaihtoa ja alitti tilaajan budjetin. Kehitysideana nostimeen voisi suunnitella erilaisen nostotavan leualle. Tilaaja sai tuotteen käyttöönsä sekä oikeudet muokata nostinta niin halutessaan.

Asiasanat: nostoapuväline, tuotekehitys, suunnittelutyö

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Mechanical engineering, industrial engineering

Author: Tommi Kōngäs
Title of thesis: Designing and manufacturing lifting device
Supervisor: Vesa Rahkolin
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2022
Number of pages: 39 pages + 0 attachments

In this thesis work the goal was to design and manufacture a lifting device. The work was done to a group of scientists who work at university of Oulu. The group is called FMT (Future Manufacturing Technologies). The lifting device is going to be used to lift a tension braker machines attachment jaw. Jaw weights 70 kilograms and it's too heavy to lift safely by hand.

Main objective of this thesis is to collect ideas, design and manufacture a lifting device prototype which makes the lift safer. Design program used in this project is Solidworks 3D-design program. Manufacturing plans were done with the subscriber of this project.

In this work there was previous skills to be applied, literacy about product development, and existing lifting solutions to guide this project. Previous experience of manufacturing work and welding made prototype manufacturing easier. Literacy about product development guided designing and gave a perspective of linear product lifecycle.

In manufacturing phase, it was decided to use an existing lifting device as a frame. Existing device was cheap, it had great load bearing properties and it suited well for this lift with very few adjustments. The needed adjustments were new lifting rod and shorter legs to make the base narrower. Completely new lifting rod was made, and the legs was cut shorter. Counterbalance plates were placed on top of the legs.

This lifting device made the lift safer and easier to do. This prototype undercut the budget that the subscriber had. Subscriber has the prototype and the rights to make changes to it

Keywords: lifting device, product development, designing

ALKULAUSE

Opinnäytetyön aihe saatiin FMT-tutkimusryhmältä ja työn suunnittelu ja toteutus sujui ongelmitta. Työn kuluessa tukea sai FMT-tutkimusryhmältä monipuolisesti. Työ oli mielenkiintoinen prosessi, josta sai uutta oppia ja kerrata vanhaa osaamista.

Haluan myös kiittää Oulun ammattikorkeakoulun opettajia Tuija Juntusta ja Vesa Rahkolinia, jotka ovat ohjanneet työtä ja auttaneet työpanoksellaan. Oulussa 23.2.2022 Tommi Köngäs

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
1.1	Työn tausta ja tavoitteet	8
1.2	FMT-tutkimusryhmä	8
2	VETOMURTOKONE MATERIAALITESTAUKSESSA	10
2.1	Vetokoe	10
2.2	Koekappaleet	11
3	TUOTEKEHITYSPROSESSI	13
4	NOSTIMEN SUUNNITTELU	15
4.1	Suunnittelun aloitus	15
4.2	Konseptisuunnittelu	16
4.3	Aivoriihi	18
4.4	Yksityiskohtaisen suunnittelun aloitus	21
4.5	Muuta huomioitavaa	25
5	VALMIS SUUNNITELMA	26
5.1	Muutokset	27
5.2	Materiaalit	29
5.3	Vastapaino	29
6	TYÖN TOTEUTUSSUUNNITELMA JA TOTEUTUS	31
6.1	Toteutussuunnitelma	31
6.2	Työn toteutus	31
6.3	Kehitysideoita	35
7	YHTEENVETO	36
	LÄHTEET	38

SANASTO

DFA	Desing for Assembly, kokoonpanon näkökulmasta optimoitu suunnittelu
DFM	Desing for Manufaturing, valmistuksen näkökannalta optimoitu suunnittelu
DFMA	Design for Manufacturing and Assembly, malli, jossa yhdistetään molempien mallien ajattelua mahdollisimman monen näkökulman yhdistämiseksi
FMT	Future Manufacturing Technologies eli tulevaisuuden tuotantoteknologiat
MAG	Metal-arc Active Gas Welding, hitsausmenetelmä, jossa suojakaasu reagoi hitsisulassa (1)
MIG	Metal-arc Inert Gas welding, hitsausmenetelmä, jossa suojakaasu ei reagoi hitsisulassa (1)
momentti	vääntövoiman suuruus (2)
Solidworks	työssä käytetty suunnitteluohjelma

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta ja tavoitteet

Tämä opinnäytetyö tehdään helpottamaan materiaalitekniikan tutkijoiden työskentelyä Oulun yliopiston tiloissa. Tutkijoiden käytössä on vetokone, jonka leukojen vaihto on tällä hetkellä työlästä ja riskialtista leukojen painon ja hankalan nostopaikan vuoksi. Vetokoneessa on yhteensä kaksi leukaa, joilla vetokoesauvat murretaan. Yhden leuan paino on noin 70 kg, ja nostotilan ympärillä on tutkimuslaitteistoa, jota täytyy varoa noston aikana.

Opinnäytetyön aiheena on suunnitella kompakti nostoratkaisu, joka täyttää tilaajan asettamat vaatimukset ja jolla leukojen vaihto saadaan toteutettua aikaisempaa helpommin ja turvallisemmin. Työ suunnitellaan Solidworks-ohjelmalla. Suunnittelu tehdään tilaajan ohjeilla ja toteutettava malli päätetään yhdessä.

Työssä on perehdytty kyseessä olevaan vetokoneeseen ja tuotekehityksen teoriaan sekä on tutkittu erilaisia nostinvaihtoehtoja. Nostimen valmistuksen kannalta on tutkittu erilaiset mahdolliset valmistustavat, ja työssä on valittu tilanteeseen parhaiten sopiva valmistustapa.

Pohjaa suunnittelutyöhön on saatu työn toteuttajan aikaisemmasta kokemuksesta erilaisten teollisuuden nostinten käyttämisestä ja menneiden valmistustekniikan opintojen kautta. Vaikka tuotantotekniikan opintoihin ei sisälly kovin paljon suunnitteluopintoja, on esimerkiksi 3D-suunnittelua harjoiteltu jonkin verran konetekniikan yleisissä opinnoissa. Työn toteutus hoidetaan osana opinnäytetyöprojektia, ja valitut työmenetelmät sekä -tavat esitellään työn lopussa.

1.2 FMT-tutkimusryhmä

FMT- (Future Manufacturing Technologies) eli Tulevaisuuden tuotantoteknologiat -tutkimusryhmä on monialainen tutkimusryhmä, joka toimii osana Oulun yliopiston Kerttu Saalasti Instituuttia. Ryhmän pääpainoalue on metallisten, etenkin teräksisten materiaalien hyvien ominaisuuksien siirtämisestä lopputuotteeseen kustannustehokkaasti. Tutkimusryhmän toiminta perustuu useimpien val-

mistusteknologioiden ja materiaalien hyödyntämiseen kevyitä ja kestäviä rakenteita suunnitella ja valmistaa. Tutkimusalueet kattavat erikoisterästen tehokkaan hyödyntämisen kustannustehokkaasti. (3.)

FMT-tutkimusryhmä on ollut toiminnassa vuodesta 2004 asti. Vuodesta 2004 lähtien työryhmä on toteuttanut yli 30 julkisrahoitteista hanketta. Hanketoiminnalla tuotetaan uutta tieteellistä tutkimusta tuotantoteknologioista yritysten hyödynnettäväksi. (3.)

Ryhmän päätoimipaikka on Nivalassa, ja osa ryhmään kuuluvista tutkijoista työskentelee Oulun yliopiston kampuksella teknillisen tiedekunnan tiloissa. Yhteistyötä tehdään tiiviisti materiaali- ja tuotantotekniikan tutkijoiden kanssa. FMT-tutkimusryhmä on osa Oulun yliopistossa toimivaa Terästutkimuskeskusta CASR (Center of Advanced Steel Research). (3.)

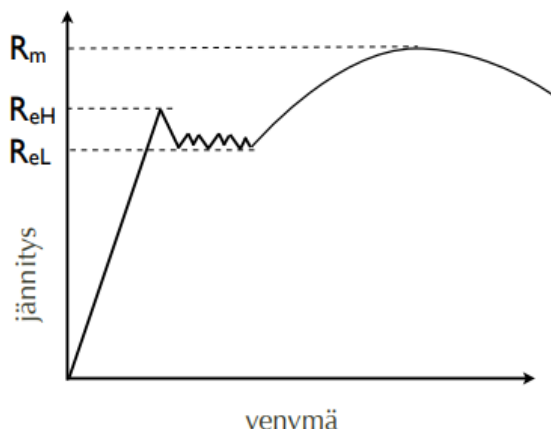
FMT-ryhmä on aktiivinen tieteellinen julkaisija. Ryhmän tutkijat ovat tehneet yli 100 akateemista artikkelia viimeisen 13 vuoden aikana. (3.)

2 VETOMURTOKONE MATERIAALITESTAUKSESSA

Työssä ei ole tarkoitus perehtyä syvällisesti vetokokeeseen, joten vetokoneen ja vetokokeiden esittely pidetään suppeana. Vetokoneen ja vedettävien esimerkkikoesauvojen esittely tehdään lisänä tähän työhön, jotta lukija saa käsityksen nostettavasta leuasta ja kyseessä oleva koneesta.

2.1 Vetokoe

Vetomurtokonetta käytetään materiaalien ominaisuuksien tutkimiseen. Koneeseen asetetaan yksi tai useampi koesauvaa vetoleukojen väliin, ja kone alkaa lisätä vetovoimaa koesauvan pituusakselin suuntaisesti samalla piirtäen voimakäyrää ohjelmistoon, kuten kuvasta 1 nähdään. Sauvan venyessä nähdään erilaisia materiaalin ominaisuuksia. Vetokokeilla voidaan määrittää myös eroja esimerkiksi saman materiaalin eri valmistuserissä. Jos valmistuserissä on eroa, sauvat katkeavat eri voimalla kuin yleisesti saman materiaalin sauvat. Kuvassa 1 esiintyvät lyhenteet R_m , R_e , R_{eH} ja R_{eL} kuvaavat myötö- ja murtorajoja seuraavasti: R_m -lyhenne kuvaa murtorajaa ja on suurin voima, jonka sauva kestää murtumatta. Myötöraja R_e -lyhenne on kuvaajassa aaltoileva venymävaihe, eli myötörajan ylin ja alin arvo. R_{eH} -lyhenne kuvaa ylempää myötörajaa ja on nimensä mukaisesti myötörajan ylin arvo. R_{eL} lyhenne kuvaa alempaa myötörajaa). Suomessa ilmoitetaan materiaalin alempi myötöraja. Myötöraja tarkoittaa kuormitusta, jonka materiaali kestää ilman pysyvää muodonmuutosta. (4, s. 30).



KUVA 1. Esimerkki jännitys-venymäkuvaajasta (4, s. 30)

2.2 Koekappaleet

Koetulokset ovat jossain määrin riippuvaisia kokeen suorittamistavasta. Sauvan muoto, koko ja vetonopeus vaikuttavat koetulokseen, minkä takia koe on standardoitu vertailukelpoisten tuloksien saavuttamiseksi (4, s. 32). Yleensä sauva vedetään poikki, jotta saadaan mahdollisimman monta ominaisuutta testattua samalla kertaa yhdestä sauvasta. Kuvassa 2 nähdään standardin mukaisia koesauvoja.



KUVA 2. Standardin mukaiset vetokoesauvat

Koesauva kiinnitetään vetokoneen leukoihin ja sauva altistetaan pituussuunnan vedolle. Leuat on valmistettu tarkoilla toleransseilla, ja ne sisältävät hydrauliiikkaa (kuva 3).



KUVA 3. Vetokoneen leuka

Ennen vetokoetta sauvan molemmat päät merkitään, jotta kokeen jälkeen voidaan tarkastella oikeita pareja murtumakohdan osalta. Kuva 4 näyttää murtuneita vetokoesauvoja.



KUVA 4. Standardin mukaisia sauvoja vetokokeen jälkeen

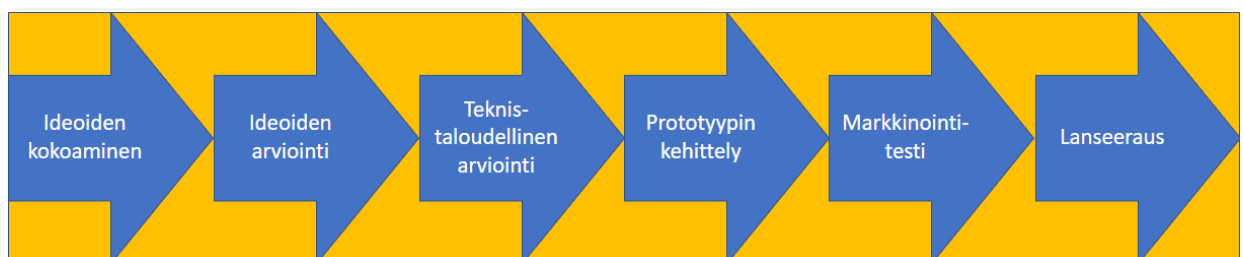
3 TUOTEKEHITYSPROSESSI

Tuotekehitysprojektista puhutaan silloin, kun työllä on selkeä projektimainen runko tavoitteineen, resursseineen ja aikatauluineen (5, s. 45). Tuotekehitysprojekti voi olla joko täysin uuden tuotteen kehittämistä tai jo olemassa olevan tuotteen parantamista käyttötarkoitusta paremmin palvelevaksi. Kummassakin tapauksessa projektin etenemisen runko näyttää samantyylliseltä. Jokainen tuotekehitysprojekti on kuitenkin yksilöllinen, eivätkä projektit aina noudata tarkasti tiettyä kaavaa.

Täysin uuden tuotteen kehittämisessä ideointivaihe on laajempi kuin valmiin tuotteen parantamisessa ja eri tavalla luova. Ideointivaiheessa onkin syytä kerätä paljon todella erityyppisiä ideoita, miten tuotteen voisi toteuttaa. Ideointivaiheessa ei vielä kannata rajoittaa ideointia vaan antaa luovuudelle valta ja karsia ideoita myöhemmin.

Olemassa olevan tuotteen kehitysprosessi alkaa myös ideointivaiheesta, mutta siinä kokonaisuutta ei tarvitse suunnitella uudelleen, vaan mietitään, mitä ja miten aletaan muokkaamaan. Tässä vaiheessa olemassa oleva tuote asettaa rajoituksia käytössä oleville materiaaleille sekä osien ja osakokonaisuuksien määrälle ja mallille. Yleisesti olemassa olevaa tuotetta aletaan kehittämään muokkaamalla jotakin tuotteen osaa tai osakokonaisuutta tai valmistustapaa. Olemassa olevasta tuotteesta löytyy monesti kehitystarve käyttöongelmien kautta, ja tämä ohjaa tuotekehitysprojektia.

Kuvasta 5 nähdään Welinin tuotekehityksen prosessikaavio hänen 1982 julkaisemasta kirjastaan Tuotekehityksen käsikirja – ideasta valmiiseen tuotteeseen (6, s. 92.) Kuvan 5 kaaviomalli toimii lähinnä teoreettisessa optimitilanteessa, ja jokainen tuotekehitysprojekti tehnyt tietää, että työn aikana todennäköisesti kohdataan erilaisia haasteita, jolloin suoraviivaisesta mallista joudutaan poikkeamaan. Käytännössä jokaisesta projektin vaiheesta voidaan palata mihin tahansa aiempaan vaiheeseen (7, s. 9).



KUVA 5. Tuotekehityksen yleisrunko (6 s. 92.)

Huolellisella ennakkosuunnittelulla voidaan välttää suunnitteluprosessin ongelmia. Ennakkosuunnittelua varten on tehty oletus, että jokainen tuote kulkee samanlaisten elinkaarivaiheiden läpi.

Nämä vaiheet ovat

1. asiakkaan tarpeen tunnistaminen
2. luova työ ja luonnostelu
3. luonnosten analysointi ja valinta
4. jatkoon valittujen luonnosten jalostus
5. tuotteen arkkitehtuurin määrittely
6. detaljisuunnittelu
7. prototyypin valmistaminen ja testaus
8. tuotannon suunnittelu
9. koesarjan tuottaminen
10. koemarkkinointi
11. kaupallisen tuotannon käynnistäminen
12. tuotteen esittely
13. kasvu
14. kypsyys
15. laskuvaihe
16. poisto ja kierrätys. (5, s. 40.)

Tätä opinnäytetyötä ajatellen oleelliset kohdat esitetystä listasta ovat kohdat 1 - 7. Työ aloitetaan asiakkaan tarpeen tunnistamisella ja työ päätetään käyttövalmiiseen prototyyppiin. Listan muut kohdat käsittelevät kaupalliseen käyttöön suunniteltujen tuotteiden elinkaarivaiheita tuotekehityksen loppuvaiheessa.

4 NOSTIMEN SUUNNITTELU

Nostoapuvälineen tarve tulee tutkijoiden työskennellessä vetojännityskoneella. Käytössä olevalla vetojännityskoneella voidaan suorittaa erilaisia materiaalien testauksia, jolloin koneeseen on vaihdettava erilaiset leuat.

Vetojännityskoneen leukojen vaihto on operationa haastava ja riskialtis painavien leukojen ja hankalan nostopaikan vuoksi. Laitteiston ympärillä olevat kalliit tutkimusvälineet aiheuttavat myös oman haasteensa nostolle.

Tällä hetkellä tutkijaryhmä vaihtaa leuat käsin nostamalla. Leukojen muoto, niissä oleva tekniikka sekä suhteellisen suuri paino hankaloittavat käsin nostamista ja aiheuttavat yhdessä leukojen pudottamisen riskiä noston aikana. Leukojen vaihtoväli ei ole säännöllinen, mutta vaihtoja tulee kuitenkin riittävän usein, että nostoapuväline on tarpeellinen.

Tilaaajan pyynnöstä aloitetaan tuotekehitysprojekti opinnäytetyönä. Työn suunnittelijana ja toteuttajana toimii opinnäytetyön tekijä. Suunnittelu tehdään yhteistyössä tilaaajan kanssa. Projektin tavoitteena on suunnitella toimiva nostoratkaisu ja lopuksi toteuttaa suunniteltu malli nostimen prototyyppinä.

4.1 Suunnittelun aloitus

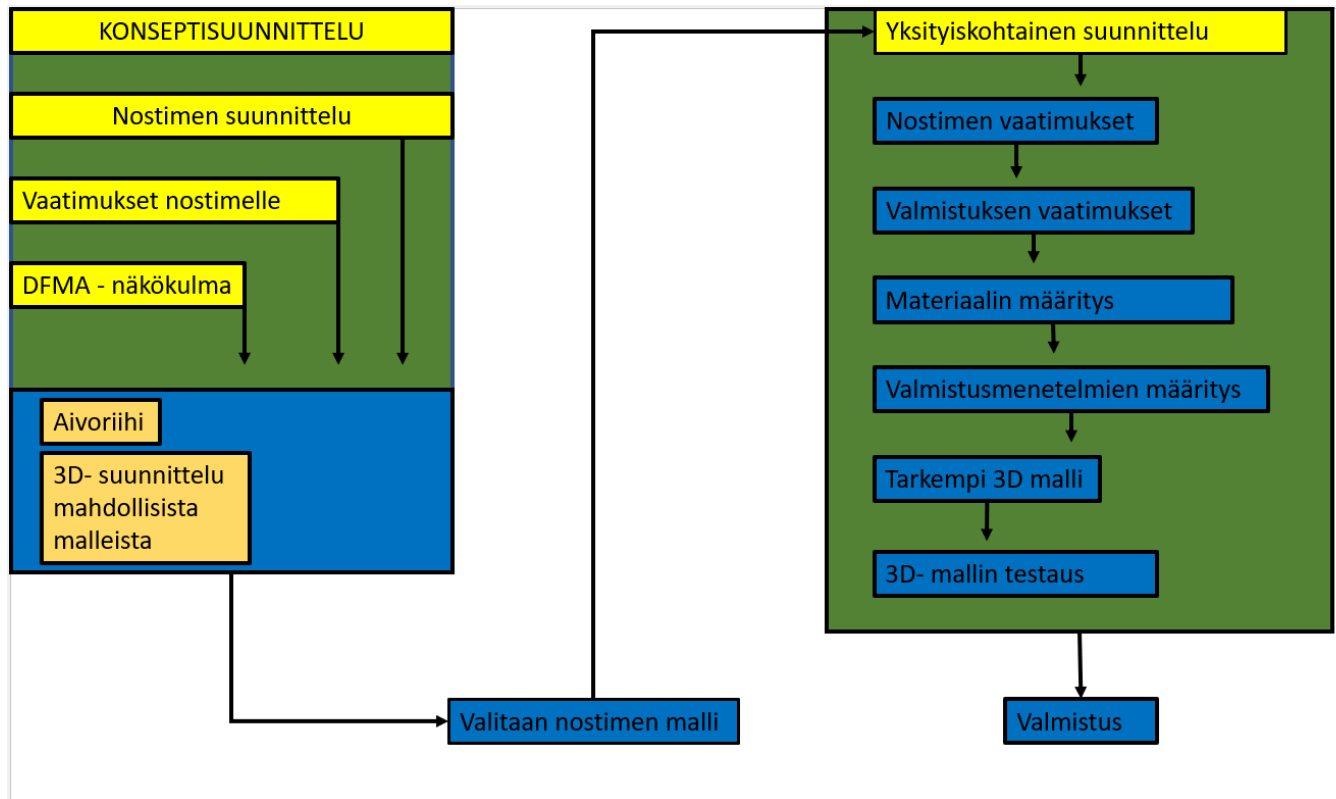
Suunnitteluvaihe aloitettiin tietäen, että työn suunnittelija myös toteuttaa suunnittelemansa nostoapuvälineen. Tämä asettaa joitakin rajoituksia esimerkiksi työssä käytettävien materiaalien valintaan. Työn toteuttajan valmistustekniikan osaamisen tulee riittää valmiin nostoratkaisun valmistamiseen.

Tuotesuunnitteluun ei ole varsinaista valmista ohjetta, mutta yleisesti työvaiheet noudattavat tiettyä järjestystä. Tuotesuunnittelu tapahtuu nykyään monesti yhteistyössä tuotteen valmistajan tai valmistajien kanssa, jolloin vältytään valmistuksellisilta ongelmilta, jotka voisivat yksin suunnitellessa jäädä huomiotta. Tässä työssä suunnittelija myös toteuttaa valmiin prototyyppin työryhmän käyttöön.

Koska suunnitelma on tarkoitus myös toteuttaa, noudatetaan työn alusta alkaen DFMA-prosessin mukaista suunnittelutapaa. DFMA-malli on yhdistelmä DFA- ja DFM-suunnittelumalleista, joista

DFM keskittyy valmistettavuuden huomioimiseen suunnittelussa ja DFA kokoonpanon huomioimiseen. Tässä työssä tarkoituksena ei ole suunnitella massatuotantoon nostinta, vaan työn aikana valmistetaan yksi nostin, joka jää tutkijatyöryhmän käyttöön. Työn tavoitteena on siis valmistaa mahdollisimman hyvin suunniteltu ja toimiva prototyyppi.

Tämän työn DFMA-suunnitteluprosessin eteneminen esitellään kuvassa 6. Kuva mukailee Henri Niemen 2018 diplomityössä esiteltyä laajennettua DFMA-prosessia (8, s. 24).



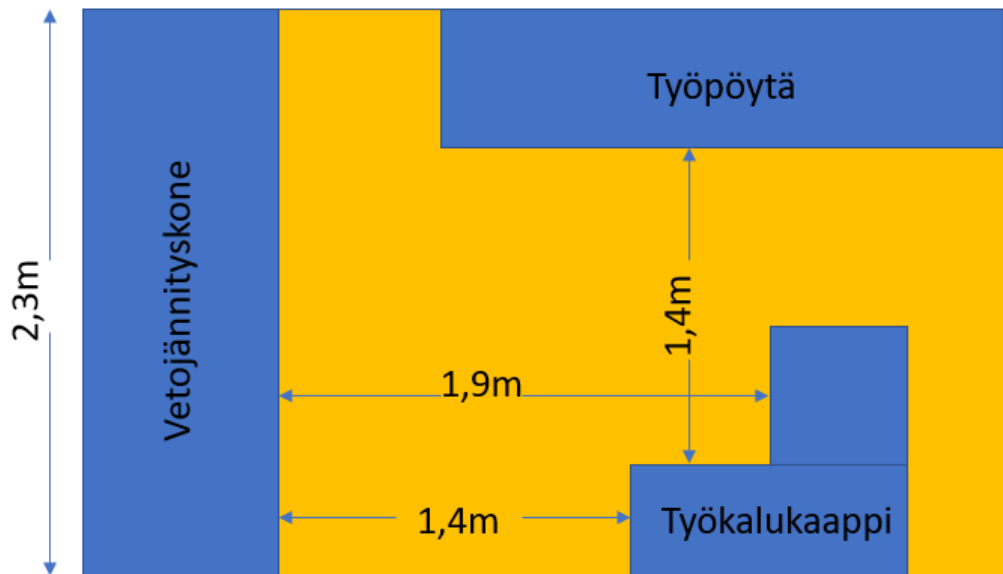
KUVA 6. DFMA-malli mukaillen Henri Niemen laajennettua DFMA- prosessia (8, s. 24)

4.2 Konseptisuunnittelu

Nostoapuvälineen suunnittelu aloitettiin tutustumalla nostopaikkaan ja nostettavaan kappaleeseen. Tutustumalla nostettavaan kappaleeseen ja nostotilaan voitiin aloittaa ideointi nostoapuvälineen suunnittelua ja valmistusta varten. Nostoon perehtyminen antoi nostimelle vaatimukset, joiden mukaan nostin on suunniteltava. Tässä vaiheessa oleellisia vaatimuksia olivat nostotilan rajoitukset sekä nostettavassa leuassa olevat rikkoontumisherhät lisälaitteet ja muu tutkimuskalusto nostokohteen vieressä.

Nostoapuvälineelle tulee tiettyjä vaatimuksia tilaajan asettamana ja työturvallisuuden täyttymisen vaatimuksina. Seuraavaksi esitellään vaatimukset, jotka nostimen täytyy täyttää.

Mitoiltaan nostimen tulee mahtua nostamaan ja siirtämään vetokoneen leuka työalueen rajoissa. Työalue on päämitoiltaan 1,9 m*1,4 m ja työalueelle on 1,4 m leveä kulkuaukko. Nostimessa ei saa olla koneen alle meneviä jaljoja kuten moottorinnostimessa on. Nostimen säilytystilan tulee myös olla mahdollisimman pieni. Kuvassa 7 nähdään nostotyötila ylhäältäpäin.



KUVA 7. Nostotilan havainnekuva

Leukojen nosto tapahtuu käyttämällä koneen ominaisuuksia hyväksi ja nostokorkeus on vapaasti määriteltävissä. Koneessa on leukojen korkeussäätö, jonka avulla leuat saadaan ajettua haluttuun nostokorkeuteen.

Leukojen paino tuo kuormitusta rakenteille ja se vaikuttaa nostimen tasapainoon. Tasapainoehto täytyy saada aikaiseksi käyttämällä vastapainoa ja laskemalla statiikan tasapainoehto jäykälle rakenteelle. Leukojen punnitseminen osoittautui hankalaksi, joten laskuissa käytetään 1 200 N kuormaa yhdelle leualle. 1 200 N vastaa 122,3 kg:n painoa. Materiaalitekniikan työryhmän mukaan yksi leuka painaa 70 kg, joten 1 200 N on hyvä arvo laskuja varten, koska se antaa varmuuskerrointa myös statiikan laskuihin.

Varmuuskerroin antaa turvaa laitteen käyttöä ajatellen. Laskemalla kuormaa suuremman varmuuskertoimen mukaisen lujuuden laitteelle voidaan estää laitteen rikkoontumista joko noston aikana

tapahtuvien lisärasitusten, tai vanhentumisen aiheuttamana. Tavallinen varmuuskerroin käsikäyttöisille nostoapuvälineille on 1,5 (9, 14 §: 4.1.2.3. a), mutta työryhmän kanssa päädyttiin käyttämään varmuuskerrointa 3. Varmuuskerroin ei ole lupa ylittää sallittua nostokuormaa.

4.3 Aivoriihi

Ensimmäinen vaihe suunnittelussa oli erilaisten nostovaihtoehtojen kartoittaminen. Tässä vaiheessa suunnittelua etsittiin mahdollisimman monta erilaista vaihtoehtoa, joilla nosto voitaisiin toteuttaa. Suunnittelun alusta asti noudatettiin DFMA-mallia.

Aivoriihessä erilaisiksi vaihtoehdoiksi ideoitiin muun muassa kuvassa 8 olevaa moottorinostinta. Moottorinostin olisi jo valmiiksi tarkoitettu tämän tyyliseen nostoon, mutta nostimen etujalat menevät nostettavan kappaleen alle. Tässä nostotilanteessa se ei ole mahdollista ja moottorinostin ei suoraan käy vaihtoehdoksi.



KUVA 8. Puuilon moottorinostin (10)

Lavapinoaja eli eurolavojen pinoamiseen käytettävä nostin oli myös vahva vaihtoehto aivoriihivaiheessa. Lavapinoaja nostaisi kappaletta suoraan ylöspäin ja olisi kevytrakenteinen. Tässäkin nostinmallissa etujalat menevät nostettavan kappaleen alle ja aiheuttavat saman ongelman kuin moottorinostimessa. Kuvassa 9 on Silverstone-merkkinen lavapinoaja.



KUVA 9. Silverstonen lavapinoaja (11)

Nosturiin kiinnitettävää nostolaitetta harkittiin yhdeksi vaihtoehdoksi. Tämä vaihtoehto vaatii kuitenkin paljon ulkopuolista työtä ja layout-muutoksia. Kuvassa 10 on esillä nosturiin kiinnitettävä tynnyrinostin.



KUVA 10. Hefmecin nosturiin kiinnitettävä nostoapuväline (12)

Nostokevennin toimii ikään kuin nosturi, mutta pienemmällä kuormalla. Kevennintä ohjataan nostokoukun yläpuolella olevasta kahvasta, ja se keventää nostoa sähkömoottorin avulla. Tämäkin nostotapa vaatisi suurempia investointeja ja luultavasti layout-muutoksia.



KUVA 11. Liftronicin kevennin (13, s.2)

Toinen vaihe suunnittelutyössä oli kerätä aivoriihen tuottamat ideat esitykseen ja esittää aivoriihen tulokset tilaajalle. Tässä vaiheessa mahdollisia ja toteutuskelpoisia nostovaihtoehtoja tarkasteltiin tilaajan kanssa ja päätettiin malli mitä lähdettiin työstämään nostotarpeeseen sopivaksi. Tilaajan kanssa päädyttiin nostimen malliin, joka muistuttaa moottorinostinta. Muokattu moottorinostin oli vahva ehdokas, koska nosto on hyvin samanlainen moottorin nostamiseen verrattuna ja valmistuskustannukset ovat matalat. Myös valmistaminen tälle nostimelle onnistuu täysin itsenäisesti ja ainoa valmiina ostettava komponentti on nostosylinteri.

Kuvan 12 moottorinostin olisi melkein suoraan nostoon sopiva apuväline, mutta siinä on liian pitkät etujalat, jotka moottoria nostaessa menevät auton alle. Tätä ominaisuutta ei voida hyödyntää leukojen vaihdossa, joten tuotetta pitää hieman muokata käyttökohteeseen sopivaksi. Myös nostokorkeus ei välttämättä ole suoraan sopiva.



KUVA 12. Puuilon moottorinostin (10)

Kolmas vaihe suunnittelun edetessä oli alkaa 3D-mallintamaan, miltä muokattu nostin voisi näyttää. Tähän käytettiin Solidworks-ohjelmaa, koska se on tällä hetkellä Oulun ammattikorkeakoulun käytämä suunnitteluohjelma. Solidworks-osaaminen alkoi palautua mieleen ohjelmaa käyttäessä ja muokatun nostimenmalli alkoi muodostua. Tässä vaiheessa suunnittelua nostimen malli on niin sanottu raakamalli, jolla haetaan vain yleistä mallia nostimelle. Tarkempi malli määritellään myöhemmin. Myös tämä malli esitettiin tilaajalle sovituspalaverissa.

Palaverin jälkeen työryhmä pyysi vielä toisenlaisen nostimen 3D-mallia. Toiveena oli kehittää toisenlainen malli, koska suunnittelu-aikaa oli vielä reilusti jäljellä.

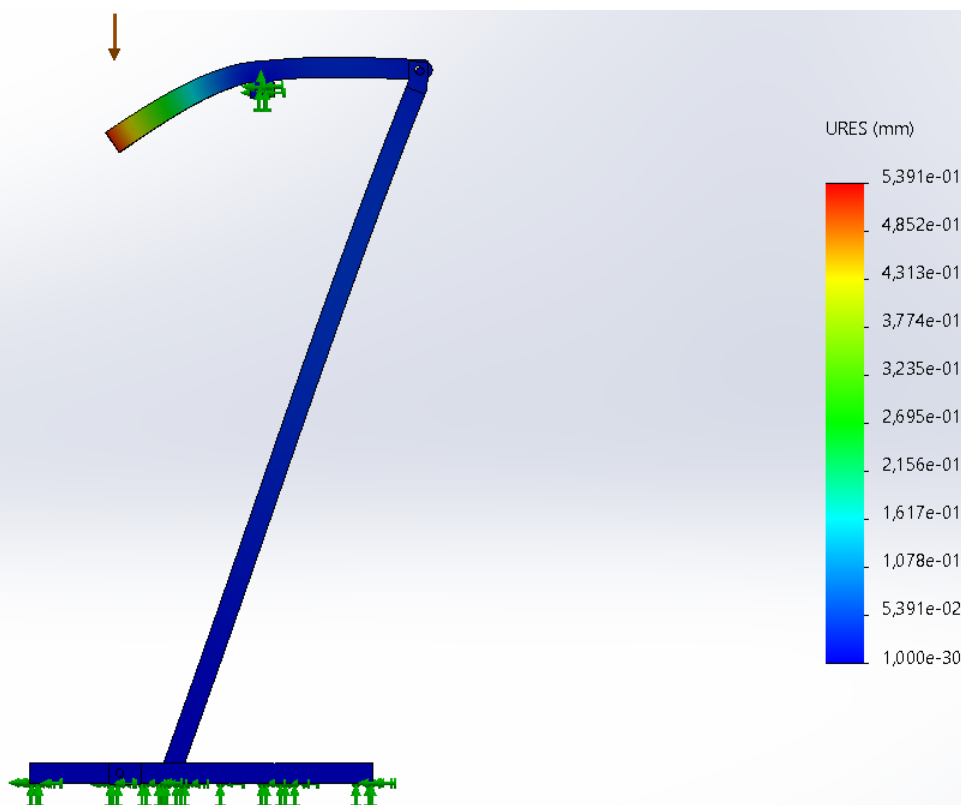
Kolmannessa vaiheessa suunniteltu malli jätettiin hetkeksi taka-alalle ja alettiin ideoimaan toista nostinmallia Solidworksilla. Toisen mallinen nostin esiteltiin työryhmälle, mutta yksimielisesti päätettiin palata aikaisempaan versioon.

4.4 Yksityiskohtaisen suunnittelun aloitus

Neljäs vaihe suunnittelussa olikin aloittaa yksityiskohtainen suunnittelu. Taas nostimen vaatimukset ohjaavat suunnitelmaa, ja aikaisemman protomallin mittoja aletaan tarkentamaan. Tässä vai-

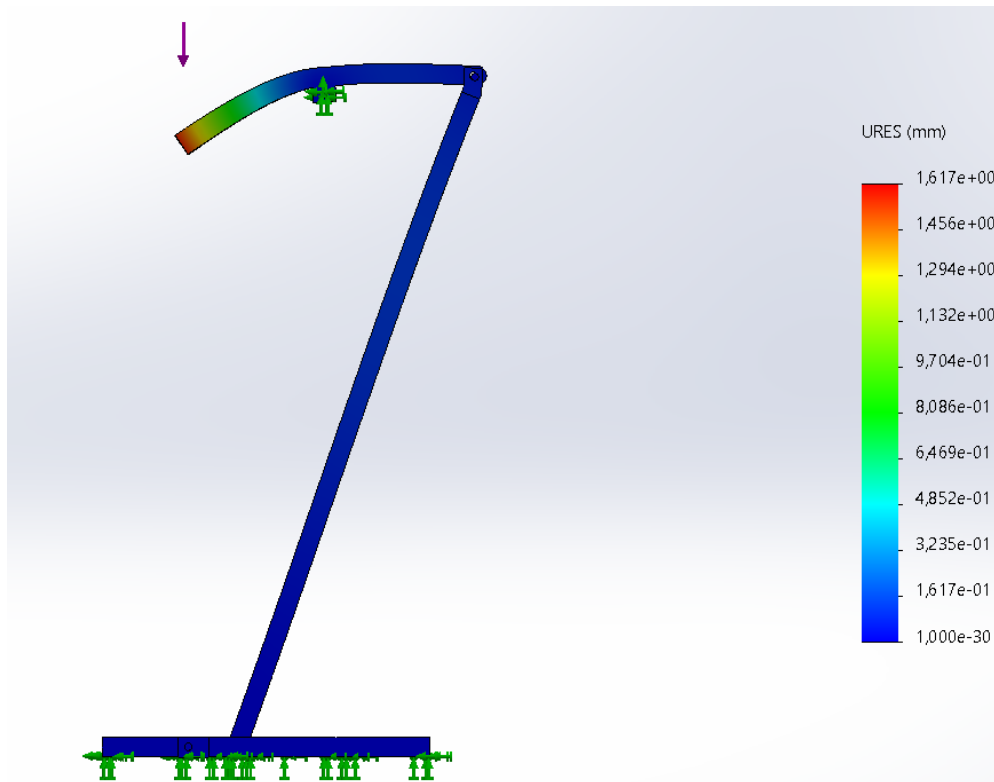
heessa täytyy nähdä leukojen vaihto operaationa, jotta on helpointa mitoittaa nostokorkeus, vaadittu nostomatka ja muut tarkentavat noston vaatimukset. Tässä vaiheessa protomallia testataan jo Solidworks-simulaatiolla. Simulaatiossa käytettiin raakamallin mittoja ja leuan kuormaksi määritettiin 1 200 N. Nostimen varmuuskertoimeksi määritettiin vähintään 3, joten rakennetta testataan myös 3 600 N voimalla.

Kuvasta 13 nähdään prorakenteen kuormituskuva. Kuva on suoraan sivustapäin, ja siitä puuttuu nostosylinteri. Nostosylinterin piirtäminen tässä vaiheessa ei ole pakollista, koska nostopuomi pystytettiin lukitsemaan avaruudessa sylinterin kiinnityskohdasta fixed geometry -ominaisuudella, joka näkyy kuvassa 13 vihreillä nuolilla nostopuomissa. Rakennetta on kuormitettu 1 200 N voimalla nostopuomin päästä. Rakenne on kiinnitetty fixed geometry -ominaisuudella lattiaan, koska oletetaan, ettei rakenne kaadu noston aikana. Kuvan oikeassa reunassa nähdään liukuväriasteikko, joka näyttää rakenteen notkahduksen milleinä. Kuvassa näkyvä notkahdus on dramatisointia, ja realistisesti rakenne notkahtaa 1 200 N kuormalla punaisella alueella 0,54 mm. Rakenteena on prototyypissä käytetty 50 mm x 50 mm x 3 mm teräsputkea.



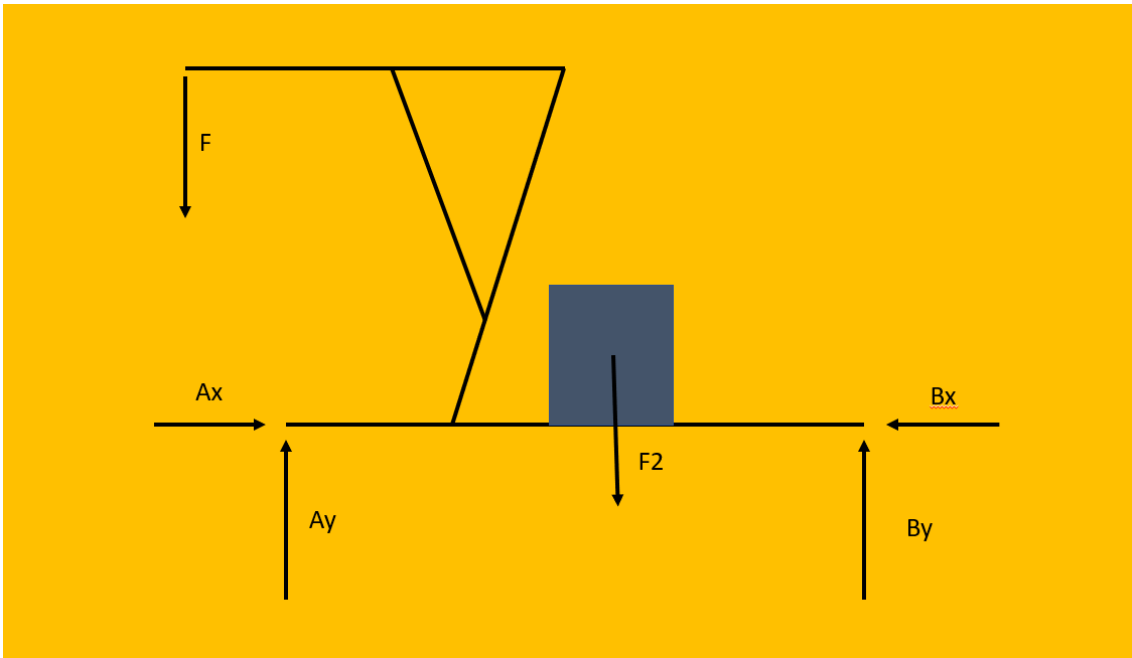
KUVA 13. Kuormitus 1 200 N:n voimalla

Kuvassa 14 nähdään samoilla kiinnitys- ja materiaaliehdoilla suuremman kuormituksen vaikutus rakenteisiin. Simulaatiokuva näyttää ulkoisesti samalta kuin aiempi 1 200 N kuormituksen alla oleva, mutta nyt 3 600 N voimalla notkahdusta rakenteella on 1,62 mm. Tämäkään ei ole vielä suuri notkahdus nostopuomin päässä, ja tämä kolminkertainen kuorma vain varmistaa, ettei rakenne hajoa suuremmallakaan kuormalla. Rakenteen muu kuormittuminen on hyvin pientä simulaation mukaan.



KUVA 14. Kuormitus 3 600 N:n voimalla

Tasapainon suhteen nostimessa on käytettävä vastapainomenetelmää, koska nostettava kuorma on uloimman tukipisteen ulkopuolella. Kuvassa 15 tarkastellaan nostimen statiikkapiirrosta ilman mittoja. Kuvasta 15 nähdään nostimeen kohdistuvat ulkoiset tukivoimat, pisteessä A nämä voimat ovat A_x (vaakasuuntainen) ja A_y (pystysuuntainen) ja kuormittavat voimat. Nostin on pyörien päällä, mutta siihen ei kohdistu vaakasuuntaisia voimia, jotka liikuttaisivat nostinta sivusuunnassa. Rakenteeseen kohdistuu vääntömomenttia pisteeseen A. Rakenteeseen suunnitellaan vastapaino, joka on kuvassa harmaa laatikko, josta lähtee voimavektori F_2 . Vastapainon aiheuttama erisuuntainen momentti kumoaa voiman F aiheuttaman momentin ja täten saavutetaan tasapainoehto nostotilanteessa.



KUVA 15. Statiikkapiirros nostimesta, havainnekuva ilman mittoja

Rakenteen oma paino jätetään huomiotta laskuissa. Laskuissa sylinteri oletetaan jäykäksi rakenteeksi. Nämä huomiot tehdään, sillä perusteella, että lähes kaikki rakenteen paino on pisteiden A ja B välissä, jolloin ne eivät aiheuta tasapainon suhteen ongelmia. Renkaita ei tarvitse lukita, koska rakenteeseen ei kohdistu X-akselin suuntaisia voimia noston aikana. Sylinteri oletetaan jäykäksi rakenteeksi, koska sen nostovoima on niin suuri verrattuna nostettavaan kuormaan, ettei kuorma voi aiheuttaa huomiotavan suuria rasituksia sylinterille.

Voiman aiheuttama momentti lasketaan kaavalla 1 (14 s. 93).

KAAVA 1. Momentin laskentakaava

$$M = F \cdot x$$

M = voiman momentti (Nm)

F = voima (N)

x = voiman varsi tarkastelupisteestä (m)

Voiman F aiheuttama momentti pisteeseen A lasketaan perinteisen kaksiulotteisen momentin (kaava 1) mukaisesti, jossa x on voiman F kohtisuoraan oleva varsi. Koska voima F on suoraan pystysuunnassa ja varsi x on kohtisuorassa voimaan nähden, voidaan käyttää suoraan arvoja F ja x .

Laskuissa käytetään voiman F arvona $1\,200\text{ N}$ ja voiman etäisyytenä x , pisteestä A käytetään arvoa $0,5\text{ m}$.

Kaavaan 1 sijoitettuna saadaan

$$M = 1\,200\text{ N} \cdot 0,5\text{ m} = 600\text{ Nm}.$$

Pisteeseen A kohdistuu 600 newtonmetrin vääntömomentti, joka täytyy kompensoida. Tasapainotava voima F_2 määritetään vähintään 600 Nm suuruiseksi. Voimalla F_2 on yhtä pitkä varsi, joten vastapainoksi määritetään $1\,200\text{ N}$ eli 122 kg .

4.5 Muuta huomioitavaa

Nostimen suunnittelussa tulee huomioida mahdollisuuksien mukaan operaattorin käyttömukavuutta ja käytön helppoutta yksinkin. Nostimen operointia helpottaa myös nostimen rakenteen keveys, mutta toisaalta vastapainomalli lisää joka tapauksessa nostimen kokonaispainoa, koska nostokappaleen paino on kompensoitava tasapainotilanteen vuoksi.

Nostimen toivottiin myös sopivan muihin nostoihin. Nostimen mallina käytetty moottorinostin toimii myös muihin samantyyliisiin nostotehtäviin, kunhan nostettavan kappaleen paino on yhtä suuri tai pienempi kuin nostettavan leuan paino. Vetokoneen leukaa raskaampia kappaleita nostaessa nostimen tasapainoehto ei välttämättä täyty ja nostin voi kaatua.

5 VALMIS SUUNNITELMA

Suunnitteluvaiheen loppuksi pidettiin työryhmän kanssa palaveri, jossa keskusteltiin nostimen suunnitelmasta. Solidworks-mallia käytiin läpi ja sitä tutkittiin tarkemmin. Solidworks-prototyypissä käytetty materiaalivahvuus 50 mm x 50 mm x 3 mm oli riittävän vahva ja malliin ei tullut suuria rasituksia simulaatiossa. Muutenkin moottorinostimen malli oli kaikille mieleinen.

Palaverissa tutkittiin myös tarkemmin Puuilossa myytävää valmista moottorinostinta, jota käytettiin alussa suunnittelun pohjana. Puuilon nostimessa oli paljon hyviä ominaisuuksia, jotka miellyttivät tilaajaa ja tekijää. Yhteisellä päätöksellä päätettiin ostaa valmis nostin ja suunnitella tarvittavat muutokset siihen. Nostimen parhaita ominaisuuksia olivat tuhannen kilon kuorman kesto, edullinen hinta ja nostotilaan sopivan kokoinen pohja. Näillä ominaisuuksilla muokattavaa jäi vähän.

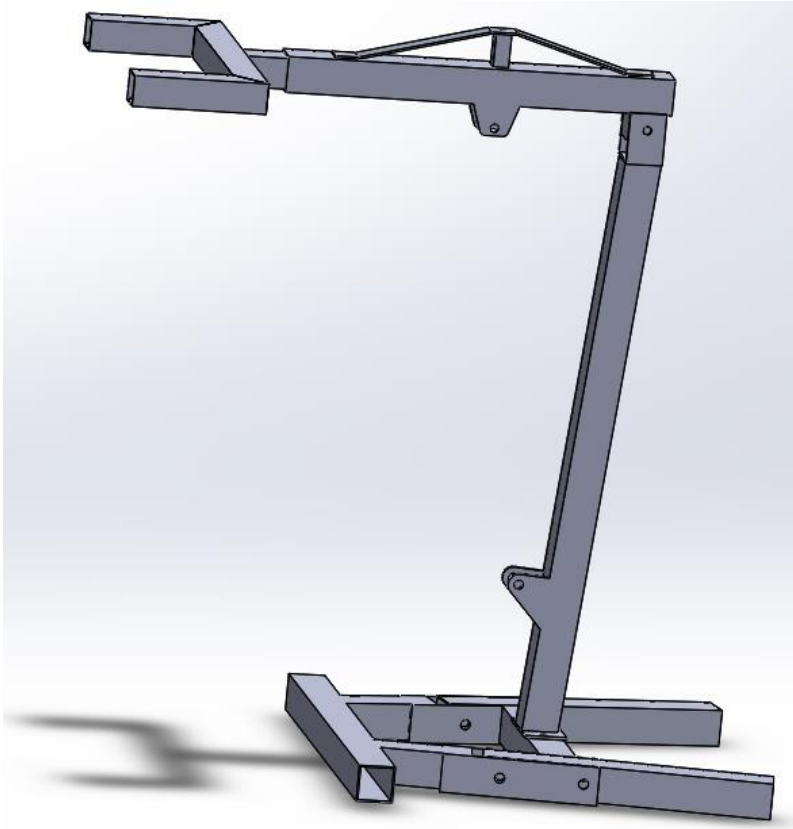
Nostimen puomissa on neljä eri nostopaikkaa kuten kuvasta 16 nähdään. Kauimmaisen nostokyvyn ilmoitetaan 400 kg. Pisin nostopaikka on kauempana kuin tässä projektissa suunniteltu nostotäisyys. Tällä heikoimmallakin arvolla laskettuna varmuuskertoimeksi rakenteellisesti tulee: $400 \text{ kg} / 70 \text{ kg} = 5,714$. Työryhmän kanssa päätetty varmuuskerroin 3 toteutuu siis reilusti.



KUVA 16. Nostopuomi

Tasapainon varmuuskertoimen laskemisessa käytetään leuan painona 1 200 N eli 122 kg:n arvoa. Leuan oikea paino on 70 kg eli laskuissa käytetään leuan painona 52 kg painavampaa leukaa. Varmuuskerroin tasapainolle tulee siis 1,74. Tasapainon varmuuskerroin on pienempi kuin kolme, mutta täyttää lain vaatiman varmuuskertoimen 1,5. Vastapainon lisääminen vaikeuttaa käyttöä, koska systeemin kokonaispaino nousee.

Puuilon nostimen muokatusta versiosta piirrettiin 3D-malli (kuva 17). Piirretystä mallista saadaan tarvittavien osien työpiirustukset, ja nähdään kuinka osat sopivat yhteen.



KUVA 17. 3D-malli valmiista nostimesta ilman nostosylinteriä

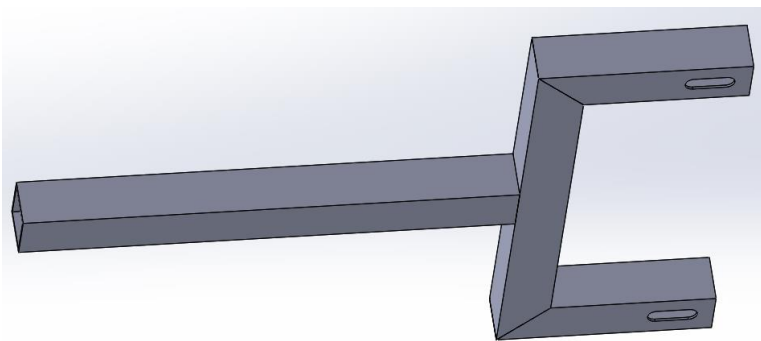
5.1 Muutokset

Moottorinostimen pystyvuomin pystyi kiinnittämään niin sanotusti väärinpäin alustaan kuvan 18 mukaisesti, jolloin nostimen nostovuomi tulee etummaisten renkaiden yli suunnitellun mukaisesti. Nostolaitteen pohja ja nostovuomi toimivat tällöin valmiina ratkaisuna eivätkä vaadi minkäänlaisia muutoksia. Tämä on hyvä asia, koska tällöin nostimen rakenteellinen lujuus ei muutu ja nostokuormalle tulee reilu varmuuskerroin. Ainoat muutettavat asiat ovat siis nostovuomin pää ja jatkojalkojen lyhentäminen.



KUVA 18. Pystypuomi väärinpäin

Nostopuomiin tehdään leuan nostoon sopiva pää. Leukaa päätettiin lähteä nostamaan liinoilla samoista kohdista, joista materiaalitekniikan tutkijat nostavat niitä. Tätä nostoa varten tarvitaan kuvan 19 mukainen, U-kirjaimen mallinen nostopää, josta saadaan kaksi liinaa kiinni kappaleeseen.



KUVA 19. 3D-malli nostopuomista

5.2 Materiaalit

Materiaalina nostimessa on käytetty hiiliteräs neliöprofiiliputkea, joka on mitoiltaan 70 mm x 70 mm x 3 mm. Nostupuomi on mitoiltaan 60 mm x 60 mm x 3 mm. Korvakkolevyt ovat 8 mm terästä.

Nostimen materiaali on hyvin todennäköisesti tavallista hiiliterästä, joten valmistettavat lisäosat tehdään samasta materiaalista. Materiaalin pystyy päättelemään alhaisen hinnan, painon ja hitsaus-
saumojen perusteella. Tuote on myös maalattu ruostumisen estämiseksi.

Mallia ei ole enää tarpeen testata, koska prototyyppiä testattiin Solidworks-simulaatiolla pienem-
mällä putkikoolla 50 mm x 50 mm x 3 mm ja sekin kesti kuormitukset reilusti. Myös nostimen val-
mistaja lupaa materiaalien kestävän 1 000 kg:n nostamisen.

5.3 Vastapaino

Vastapainon tekeminen nostimeen on yksinkertainen toteuttaa. Vaadittava vastapaino leuan nos-
tamiseen on 122 kg, kuten aiemmin on määritetty. Lasketaan alle tilavuus 122 kg painavalle te-
räskuutiolle. Laskussa käytetään tiheyden laskentakaavaa (kaava 2).

KAAVA 2. Tiheyden laskentakaava (15)

$$\rho = \frac{m}{V}$$

ρ = teräksen tiheys (kg/m³)

m = massa (kg)

V = tilavuus (m³)

Kaava pyöritetään muotoon, jossa ratkaistavaksi muuttujaksi jää tilavuus V . Pyöritys tehdään ma-
temaattisten sääntöjen mukaan ensin kertomalla kaava puolittain muuttujalla V , ja sitten jakamalla
puolittain tiheyden muuttujalla ρ . Eli kaava saadaan muotoon $V = \frac{m}{\rho}$. Sijoitetaan tähän kaavaan
lukuarvot.

$V = (122 \text{ kg}) / (7850 \text{ kg/m}^3) = 0,01554 \text{ m}^3$. Vastapainon tilavuus on 0,01554 kuutiometriä. Vaaditun
tilavuuden kuution sivun mitta saadaan käyttämällä kaavaa 3. Sivun mitta auttaa hahmottamaan
vastapainon kokoa.

KAAVA 3. Kuution sivun pituus (14, s. 21)

$$s = \sqrt[3]{V}$$

s = sivun pituus (m)

V = kuution tilavuus (m³)

$$s = \sqrt[3]{0,01554 \text{ m}^3} = 0,2495 \text{ m}$$

6 TYÖN TOTEUTUSSUUNNITELMA JA TOTEUTUS

6.1 Toteutussuunnitelma

Työn toteutuksessa päästiin jopa yllättävän vähällä työllä, koska nostin ostettiin valmiina ja se soveltui niin hyvin vaadittuun nostoon. Ainoat käytännön toteutukset olivat nostopuomin tekeminen, jalkojen lyhentäminen sekä vastapainon tekeminen.

MIG- tai MAG-hitsaus on vaadittuihin muutoksiin paras hitsausmenetelmä sen helppouden ja tekijän aiemman kokemuksen perusteella. MIG- tai MAG-hitsaus soveltuu hiiliteräkselle lähes kaikille ainevahvuuksille ja on helpoin hitsausprosessi 3 mm ainevahvuudelle. Hitsausprosessien ero on suojakaasussa ja puhekielessä käytetään yleensä MIG-hitsaus nimitystä suojakaasusta riippumatta.

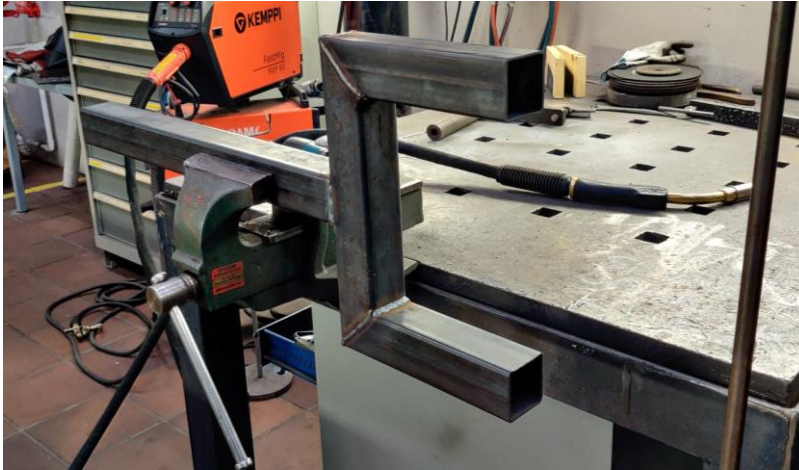
Nostopuomiin tehtiin 3D-malli Solidworksilla. Nostopuomi oli ainoita kokonaan valmistettavia osia tässä työssä. Puomin valmistukseen käytetään 60 mm x 60 mm x 3 mm teräsputkea neliöprofiililla. Putken koko vastaa nostimessa aiemmin ollutta putkea, ja se mahtuu liikkumaan toisen nostopuomin sisällä sopivan välyksen ansiosta. Puomin osat sahataan oikeisiin mittoihin työpiirustusten mukaisesti ja osat hitsataan yhteen MIG/MAG-hitsausmenetelmällä.

Vastapainolevy tehdään aiemmassa kappaleessa määritettyihin mittoihin käytettävissä olevin materiaalein. Todennäköisesti levyn paksuus kasataan useammasta ohuemmasta levystä, koska 42 mm paksua levyä tuskin löytyy. Jos labratiloista löytyy valmis vastapaino ratkaisu niin sitä hyödynnetään.

Jalkojen pituus muokataan mallin mukaiseksi pituuteen 550 mm, jolloin nostimen pohjan koko on määrätyn lainen. Jalkoihin tehdään reiät, joihin rullat saadaan kiinnitettyä.

6.2 Työn toteutus

Työn toteutusta lähdettiin tekemään suunnitelman mukaisesti. Ensiksi sahattiin nostopuomin osat oikeisiin mittoihin valitusta profiiliputkesta. Sahauksen jälkeen puomin osat koottiin pöydälle ja hitattiin kokoon kuvan 20 mukaisesti.



KUVA 20. Nostopuomi hitsattuna

Seuraavaksi lyhennettiin jalat oikeaan mittaan. Jalkojen lyhennys tehtiin rullan päädyssä, koska nostimen päädyssä oli enemmän reikien paikkoja, jotka kannatti säilyttää muuttumattomana. Rullien kiinnitysreiät oli helpoin tehdä uudestaan. Jalat sahattiin suunnitelman mukaisesti mittaan 550 mm.

Kasattuna nostin näytti hyvältä ja se mahtui nostotilaan hyvin. Nostopuomi istui hyvin paikalleen ja seuraavaksi puomiin mitoitettiin kiinnitysreiän paikka. Puomiin tehtiin reikä paikan lukitsemista varten ja siihen kiinnitettiin valmiit nostokoukut nostoliinoja varten. Kuvassa 21 nähdään nostin valmiina ilman vastapainoja.



KUVA 21. Nostin kasattuna

Nostimen vastapainoksi sattui löytymään materiaalitekniikan yksikön käyttämiä testilevyjä. Näitä 30 cm x 30 cm levyjä oli menossa poistoon ja niitä sai ottaa käyttöön. Levyn paksuus on 12 mm ja yhden levyn paino on 8,47 kg. Näitä levyjä kerättiin 14 kappaletta, joiden yhteispaino on 118,5 kg. Vastapainoille tehdään teline, jonka päälle vastapainolevyt asetetaan vierekkäin (kuva 22). Vastapainotelineä ei kiinnitetä nostimeen, jotta nostin saadaan pienempään tilaan varastoitua tarvittaessa.



KUVA 22. Vastapainoteline

Kun vastapainoteline oli valmis, tehtiin tarkastuspunnitus. Tarkastuspunnituksesta saatiin varmuus, että painoja oli tarpeeksi, kun levyt ja teline laskettiin yhteen. Vaakana käytettiin pumppukärryissä olevaa digitaalista vaakaa. Telineen kanssa painoa tuli 128,5 kg kuten kuvassa 23 näkyy.



KUVA 23. Vastapainotelineen tarkastuspunnitus

Nostimen valmistuttua vastapainoteline nostettiin nostimen jalkojen päälle ja nostinta alettiin testaamaan. Kuvassa 24 nähdään valmiin nostimen rakenne. Nostinta testattiin erilaisilla kuormilla aloittaen 45 kg teräslevyllä, josta siirryttiin 65 kg teräslevyyn. Molemmat nostokoukut testattiin myös erikseen edellä mainituilla kuormilla, jotta nähdään koukkujen liitoksien kestävyys. Viimeisenä testinä nostettiin 111 kg kuormaa liinoilla. Nostin kesti kaikki kuormat ongelmitta. Testin aikana huomattiin, että rungosta tulee pientä joustoa viimeisen testin aikana, mutta se johtuu jalkojen lukitus-tappien välyksestä.



KUVA 24. Valmis nostin

6.3 Kehitysideoita

Vaikka työstä valmistuikin toimiva prototyyppi, on hyvin yleistä, että tässä vaiheessa myös kehitettävää jää. Nostimeen voisi suunnitella jonkinlaisen ohjauksen sylinterille, koska käsin pumppaaminen on hieman hidasta. Leuan nostotapaa voisi myös kehittää jonkinlaisella nostokehikolla. Myös nostimen rullia voi olla tarpeen vaihtaa, mikäli laitteen liikuttaminen on haasteellista.

7 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa nostoapuväline tilaajalle. Työ eteni suunnitteluprosessin kaavion mukaan ja noudatti tuotteen elinkaarimallia, jota työssä esiteltiin.

Työ alkoi tilaajan kanssa käydyllä palaverilla, jossa määriteltiin ongelma ja työn raja- ja tavoitteet. Nostotilaan tutustuminen tehtiin palaverin jälkeen. Palaverissa päätettiin, että suunnittelu tehdään Solidworks-ohjelmalla.

Kun nostinta alettiin ideoida, oli tiedossa, että jonkinlaisia vastoinkäymisiä saattaa suunnittelun aikana tulla. Ideointivaiheessa kerättiin mahdollisimman paljon erilaisia nostinvaihtoehtoja ja pidettiin mielessä valmistettavuus. Tuotantotekniikan opinnot keskittyvät hyvin vähän suunnittelupuoleen ja suunnitteluohjelma Solidworksinkin viimeisimmästä käyttökerrasta oli yli kaksi vuotta aikaa. Suunnittelutyö aloitettiin tietäen, että joitain asioita täytyy opetella uudelleen.

Ideointivaiheen jälkeen pidettiin tilaajan ja ohjaavan opettajan kanssa palaveri, jossa erilaiset ideat esitettiin. Ideoiden esittämisen jälkeen päädyttiin valitsemaan moottorinostimen tyylinen nostinratkaisu, jota alettiin muuttamaan.

Suunnittelutyö aloitettiin Solidworks-harjoituksilla, joilla palautettiin eri piirtämistyökalujen käyttöä mieleen. Erityisesti liittämistyökalun käyttö oli päässyt unohtumaan. Myös piirtämistekninen ajattelu kaipasi kertausta ja totuttelua.

Kun Solidworks-osaaminen oli riittävällä tasolla, alettiin piirtämään ensimmäistä mallia nostimesta. Mallin piirtäminen sujui kohtuullisen hyvin ja osaaminen parantui työn edetessä.

Ensimmäiset ongelmat ilmenivät, kun oli aika testata prototyypin ja valitun materiaalin ja profiilikoon kestävyyttä. Lyhyesti sanottuna syynä oli Solidworks-ohjelman muuttunut latauspaketti, joka ei sisältänyt enää vaadittuja solver file -ominaisuuksia. Ongelma ratkaistiin lataamalla vanhempi versio ohjelmasta.

Ongelman ratkaisun jälkeen mallia pystyttiin testaamaan staattisella testisimulaatiolla. Testauksen tuloksena nähtiin, että prototyyppi kestää kuormituksen hyvin. Tässä vaiheessa 3D-malli prototyypistä oli valmis esitettäväksi tilaajalle.

Malli esitettiin tilaajalle palaverissa, jossa keskusteltiin ominaisuuksista. Tässä palaverissa alettiin jo miettiä valmistusteknisiä asioita, kuten materiaaleja ja sylinterin ominaisuuksia. Palaverissa suunnitelmaa tarkennettiin ja suunnittelutyötä jatkettiin.

Kun lopullinen 3D-malli saatiin valmiiksi, kutsuttiin työryhmä palaveriin ja alettiin suunnitella valmistamista. Valmistussuunnitelmista parhaiten sopivalta tuntui valmiin nostimen ostaminen ja sen muokkaaminen käyttöön sopivaksi. Valmiissa nostimessa saatiin edulliseen hintaan toimiva runko, nostosylinteri ja rullat.

Valmiiseen nostimeen täytyi suunnitella muutokset, jotta nostimesta saadaan toimiva tilaajan tarkoitukseen. Nostopuomi täytyi valmistaa täysin uudelleen, nostimen jalkoja täytyi lyhentää ja vastapaino täytyi valmistaa. Positiivinen yllätys oli, että käytännön muutoksissa päästiin todella vähällä.

Vallitseva pandemiatilanne aiheutti seuraavan viivästyksen. Työn toteuttaja sairastui koronaan, mutta onneksi työtä pystyi tekemään täysin etänä. 3D-malli saatiin valmiiksi ja työpiirustukset otettiin Solidworks-ohjelmasta suoraan.

Nostin valmistettiin suunnitelman mukaisesti ja muutokset saatiin toteutettua. Nostopuomi valmistui helposti eikä jalkojen lyhentämisessäkään tullut ongelmia. Vastapaino löytyi vanhoista testauslevyistä ja niille valmistettiin teline nostimen jalkojen päälle. Nostimesta tuli vaaditun mukainen ja se kesti testikuormitukset hyvin.

Työryhmän kanssa palaverien pitäminen oli hyvä tapa pitää työryhmä ajan tasalla sekä ohjata työn kulkua, ettei hairahduta liian kauas suunnitellusta polusta. Työn aikana sai hyvää oppia projektin johtamisesta sekä projektityöskentelystä.

Työn jälkeen tilaaja saa vapaudet muokata nostinta omaan käyttöönsä. Työssä tehdyt mallit ja dokumentit tilaaja saa käyttöönsä. Kaupallisesta käytöstä on sovittava erikseen.

Kaiken kaikkiaan työ noudatti projektisuunnitelmaa kohtuullisen hyvin, jos ei lasketa aikataulun pientä venymistä. Aikaisempaan osaamistasoon suunnittelutyöhön nähden olen tyytyväinen työn lopputulokseen ja projektin sujumiseen. Työ antoi paikan näyttää osaamiseni ja koen, että osaamiseni taso kasvoi työn aikana. Varsinkin projektijohtamisesta sai hyvää oppia käytännössä tämän työn ansiosta. Mielestäni työ kuvasti nykyaikaista insinöörintyötä, jossa kaikkea ei ole pakko osata valmiiksi, vaan tärkeintä on omaksua ja oppia uutta sekä tietää, mistä tietoa voi hakea.

LÄHTEET

1. Esabin osaamiskeskus. MIG/MAG-hitsaus. Hakupäivä 22.12.2021. <https://www.esab.fi/fi/fi/education/blog/mig-mag-hitsaus.cfm>.
2. Wikipedia 2022. Voiman momentti. Hakupäivä 5.12.2021. https://fi.wikipedia.org/wiki/Voiman_momentti.
3. Oulun yliopisto. Kerttu Saalasti instituutti - Tulevaisuuden tuotantoteknologiat. Hakupäivä 5.12.2021. <https://www oulu.fi/fmt/>.
4. Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys r.y 2006. Hitsauksen materiaalioppi. Toinen painos. Helsinki: Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys r.y.
5. Hietikko, Esa 2015. Tuotekehitystoiminta. Kolmas painos. Helsinki: Books on Demand.
6. Welin, Vilhelm 1982. Tuotekehityksen käsikirja: ideasta valmiiseen tuotteeseen. Imatra: Oy Ylä-Vuoksi.
7. Pyökäri, Miikka 2017. Silikonista valmistetun sosepussin imukorkin suunnitteluprojekti. Turun ammattikorkeakoulu. Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 15.12.2021 https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/132270/Pyokari_Miikka.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
8. Niemi, Henri 2018. DFMA-prosessi lujista teräksistä valmistettujen keveiden rakenteiden suunnittelussa. Oulun yliopisto. Teknillinen tiedekunta. Diplomityö. Hakupäivä 1.12.2021. <http://jultika oulu.fi/files/nbnfioulu-201803081329.pdf><https://docplayer.fi/54248880-Mekaaninen-aineenkoetus.html>.
9. Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 12.6.2008/400. Hakupäivä 22.12.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080400>.
10. Puuilo. Moottorinostin. Hakupäivä 15.12.2021. <https://www.puuilo.fi/moottorinostin-1000kg>.

11. Sareskoski. Silverstone käsikäyttöinen minipinkkari. Hakupäivä 15.12.2021. <https://www.sareskoski.com/kasikayttoinen-minipinkkari/P3161>.
12. Hefmec. Tuotteet, nostoapuvälineet, pantamainen tarttuja. Hakupäivä 15.12.2021. <https://hefmec.fi/tuotteet/nostoapuvälineet/nosto-ja-kaantovaline-pantamainen-tarttuja/>.
13. Machinetools. Indeva kuormankeventimet. Hakupäivä 15.12.2021. [https://www.machinetool.fi/hubfs/2019/Esitteet/Machine%20Tool Indeva-kuormankeventimet_w.pdf](https://www.machinetool.fi/hubfs/2019/Esitteet/Machine%20Tool%20Indeva-kuormankeventimet_w.pdf).
14. Tekniikan kaavasto 2017. 17. painos. Tampere: Tammertekniikka Oy.
15. Wikipedia 2021. Tiheys. Hakupäivä 10.1.2022. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Tiheys>.