



Karelia-ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)

# Iskutestilaitteen suunnittelu

Iskutestilaitte standardien SFS-EN 1303,  
SFS-EN 16864, SFS-EN 15684 ja SFS-EN  
12320 iskutesteille

Vesa Väänänen

Opinnäytetyö, helmikuu 2024

[www.karelia.fi](http://www.karelia.fi)



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Helmikuu 2024**  
**Konetekniikan koulutus**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä(t)  
Vesa Väänänen

Nimeke  
Iskutestilaitteen suunnittelu

Toimeksiantaja  
Abloy Oy

**Tiivistelmä**

Opinnäytetyö on tehty toimeksiantona Abloy Oy:lle. Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä suunnitelma iskutestilaitteesta, joka on soveltuva suorittamaan standardien SFS-EN 1303, SFS-EN 16864, SFS-EN 15684 ja SFS-EN 12320 määrittämät iskutestit riippukoille ja lukkosylintereille. Tällä hetkellä käytössä oleva iskutestilaitteisto on ollut pitkään käytössä, mikä on aiheuttanut laitteessa ajanpatinaa ja pieniä muodonmuutoksia, lisäksi ergonomisesti laite ei ole käyttäjälle suotuisa. Tämän takia haluttiin luoda suunnitelma uudelle iskutestilaitteelle, joka olisi käyttäjälle ergonomisesti parempi ja jonka avulla testiasetusten suorittaminen sujuisi käyttäjältä jouhevammin.

Uudessa iskutestilaitteistossa haluttiin huomioida työntekijöiden toivomukset. Työntekijöiden toiveet saatiin kirjattua ylös suorittamalla työntekijöille haastattelu. Suunnittelun toteuttamisen apuna käytetään Esa Hietikon kirjasta Ulrich & Eppingerin tuotekehitysprosessin mallia mukaillen. Iskutestilaitteen osat ja kokoonpano on tehty alun perin Creo6 -suunnitteluohjelmalla. Lopullinen kokoonpano tehtiin Solidworks -suunnitteluohjelmalla. Kokoonpanolle suoritettiin simulaatio Abaqus Explicit -ohjelmalla.

Opinnäytetyön tuloksissa päästiin tavoitteisiin eli saatiin tehtyä kokoonpano uudesta iskutestilaitteesta, joka mahdollistaisi käyttäjälle ergonomisemman työskentelyn. Iskutestilaitteelle saatiin suoritettua kolme eri simulaatiota, josta saatiin todennettua uusien rakenneratkaisujen kestävyys. Jatkokehitystä ajatellen voitaisiin suorittaa lisää simulaatioita, niin että materiaalien varmuuskerrointa lisättäisiin suhteessa materiaalin myötörajaan. Simulaatioita voitaisiin kokeilla myös eri materiaaleilla.

Kieli  
suomi

Sivuja 46  
Liitteet 1  
Liitesivumäärä 1

Asiasanat  
Standardi, tuotekehitysprosessi, suunnittelu, testaus, simulaatio



**THESIS**  
**February 2024**  
**Degree Programme in Mechanical Engineering**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
FINLAND  
+ 358 13 260 600

Author (s)  
Vesa Väänänen

Title  
Designing a Impact Test Device

Commissioned by  
Abloy Oy

#### Abstract

This thesis was commissioned for Abloy Oy with the aim of planning an impact test device suitable for conducting tests specified by standards SFS-EN 1303, SFS-EN 16864, SFS-EN 15684, and SFS-EN 12320 for padlocks and lock cylinders. The current impact test equipment has been in use for an extended period, leading to aging and minor deformations and, furthermore, it is not ergonomically favorable for users. Therefore, the objective was to develop a new impact test device that improves ergonomics and simplifies the execution of testing.

The design of the new impact test equipment incorporates employee feedback, gathered through interviews. Esa Hietikko's book, based on Ulrich and Eppinger's product development process model, guided the implementation of the design. Initially, the parts and assembly of the impact test device were created using the Creo6 design program, with the final assembly completed using SolidWorks. Subsequently, the assembly was simulated using the Abaqus Explicit program.

The results of the thesis demonstrate the achievement of goals, with the successful assembly of a new impact test device designed to enhance ergonomic functionality. Three simulations were conducted to validate the durability of the new structural solutions. Future work could involve additional simulations aimed at increasing the safety factor of materials relative to their yield strength, as well as experimenting with different materials.

Language  
Finnish

Pages 46  
Appendices 1  
Pages of Appendices 1

Keywords  
standard, product development process, design, testing, simulation

# Sisältö

1	Johdanto .....	5
1.1	Testaus lyhyesti .....	5
1.2	Opinnäytetyön aihe .....	5
1.3	Opinnäytetyön toimeksianto.....	6
1.4	Abloy Oy .....	6
1.5	Opinnäytetyön rajaus ja tavoitteet.....	7
1.6	Alkutilanne .....	8
2	Tietoperusta .....	9
2.1	Standardi käsitteenä .....	9
2.2	Miksi standardeja käytetään? .....	10
2.3	Riippulukkojen iskutestit standardeista SFS-EN 16864 ja SFS-EN 12320.....	10
2.4	Lukkosylinterien iskutestit standardeista SFS-EN 15684:2020 ja SFS-EN 1303:2015.....	12
2.5	Ergonomia (työskentelykorkeus).....	14
3	Menetelmät .....	15
3.1	Haastattelu.....	15
3.2	FEM-laskenta.....	16
3.3	Prosessimallit ja tyypit tuotekehityksessä .....	17
3.3.1	Konseptisuunnittelu .....	18
3.3.2	Systeemisuunnittelu.....	18
3.3.3	Detaljisuunnittelu .....	19
3.3.4	Testaus .....	19
4	Käytäntö.....	19
4.1.1	Iskutestilaitteen konseptisuunnittelu .....	19
4.1.1	Iskutestilaitteen systeemisuunnittelu.....	23
4.1.2	Iskutestilaitteen detaljisuunnittelu .....	28
4.1.3	Iskutestilaitteen testaus .....	32
5	Tulokset .....	34
5.1	Simulaatio 1 .....	34
5.2	Simulaatio 2.....	36
5.3	Simulaatio 3.....	38
5.4	Simulaatioiden yhteenveto.....	40
6	Pohdinta.....	41
7	Lähteet.....	44

## Liitteet

Liite 1 Työntekijöille toteutetusta teemahaastattelusta saadut tarvelauseet.

## Käsitteet

Iskutestilaite	Testilaite, jolla voidaan testata tuotteen iskunkestävyyttä
SFS	Suomessa vahvistettu standardi
EN	Euroopassa vahvistettu standardi
ISO	Maailmanlaajuisesti vahvistettu standardi
SFS-EN 16864	Standardi, joka antaa vaatimukset ja testimenetelmät mekatronisille riippulukoille ja niiden avaimille
SFS-EN 1303	Standardi, joka antaa vaatimukset ja testimenetelmät mekaanisesti toimiville lukkosylintereille ja niiden avaimille
SFS-EN 15684	Standardi, joka antaa vaatimukset ja testimenetelmät mekatronisesti toimiville lukkosylintereille ja niiden avaimille
SFS-EN 12320	Standardi on vahvistettu Suomessa ja Euroopassa. Standardi määrittelee vaatimukset ja testimenetelmät mekaanisesti toimiville riippulukoille ja niiden avaimille. Standardi on vahvistettu vuonna 2021
FEM	Elementtijärjestelmä (Finite Element Method)
Simulaatio	3D -ohjelmalla tehdylle mallille eli esimerkiksi tietokonemallille suoritettu testi, joka kuvastaisi mahdollisimman tarkasti tilannetta, jos tuote olisi fyysinen ja sille suoritettaisiin samanlainen testi
Myötöraja	Materiaalin myötörajan ylittyessä materiaalille syntyy plastisia muodonmuutoksia eli pysyviä muodonmuutoksia
Vetolujuus	Suurin jännitys, joka voidaan kohdistaa materiaaliin ennen kuin se rikkoutuu

# 1 Johdanto

## 1.1 Testaus lyhyesti

Tuotteille suoritetaan erilaisten standardien määrittämiä testejä. Testauksia voidaan suorittaa esimerkiksi markkinoilla oleville tuotteille tai uuden tuotteen suunnittelussa niin sanotusti prototuotteelle. Riippuen testistä, standardissa määritetään testauslaite, jolla testaus tuotteelle suoritetaan. Standardissa kerrotaan testin vaiheet, joita noudattamalla saadaan standardinmukainen testaus tuotteelle suoritettua. Testin suoritettua testitulokset kirjataan ylös ja raportoidaan. Voidaan todeta myös, onko testitulokset hyväksytyt vai hylätyt. Standardeissa voi olla määritetty tuotteen vähimmäisvaatimukset testin läpi pääsemiseksi. Standardien vaatimien testien lisäksi tuotteelle voidaan myös tehdä testejä, jotka eivät mene täsmälleen tietyn standardin testausmenetelmien mukaisesti. Nämä testaukset voivat liittyä esimerkiksi tuotekehitykseen, jossa kehitteillä olevasta tuotteesta halutaan mahdollisimman paljon monipuolista tietoa.

Testilaitteet, joilla tuotteiden testauksia tehdään, eivät ole ikuisia, ja niille täytyy myös suorittaa huoltotoimenpiteitä. Uusien tuotteitten tullessa testaukseen voi olla mahdollista, että testilaitetta täytyy myös tapauskohtaisesti päivittää. Eli testilaitteen ollessa täysin standardin määrittämien vaatimusten mukainen voi olla tarvetta testilaitteen uusimiselle tai päivittämiselle. Testilaitteen päivittämisen tai uusimisen syynä on monesti kyse vain siitä, että testilaitteella testin suorittaminen tuotteelle tehdään työntekijälle helpommaksi. Testilaitteelle tehdyissä muutoksissa voidaan vähentää työntekijän fyysistä kuormaa ja parantaa työergonomiaa.

## 1.2 Opinnäytetyön aihe

Opinnäytetyössä laaditaan suunnitelma uudesta iskutestilaitteesta standardien SFS-EN 16864, SFS-EN 1303, SFS-EN 15684 ja SFS-EN 12320 pohjalta. Standardeissa tarkastellaan lyhyesti testausmenetelmiä, jotka koskevat

iskutestilaitetta. Iskutestilaitteen suunnitelman apuna käytetään mukaillen Ulrich & Eppingerin tuotekehitysprosessia. Iskutestilaitte suunnitellaan käyttäen apuna Creo6- ja Solidworks -suunnitteluohjelmaa. Iskutestilaitteen suunnitelmassa halutaan huomioida työntekijöiden toiveet ja niiden pohjalta luoda uudet rakenneratkaisut 3D -mallintamalla ja luoda niistä uusi laitekokoontopano. Uusille rakenneratkaisuille suoritetaan simulaatioajot, joissa selvitetään rakenteisiin kohdistuvia voimia ja tutkitaan niiden kestävyyttä.

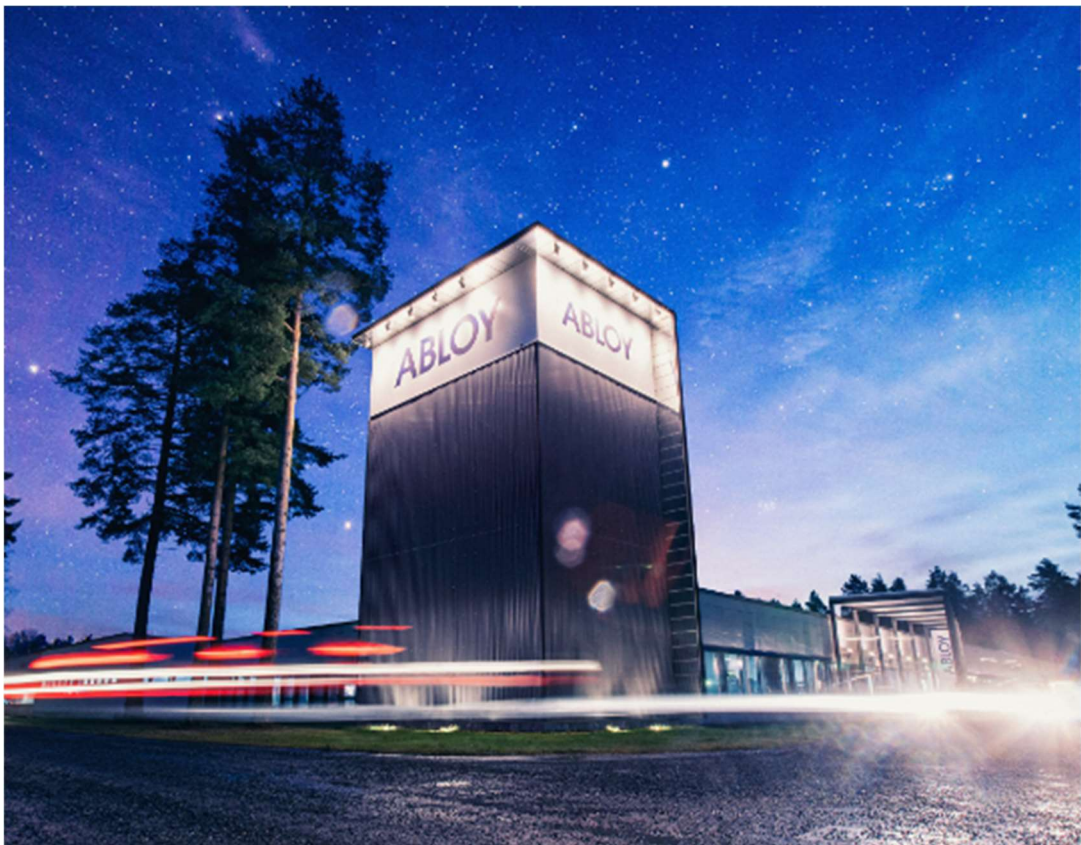
### **1.3 Opinnäytetyön toimeksianto**

Opinnäytetyön toimeksianto solmittiin syyskuussa 2023 yhdessä Abloyn kanssa. Testauksen puolella katsottiin uuden iskutestilaitteen suunnittelu ajankohdattaiseksi ja tämän pohjalta tehtiin opinnäytetyön toimeksiantosopimus. Toimeksiantosopimuksessa haluttiin suunnitelma uudesta iskutestilaitteesta, koska nykyinen käytössä oleva iskutestilaitteisto ei ole käyttäjälle ergonomisesti ystävällinen. Iskutestilaitteisto on ollut käytössä pitkään, ja tämä on myös luonut ajan saatossa laitteistoon kulumista, sekä muodonmuutoksia. Nykyisellä iskutestilaitteistolla suoritetaan pääsääntöisesti aiemmin mainittujen standardien iskutestejä. Uuden iskutestilaitteiston täytyy olla näihin soveltuva. Testaustiimi haluaa uuden iskutestilaitteen nykyisen tilalle, minkä tarkoituksena on parantaa työergonomiaa. Testiasetuksen valmisteleminen ja testin suorittaminen halutaan vaivattomammaksi ja vähemmän fyysisesti kuormittavaksi. Nykyisessä iskutestilaitteessa testiasetus tehdään lattiatasossa käytännössä polvet maata vasten -taktiikalla, sekä joissakin testeissä testiasetus vie niin paljon tilaa, että testikaapin ovea ei saa kunnolla kiinni ilman ylimääräisiä toimenpiteitä. Halutaan, että uusi iskutestilaitteisto voidaan sijoittaa samaan testitilaan kuin nykyinenkin laitteisto.

### **1.4 Abloy Oy**

Abloy Oy on ASSA Abloy -konserniin kuuluva merkittävä lukitustuotteiden valmistaja, joka valmistaa erilaisia lukitusratkaisuja ympäri maailman. Abloyn valmistavat lukitustuotteet ovat saaneet suosiota turvallisuudestaan ympäri

maailman. Joensuun tehdas on yrityksen päätoimipaikka ja siellä tapahtuu myös tuotteiden fyysinen valmistus. Myyntikonttoreita on Espoossa, Tampereella, Turussa ja Oulussa. Joensuun tehdas on perustettu vuonna 1968 ja se työllisti vuonna 2022 n. 800 henkilöä. Yrityksen liikevaihto oli 226,6 miljoonaa euroa vuonna 2022. Abloy Oy:llä on muun muassa ISO9001 sertifikaatti tuotanto- ja laadunhallintaprosesseista sekä myös ISO45001 sertifikaatti turvallisuudesta ja työterveydestä. (Abloy Oy 2023.)



Kuva 1. Abloy Oy:n Joensuun tehdas (Abloy Oy 2023).

## 1.5 Opinnäytetyön rajaus ja tavoitteet

Opinnäytetyö rajataan standardien SFS-EN 16864, SFS-EN 1303, SFS-EN 15684 ja SFS-EN 12320 määrittämiin iskutesteihin ja niiden vaatimuksiin, jotka koskevat iskutestilaitetta, ja näihin standardeihin perehtymällä saadaan luotua suunnitelma uudesta iskutestilaitteesta. Opinnäytetyöhön ei sisälly tarkkoja mittoja ja materiaalivalintoja uudesta iskutestilaitteesta. Opinnäytetyössä tuodaan



esiin ne rakenneratkaisut, jotka helpottavat käyttäjää suorittamaan testi alusta loppuun uudella iskutestilaitteella.

Opinnäytetyön tavoitteena on saada luotua suunnitelma uudesta iskutestilaitteesta, jossa on huomioitu työntekijöiden esittämät toiveet ja näiden toiveiden pohjalta luodaan uudet rakenneratkaisut uuteen iskutestilaitteistoon. Uuden iskutestilaitteen pitää olla soveltuva yllä mainittujen standardien iskutesteihin. Uusista rakenneratkaisuista halutaan saada tulokset, jotka osoittavat niiden kestävyden, kun laitteella suoritetaan iskutesti. Rakenneratkaisujen kestävyys halutaan testata simulaatiolla. Simulaatiossa halutaan suorittaa tapahtumat kolmesta eri tilanteesta. Simulaatiossa on myös tavoitteena saada useampia ajoja samanlaisesti tilanteesta, jossa erona olisi osien materiaalit. Näin saataisiin vertailuun, kuinka erilaiset materiaalit kestävät rasituksia.

## **1.6 Alkutilanne**

Tällä hetkellä testauksella on käytössä iskutestilaitteisto (kuva 2), joka täyttää käsiteltävien standardien vaatimukset iskutesteille. Nykyinen laite on ollut pitkään käytössä ja ajan saatossa se on tuonut laitteiston osiin muodonmuutoksia. Esimerkiksi iskutyökalun kohdistajan liikuteltavuus on raskasta. Lisäksi ergonomisesti laite ei ole täysin ystävällinen käyttäjälle koskien työtasoa, jossa testiasetus tehdään ja tuotteen kiinnitys on rajallinen. Testiasetuksien suorittaminen vie monesti turhan paljon aikaa johtuen käyttäjän huonosta työergonomiasta ja kappaleen kiinnityksen rajallisuudesta. Uudessa iskutestilaitteessa halutaan näihin muutoksia, jotta iskutestien suorittaminen olisi käyttäjälle fyysisesti kevyempää ja testiasetuksen suorittaminen sujuisi jouhevammin.



Kuva 2. Nykyinen iskutestilaite (Kuva: Vesa Väänänen).

## 2 Tietoperusta

### 2.1 Standardi käsitteenä

Standardi on asiakirja, joka sisältää määritelmiä, vaatimuksia ja ohjeita jostakin tietystä aiheesta. Asiakirjana standardi voi olla painettu fyysisesti, mutta nykyään standardeihin pääsee helposti käsiksi SFS Online -sivustolta. Standardeissa esipuhe ja johdanto kertovat standardin taustoista. Standardeissa on termit-osio, jossa avataan lukijalle standardissa määritetyt termit. Näiden jälkeen alkaa standardin varsinainen ydin, mikä pitää sisällään tarkat vaatimukset ja lopuksi on opastavaa sisältöä. Standardissa kerrotaan sen käyttötarkoitus, sekä mitä muita standardeja siinä tulisi huomioida. Standardi voi olla maakohtainen, maanosakohtainen tai maailmanlaajuinen. (SFS 2024.)



Kuva 3. Standardin tunnus. (SFS 2024. Mukailten)

Kuvan 3 standardi on vahvistettu Suomessa, Euroopassa ja maailmalla eli kansainvälisesti. Standardit mitä tulemme tuonnempana käsittelemään ovat SFS-EN-alkuisia eli standardit ovat vahvistettu Suomessa ja Euroopassa, mutta ei maailmanlaajuisesti.

## 2.2 Miksi standardeja käytetään?

Useilla eri toimialoilla käytettävät standardit helpottavat ja sujuvoittavat arkea, parantavat yhteensopivuutta ja turvallisuutta. Yritys voi käyttää standardeja varmistukseensa toimintansa laadun ja turvallisuuden. Yritykset voivat edellyttää standardien käyttöä myös alihankkijoiltaan. Viranomaiset voivat keventää ja nopeuttaa lainsäädäntötyötä viittaamalla lain vaatimukset kattavaan standardiin. (SFS 2024.)

## 2.3 Riippulukkojen iskutestit standardeista SFS-EN 16864 ja SFS-EN 12320

Standardit ovat eurooppalaisia standardeja, jotka ovat vahvistettu Suomessa. Standardit määrittelevät vaatimukset ja testausmenetelmät riippulukoille ja niiden avaimille. SFS-EN 16864 pitää sisällään mekatronisesti toimivat riippulukot ja niiden avaimet. (SFS-EN 16864, 2017, 5). SFS-EN 12320 pitää sisällään mekaanisesti toimivat riippulukot ja niiden avaimet. (SFS-EN 12320, 2021, 4). Kummatkin standardit ovat määrittäneet riippulukoille luokat, jonka mukaan iskutesti riippulukoille suoritetaan. Iskutestilaitetta suunniteltaessa on tärkeää

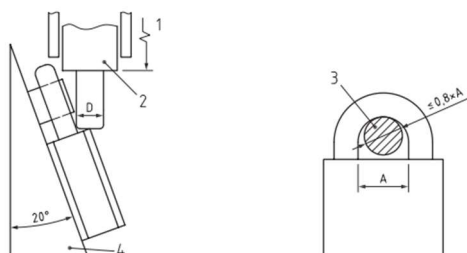
huomioida, että riippulukolle suoritettava testiasetus mahtuu laitteiston sisään järkevästi. Myös olennaista on huomioida suurin pudotuskorkeus ja punnuksen suurin paino iskutestilaitteiston rakenteen suunnittelussa.

Standardien riippulukkojen iskunkestävyystesteissä testataan riippulukon rungon ja sangan iskunkestävyyttä. Mekaanisissa riippulukoissa eli standardin SFS-EN 12320 iskunkestävyystesteissä on myös huomioitu riippulukon salpa. Standardeissa on tarkemmin määritetty iskujen lukumäärä.

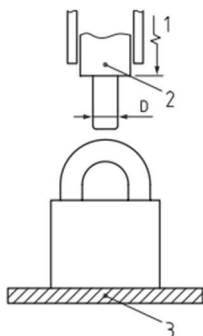
Ennen iskujen suorittamista riippulukot altistetaan kylmyydelle minimissään kolmeksi tunniksi. Kun tuote otetaan pois kylmätilasta, täytyy iskut aloittaa tästä 15 sekunnin sisällä ja kaikki iskut täytyy suorittaa 60 sekunnin sisällä siitä ajasta, kun tuote on otettu pois kylmätilasta (SFS-EN 16864, 30.) Kun testin suorittamiselle on annettu aikamäärä, on hyvä huomioida, että laitteiston rakenne antaa mahdollisuuden testin jouhevuudelle. Taulukko 4 on yhteenveto siitä, mitä jokainen luokka pitää sisällään. Jokaiselle riippulukolle on standardi määrittänyt oman luokan, jonka mukaan testi suoritetaan. Halkaisija tarkoittaa iskevän työkalun halkaisijaa. Kuvissa 4, 5, ja 6 ovat riippulukon testiasetukset iskutesteille.

Luokka	3	4	5	6
Lämpötila	-20°C	-20°C	-40°C	-40°C
Punnus	1250 g	3050 g	6550 g	7150 g
Korkeus	800 mm	1000 mm	1400 mm	1500 mm
Halkaisija	10 mm	12 mm	16 mm	20 mm

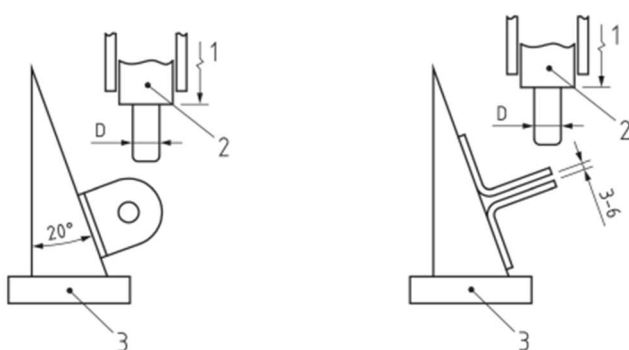
Taulukko 1. Taulukko standardin ohjearvoista testin suorittamiselle.



Kuva 4. Isku runkoon (SFS-EN 16864, 2017, 30).



Kuva 5. Isku sankaan (SFS-EN 16864, 2017, 30).



Kuva 6. Isku telkeen (SFS-EN 12320, 2021, 23).

Kuvissa 4 ja 5 standardin SFS-EN 16864 asetuskuvat riippulukkojen iskutesteille. Kuvassa 4 on määritetty testiasetus riippulukon runkoon ja kuvassa 5 riippulukon sankaan. Riippulukon sangan ja rungon iskutestien asetuskuvat ovat samanlaiset mekaanisilla ja mekatronisilla riippulukoilla, mutta kuvan 6 testiasetus riippulukon telkeen on tarkoitettu ainoastaan mekaanisille riippulukoille. Asetuskuvien avulla saadaan tuotteelle suoritettua oikeanlainen testiasetus.

#### 2.4 Lukkosylinterien iskutestit standardeista SFS-EN 15684:2020 ja SFS-EN 1303:2015

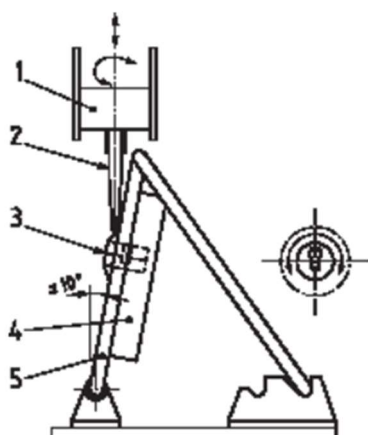
SFS-EN 15684:2020-standardi pitää sisällään mekatronisesti toimivat lukkosylinterit ja niiden avaimet. (SFS-EN 15684:2020, 5). SFS-EN 1303:2015 pitää sisällään mekaanisesti toimivat lukkosylinterit ja niiden avaimet. (SFS-EN 1303, 2015, 5). Nämä standardit määrittelevät vaatimukset ja testausmenetelmät lukkosylintereille. Iskutestilaitetta suunniteltaessa on olennaista kiinnittää

huomiota siihen, että standardin mukainen testiasetus mahtuu laitteiston sisään. Lukkosylinterien testiasetus iskutestilaitteessa vie huomattavasti enemmän tilaa kuin riippulukkojen standardien iskutestiasetukset kuvissa 4, 5 ja 6. Myös olen-  
naista on huomioida suurin pudotuskorkeus ja punnuksen suurin paino iskutes-  
tilaitteiston rakenteen suunnittelussa.

Standardien lukkosylinterien iskunkestävyystesteissä testataan lukkosylinterin iskunkestävyyttä. Molemmissa standardeissa testiasetus on samanlainen. Stan-  
dardeissa on tarkemmin määritetty testissä käytettävä iskutyökalu ja materiaali testilaatikolle, jossa lukkosylinteri on kiinni. Standardi vaatii testilaatikolta seu-  
raavat mitat:  $100\pm 5$  mm x  $300\pm 5$  mm x 40 mm (SFS-EN 1303, 2015, 17). Taulu-  
kossa 2 on kuvattu yhteenveto siitä, mitä jokainen luokka pitää sisällään. Jokai-  
selle lukkosylinterille on standardi määrittänyt oman luokan, jonka mukaan testi suoritetaan. Luokkien välillä muutos on vain iskujen lukumäärässä, punnus ja punnuksen pudotuskorkeus on aina sama.

Luokka	A	B	C	D
Isku määrä	30	40	30	40
Korkeus	$700\pm 10$ mm	$700\pm 10$ mm	$700\pm 10$ mm	$700\pm 10$ mm
Paino	$6\pm 0,25$ kg	$6\pm 0,25$ kg	$6\pm 0,25$ kg	$6\pm 0,25$ kg

Taulukko 2. Taulukko standardin ohjearvoista testin suorittamiselle.



Kuva 7. Isku lukkosylinteriin (SFS-EN 1303, 2015, 18).

Kuvassa 7 on standardin SFS-EN 1303:2015 antama kuva iskutestiasetuksesta lukkosylintereille. Testiasetus on samanlainen mekaanisilla ja mekatronisilla lukkosylintereillä.

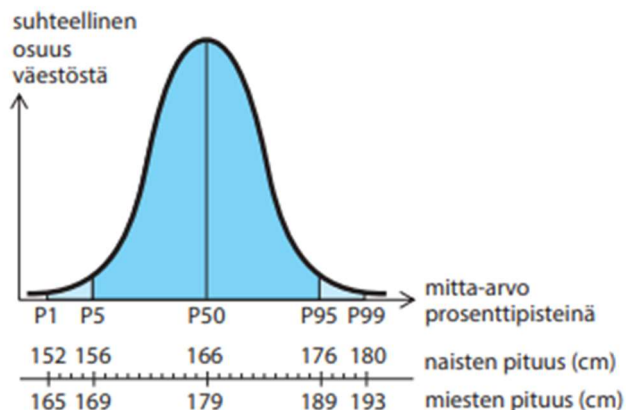
## 2.5 Ergonomia (työskentelykorkeus)

Työtason tarkoitus on toimia työkohteiden ja työkalujen lisäksi myös käsien tukena. Tämän osalta on tärkeää, että työtason korkeus on mitoitettu oikein työntekijälle. Työtason korkeuden määrittäminen työntekijälle on verrannollinen suoraan siihen, kuinka raskaita esineitä työntekijä joutuu käsittelemään. Työtaso ei saa toimia esteenä käsien vapaa liikutettavuudelle, mutta kuitenkin tarkoituksena tukea liikkeitä. (Launis & Lehtelä 2011, 151.)



Kuva 8. Ihmisen työskentelyasentoja (Launis & Lehtelä 2011, 23).

Uudessa iskutestilaitteessa työtason korkeus laskettiin käyttäen apuna kuvaa 9 ja taulukkoa 3. Työntekijöiden kyynärpään korkeus seisten keskiarvallisesti miehillä on 111,8 cm taulukosta 3. Tästä vähennetään taulukossa 4 mainittu 10–30 cm, koska työntekijällä on käsittelyssä raskaita esineitä.  $111,8 \text{ cm} - 30 \text{ cm} = 81,8 \text{ cm}$ . Työntekijöiden kanssa mittanauhan avulla demonstroimme työtason korkeutta ja yhteenvetona 80 cm korkeus osoittautui sopivaksi.



Kuva 9. Ihmisen pituusmittojen jakauma prosenttipisteineen suomalaisten aikuisten miesten ja naisten pituuksista (Launis & Lehtelä 2011, 54).

Mitta-arvo prosenttipisteinä (miehet)	P5	P50	P95
Kyynärpään korkeus seisten	104,3 cm	111,8 cm	118,8 cm

Taulukko 3. Aikuisen ihmisen perusmitat miehet (Launis & Lehtelä 2011, 56. Mukailten)

Raskaiden esineiden käsittely Nostotehtävät ja kehon painon käyttöä vaativat tehtävät	10–30 cm kyynärpään korkeutta alempana
--	---

Taulukko 4. Työtason korkeuden suositus työtehtävän mukaan. (Launis & Lehtelä 2011, 152. Mukailten)

### 3 Menetelmät

#### 3.1 Haastattelu

Teemahaastattelussa haastattelijalla kysymykset eivät ole tarkasti muotoiltu etukäteen tai kysymykset eivät ole aina samassa muodossa esittäessä. Teemahaastattelun lähtökohtana haastattelijalla on perehtynyt aineistoon ennen



haastattelua. Haastattelija valitsee aineiston tai kirjallisuuden pohjalta keskeiset asiat ja valmistaa näitten pohjalta kysymykset. (Hirsjärvi & Hurme 2001.)

Teemahaastattelu on suosittu haastattelumuoto, koska se antaa haastateltaville vastaamisen vapauden. Lisäksi haastattelijan jo ennakoon asetut teemat voivat muuttua haastattelun edetessä, riippuen mitkä asiat tulevat olennaisiksi. (Hirsjärvi & Hurme 2001.)

Haastattelun muodoksi halutaan valita teemahaastattelu, koska tämä antaa vapauden haastateltaville vastata kysymyksiin sekä tarvittaessa haastateltavat voivat luoda lisäkysymyksiä ja esittää niitä myös toisilleen. Tällöin haastateltavat pohtivat asioita yhdessä ja näin olleen loppuratkaisuna voidaan saada kaikkia tyydyttävä lopputulos. Vaikka puheelle annetaan tilaa, keskustelu pyritään kuitenkin pitämään annetun teeman sisällä.

### **3.2 FEM-laskenta**

Finite Element Method (FEM) menetelmällä voidaan mallintaa lähes millainen tahansa kappale tai kokonaisuus, materiaaliominaisuus tai kuormitus. Menetelmän avulla voidaan tuottaa ratkaisuja aina jännitysten laskennasta lämmönjohtavuuksiin. (Hietikko 2021, 115.)

FEM-menetelmässä rakenne kuvataan elementeillä, jotka on kytketty toisiinsa solmupisteissä. Elementtien muoto on yleensä sidottu, mutta yhdistelemällä niitä runsaasti ja tihentämällä ja harventamalla niiden verkkoa tarpeen mukaan voidaan mallintaa lähes millaisia osia tahansa. (Hietikko 2021, 116.)

FEM-menetelmän avulla voidaan laskea ja tarkastella iskutestilaitteen haluttuihin osiin vaikuttavia jännityksiä. Jännitysten avulla saamme tietoa siitä, kuinka uudet rakenneratkaisut kestävät.

### 3.3 Prosessimallit ja tyypit tuotekehityksessä

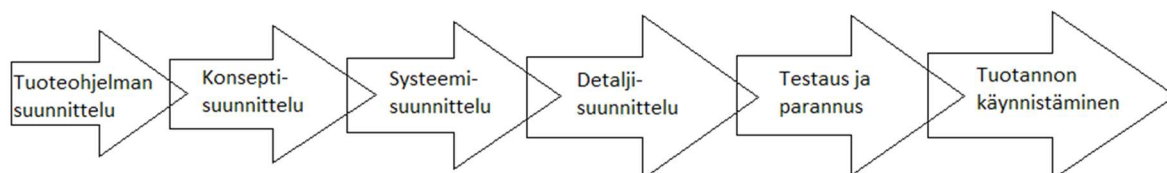
Tuotekehitysprosessin sijasta voidaan puhua myös tuotekehitysprojeektista, jos kyseessä on selkeästi projektimainen toteutus, johon sisältyvät aikataulut ja tavoitteet. Tuotekehitysprojeektit voidaan yleisesti jaotella kahteen eri malliin, joita voidaan kutsua vesiputous- ja spiraalimalleiksi. Vesiputousmallissa seuraavaan vaiheeseen ei voida siirtyä ennen kuin edeltävä vaihe on saatu päätökseen, kun taas spiraalimallissa prosessin vaiheita voidaan kiertää ympyrämäisesti uudelleen, kunnes se saavuttaa lopullisen muodon. Seuraavat vaiheet sisältyvät tuotekehityksen prosessimalliin:

- Tarpeen tunnistaminen
- Ongelman määrittely
- Synteesi
- Analyysi
- Optimointi
- Testaus
- Tuotannon käynnistäminen
- Arviointi

Näissä vaiheissa aina edellinen vaihe on saatava päätökseen seuraavaan siirtäessä. Eli vaiheet etenevät vesiputousmallin mukaan (Hietikko 2021, 46–47.)

Prosesseja on olemassa erilaisia, kuten markkinavetoinen prosessi, teknologia-työntöprosessi, paranteluprosessi, ja räätälöintiprosessi. Markkinavetoinen prosessi saa alkunsa markkinoilla olevasta tarpeesta ja sen tunnistamisesta. Teknologia-työntöprosessin kehitys alkaa teknologiainnovaatiosta ja sille etsitään sopivat markkinat. Paranteluprosessissa kehitetään jo olemassa olevaa tuotetta parempaan suuntaan. Räätälöintiprosessissa on kertaluontoinen ja se on asiakas-tilaukseen pohjautuva toteutus. (Hietikko 2021, 45.)

Tässä opinnäytetyössä otettiin osittain mallia Ulrich & Eppingerin tuotekehitys-prosessin mallista. Mallista poiketen tuoteohjelman suunnittelu ja tuotannon käynnistäminen jätettiin kokonaan pois.



Kuva 10. Ulrich & Eppingerin prosessimalli. (Hietikko 2021, 47. Mukaillen)

### 3.3.1 Konseptisuunnittelu

Ensimmäisenä täytyy selvittää asiakkaan tarpeet. Asiakkaan tarpeen selvittämisellä saadaan joukko tuuteominaisuuksia, jonka jälkeen asetetaan tuotespesifikaatiot, jotka ovat tuotteen mitattavia ominaisuuksia ja niiden tavoitearvoja. Tämän jälkeen voidaan siirtyä luovan työn vaiheeseen, jossa tarkoituksena on koota mahdollisimman paljon ideoita sekä luonnoksia asiakastarpeen ratkaisemiseksi. Ratkaisu voidaan myös jakaa tarvittaessa osaongelmiin, joihin etsitään tavoiteratkaisuvaihtoehtoja. Lopuksi luonnokset tai osa luonnoksista voidaan viedä jatkokehitykseen. (Hietikko 2021, 48.)

### 3.3.2 Systemisuunnittelu

Systemisuunnittelussa pohditaan edellisen kohdan eli konseptisuunnittelussa valittujen luonnosten pohjalta niiden arkkitehtuuria. Tarkoituksena on kiinnittää huomiota tuotteen rakenteeseen niin, että se saa tyydytettyä asiakkaan tarpeet mahdollisimman hyvin. (Hietikko 2021, 48.)

### 3.3.3 Detaljisuunnittelu

Tässä vaiheessa tuote tai tuotteen osat saavat lopullisen muotonsa. Samalla määritellään tuotteen osien materiaalit ja niiden valmistusvaiheet sekä tarvittaessa niiden työkalut. Kiinnitetään huomiota myös siihen missä tuotteen osat valmistetaan tai mistä tarvittaessa ostetaan. (Hietikko 2021, 48.)

### 3.3.4 Testaus

Tässä vaiheessa tuotteesta täytyy olla olemassa prototyyppi. Prototyypin ei tarvitse olla täysin yhtenevä lopullisen tuotteen kanssa. Prototyypiksi kelpaa myös tietokonemalli. Testausvaiheen tarkoituksena on saada tieto siitä, että tuote toimii halutulla tavalla ja se kustannukset ovat hallittavissa. (Hietikko 2021, 48.)

## 4 Käytäntö

### 4.1.1 Iskutestilaitteen konseptisuunnittelu

Ensimmäisenä työssä lähdettiin selvittämään asiakkaiden eli tässä tapauksessa työntekijöiden tarpeita. Tarpeita lähdettiin selvittämään haastattelemalla työntekijöitä. Haastattelun etuina olivat suuri määrä yksityiskohtaista tietoa ja tiedon kerääminen tapahtui nopeasti. Ennen haastatteluiden aloittamista täytyi selvittää kuitenkin aineistoa eli tässä tapauksessa standardit, jotka kohdistuvat iskutestilaitteeseen ja sillä suoritettaviin testeihin. Standardeihin perehtymällä minulla oli alustavaa tietoa siitä mitä vaatimuksia ja määritelmiä standardit asettavat iskutestilaitteelle.

Haastattelussa saadut tarvelauseet työntekijöiltä:

- Työskentelykorkeuden parantaminen
- Tuotteen kiinnityksen parantaminen

- Korkeudensäätö vaakakappaleelle esteettömämpi säädeltävyys
- Oven avaus paremmaksi, jotta saadaan suurempi käsiteltävyys laitteeseen
- Työtason pinta-ala suuremmaksi

Haastattelussa saatujen tarpeiden pohjalta luotiin kaavio 1 ratkaisuvaihtoehdoista uutta iskutestilaitteistoa kohtaan. Ratkaisuvaihtoehto-kaavioon ei tuotu esiin työskentelykorkeuden parantamista tai työtason pinta-alan suurentamista. Myös trapetsiruuvit, jotka läpäisevät vaakakappaleen on ollut ensisijainen toivomus, joten näin ollen se on myös päätetty ja otetaan siksi kaavioon mukaan yhdeksi ratkaisuvaihtoehdoksi. Työskentelykorkeuden määrittäminen on selvitetty teoriaosuudessa. Työtason pinta-ala on määritetty yhdessä työntekijöiden kanssa ja vähimmäisvaatimukseksi on määritetty 50 cm x 50 cm.

Ratkaisuvaihtoehdot Osatoiminnot	1	2	3	4
Tuotteen kiinnitys (työtaso)	t-urapöytä (urat pystysuuntaan)	t-urapöytä (x-urat)	t-urapöytä (urat vaak- ja pystysuuntaan)	työtaso ilman t- uria, runsaasti kiristysreikiä
Vaakakappaleen korkeuden säätö ja kiinnitys haluttuun korkeuteen	Vaakakappaleen rei'issä ei kierteitä + kiinnitys pyöreillä muttereilla	Vaakakappaleen rei'issä ei kierteitä + kiinnitys kuusiomuttereilla	Vaakakappaleen rei'issä trapetsikierteet + kiinnitys trapetsikierteillä	
Oven aukaisu	Laitteiston vastakkaiset sivut	Kulmakaappimainen aukaisu eli laitteiston etupuoli ja viereinen sivu saataisiin kokonaisuudessaan auki	Laitteiston vierekkäiset sivut	

Kaavio 1. Ratkaisuvaihtoehdot.

Ratkaisuvaihtoehto 1 (keltainen) tuotteen kiinnitys olisi periaatteeltaan samanlainen kuin nykyinen, mutta pinta-ala olisi suurempi ja reikiä olisi enemmän eli tämä olisi nykyiseen verrattuna parempi vaihtoehto. Tämä olisi myös

yksinkertaisempi ja helpompi valmistaa verrattuna taulukon muihin vaihtoehtoihin. Kuitenkin tulevaisuudessa testattaviin tuotteisiin voi tulla pieniä fyysisiä muutoksia tai yhdessä tuotekehityksen kanssa voidaan tehdä erilaisia testauksia muillekin tuotteille kuin riippulukoille ja lukkosylintereille. On huomioitavaa, että iskutestilaitte suunnitellaan alun perin tarkoituksena suorittaa aiemmin mainittujen standardien määrittämät iskutestit riippulukoille ja lukkosylintereille, mutta olisi myös positiivinen lisä, jos iskutestilaitteella voitaisiin testata jotain muutakin tuotetta. Työtasollakin tulee raja vastaan eli reikiä ei voida tehdä loputtomasti ja mikäli näihin reikiin tulee vauriota esimerkiksi kierteisiin niin reiät menevät käyttökelvottomiksi. Vaakakappaleen korkeuden säätö ja kiinnitys hahuttuun korkeuteen toteutettaisiin niin, että vaakakappaleen sivuilla olevissa läpi-rei'issä olisi kierteet. Tämä voisi tuottaa omat haasteensa itsevalmistuksessa, koska kierteiden täytyy onnistua tarkasti. Korkeuden säätämiseen ei tarvittaisi lisätyökaluja ja korkeutta voisi säätää kierittämällä käsin trapetsiruuveja, jotka läpäisevät vaakakappaleen reiät. Kuitenkin trapetsiruuvien kierittäminen täytyisi tapahtua täysin samanaikaisesti vaakakappaleen korkeuden säätämiseksi, koska trapetsiruuvit ovat vaakakappaleen molemmilla sivuilla. Riskinä tässä vaihtoehdossa olisi se, että mikäli vaakakappaleeseen kohdistuisi suuri isku esimerkiksi punnuksen osuminen niin tämä voisi vaurioittaa vaakakappaleen kierteet ja näin ollen vaakakappale jäisi käyttökelvottomaksi. Oven avaus olisi tässä ratkaisuvaihtoehdossa laitteen sivuilta iskutestilaitteen edestäpäin katsottuna. Eli laitteistossa olisi kiinteä seinä aina edessä ja halutessaan käyttäjä voisi avata yhden oven sivulta tai molemmat, jolloin pöytään päästäisiin käsiksi kahdesta suunnasta. Vaihtoehtona tämä voisi toimia, mutta kuitenkin nähdään tarpeelliseksi, että laitteistoon päästäisiin käsiksi suorittamaan testiasetus edestäpäin. Ja käyttäjälle tämä ratkaisuvaihtoehto voi tuoda ylimääräistä edestakaista liikkumista, koska testiasetuksen säätämisessä käyttäjä voi joutua siirtymään laitteiston toiselle puolelle.

Ratkaisuvaihtoehto 2 (musta) tuotteen kiinnitys toteutettaisiin t-urajärjestelmällä eli pöydässä olisi 7 kpl vaaka- ja pystysuuntaan t-urat. T-urajärjestelmässä kiinnitysreikien paikka pystyisi säätämään. Kiinnitysreikien putsaminen ajan tullen onnistuisi helposti, koska t-palat saataisiin työpöydästä irti. Mikäli t-palojen

kiinnitysreiät vaurioituisivat, esimerkiksi kierteet menisivät pilalle niin kyseinen viallinen t-pala saataisiin pöydästä irti ja sen tilalle voitaisiin laittaa uusi t-pala. T-urajärjestelmä antaisi lähes rajattomat kiinnitysvariaatiot tuotteille. T-urajärjestelmä on tietenkin valmistuotteena hintava ja itse tuotettuna koneistamalla haastavampi tehdä, mutta iskutestilaitteen on tarkoitus olla pitkäikäinen ja käyttäjäsävyllinen. Vaakakappaleen korkeuden säätö ja kiinnitys haluttuun korkeuteen toteutettaisiin niin, että kiinnitys toteutettaisiin muttereilla, jotka sijaitsevat vaakakappaleen ylä- ja alapuolella. Muodoltaan mutterit olisivat pyöreät ja niihin ei tarvitsisi työkaluja, jolloin muttereiden kiristys voitaisiin suorittaa käsillä. Muttereissa olisi kierteet, jotka olisivat yhtenevät trapetsiruuveihin. Tässä mekaniismissa alemmat mutterit voidaan kierittää käsin alaspäin, jolloin automaattisesti vaakakappale tulee alaspäin. Vaakakappaleessa läpireiät olisivat ilman kierteitä. Kun alemmat mutterit on kieritetty haluttuun korkeuteen niin vaakakappaleen ylemmät mutterit voidaan kiristää vaakakappaleen yläpuolella. Ongelmana tässä voisi olla se, että koska mutterit ovat pyöreät, niin onnistuuko käyttäjältä niiden kiristäminen käsivoimilla riittävän tiukalle. Oven avaus toimisi kulmakaappimaisesti ja saranat laitettaisiin kahteen kulmaan ja käyttäjä saisi kokonaan auki laitteiston edestäpäin katsottuna etu- sivupuolen.

Ratkaisuvaihtoehto 3 (sininen) valittiin ratkaisuksi. Työtaso toteutetaan t-urajärjestelmällä, jossa t-urat ovat yhteen suuntaan iskutestilaitteen suuntaisesti. Urien ei tarvitse olla kahteen suuntaan, koska se ei sinänsä tuo tässä testilaitteessa niin merkittäviä etuja. Lisäksi t-urajärjestelmä, jossa urat ovat yhteen suuntaan on valmistuotteena edullisempi, sekä myös itse koneistettuna nopeampi ja helpompi valmistaa verrattuun siihen, jos urat olisivat useampaan suuntaan. Vaakakappaleen korkeudensäätö ja kiinnitys toteutetaan lähes samalla tavalla kuin ratkaisuvaihtoehto 2:ssa, mutta mutterit ovat muodoltaan kuusiomalliset, jolloin mutterin kiristämiseen voidaan hankkia työkalu ja seurauksena se saadaan tarpeeksi kireälle, jolloin mutterit eivät pääse löystymään kesken testin. Oven aukaisu toteutetaan niin, että laitteistossa saadaan auki etupuoli sekä sen viereinen sivu. Mikäli käyttäjä tarvitsee enemmän tilaa päästääkseen työpöytänsä käsiksi voi hän aukaista molemmat ovet. Ovet avautuisivat toisistaan pois päin eli vastakkaiseen suuntaan.

Kaaviossa ei käsitelty t-urajärjestelmää, jossa urat olisivat x-suuntaisesti. Se on kustannuksiltaan suurin ja myös itse koneistettuna erittäin haastava suorittaa. Tässä laitteistossa ei nähdä tarpeelliseksi sen toteuttamista.

#### 4.1.1 Iskutestilaitteen systeemisuunnittelu

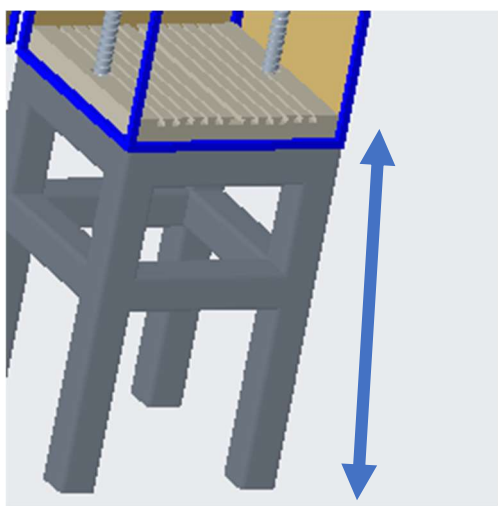
Yksi tärkeimmistä seikoista, mikä pitää ottaa huomioon uudessa iskutestilaitteistossa on sen työskentelykorkeus. Nykyisessä iskutestilaitteessa työkorkeus on lattiatasossa, jossa käyttäjä suorittaa testiasetuksen. Käyttäjälle työskentelyasennon vaihtoehtoiksi on polvet vasten maata, kyykyssä tai tuoilta kurkottaen alaspäin. Tämän seurauksena käyttäjälle voi aiheutua polviin ja selkälihaksiin kipuja. Taukojen pitäminen luodessa testiasetusta saattaa osin helpottaa käyttäjää näiltä vaivoilta, mutta tämä pitkittää monesti testiasetuksen tekemistä ja joissakin tapauksissa testiasetuksen tekeminen itsessään vie paljon aikaa eli tämä on käyttäjälle fyysisesti kuormittavaa. Kuva 11, joka on otettu nykyisestä iskutestilaitteesta ja nuolen osoittamassa suunnassa on työtaso, johon testiasetus tehdään.



Kuva 11. Nykyisen iskutestilaitteen työskentelytaso (Kuva: Vesa Väänänen).



Työtason korkeudeksi uudessa iskutestilaitteessa asetetaan n. 80 cm. Työkorkeus on selvitetty aiemmin teoriaosuudessa, sekä vertailimme korkeuksia yhdessä työntekijöiden kanssa ja lopputuloksena totesimme, että n. 80 cm työskentelykorkeus on sopiva. Tällöin työtaso olisi käyttäjällä karkeasti noin vyötärön korkeudella. Tämän seurauksena työntekijä voisi tehdä testiasetuksen seisoma-asennossa ja tällöin myös raskaiden esineiden siirtäminen työtasolla vähentäisi työntekijälle aiheutuvaa fyysistä kuormitusta, koska kyynärpäät ovat riittävän korkealla työtasosta. Työtason saaminen korkeammalle toteutetaan jalkasilla, jonka päälle työtaso laitetaan. Kuva 12, joka on suunniteltu Creo6 -ohjelmalla. Nuolen tarkoitus kuvassa on kuvastaa n. 80 cm työskentelykorkeutta.



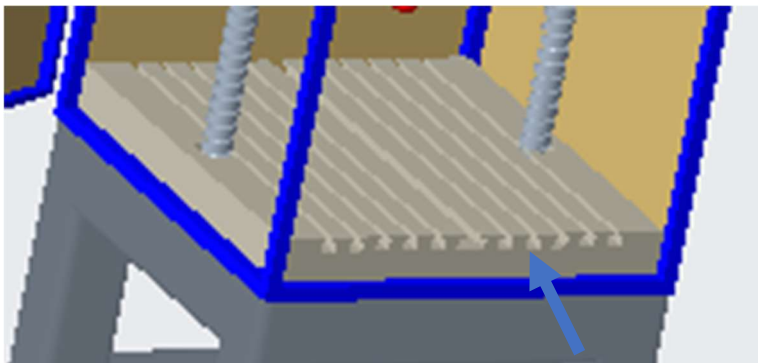
Kuva 12. Työkorkeus. Creo6 (Vesa Väänänen).

Tuotteen kiinnitys on tällä hetkellä rajallinen, koska nykyisessä työpöydässä on vain muutama reikä, johon testiasetus asetetaan kiinni. Tämä vaatii käyttäjältä välillä osin luovuutta, kuinka saada tuote järkevästi ja tukevasti työtasoon kiinni. Lisäksi työtason pinta-ala on tällä hetkellä n. 400 mm x 400 mm, mikä lisää tuotteen kiinnityksen rajallisuutta, joka saattaa välillä tuoda lisää rajoitteita testiasetuksen tekemiselle.



Kuva 13. Nykyisen iskutestilaitteen kappaleen kiinnitys (Kuva: Vesa Väänänen).

Uusien tuotteitten tullessa iskutestaukseen testiasetukset muuttuvat, koska uudet tuotteet eivät välttämättä aina ole muodoltaan samanlaisia. Joskus voi tulla tilanteita, jolloin kiinnitysreiät eivät ole sopivalla paikalla testiasetuksen kiinnittämiseksi. Nykyiseen pöytään voisi tehdä enemmän kiinnitysreikiä, mutta niitäkään ei rajattomasti voi tehdä, sillä työtason fyysiset ominaisuudet voivat kärsiä ja lopputuloksena luoda materiaaliin haurastumia. Hyvä vaihtoehto olisi, että kiinnitysreikiä olisi runsaammin ja niiden paikkoja voitaisiin säädellä. Tämä auttaisi työntekijää kiinnittämään kappale nopeasti ja tukevasti. Tämän voisi helpoiten ja parhaiten toteuttaa pöydällä, jossa olisi t-urat. Reikien liikuteltavuus toteutettaisiin t-uramuttereilla. Tämä antaisi melkein rajattomat kiinnitysmahdollisuudet testiasetukselle. Lisäksi työpöydän pinta-ala voisi olla vähintään 500 mm x 500 mm ja maksimissaan 600 mm x 600 mm.



Kuva 14. T-urapöytä yhdensuuntaisilla urilla. Creo6 (Vesa Väänänen).

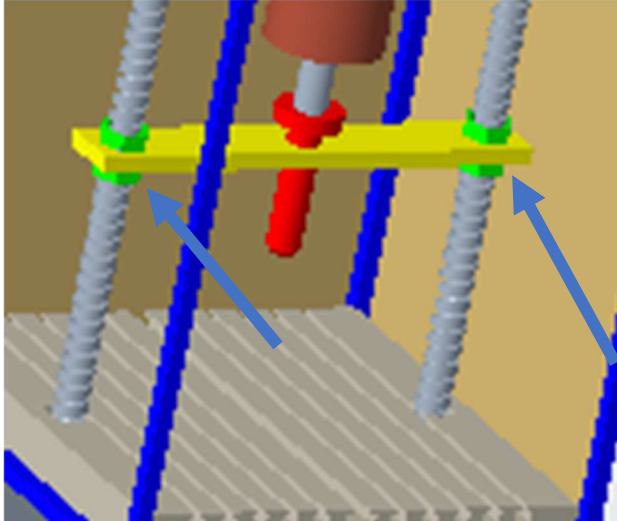
Nykyisessä iskutestilaitteessa korkeudensäätö vaakakappaleelle tuottaa käyttäjälle välillä haasteita sen muodonmuutosten takia. Vaikka vaakakappaleen kiinnitysruuvit aukaistaan, täytyy vaakakappaleeseen kohdistaa esimerkiksi kumi-vasaralla hennosti iskuja, jotta sitä pystyy liikuttamaan. Vaakakappaleen tarkoitus on toimia ohjauksena iskutyökalulle, kun tuotteeseen kohdistetaan iskuja. Lisäksi vaakakappaleen läpireikä keskellä, jonka läpi iskutyökalu tulee, voisi olla myös paremmin huomioonottava talttatyökalua kohtaan. Vasaraiskututyökalulle pyöreä läpireikä on hyvä, mutta talttaiskutestissä taltan asentoa saattaa joutua korjaamaan kesken testin.



Kuva 15. Nykyisen iskutestilaitteen vaakakappale/kohdistajakappale (Kuva: Vesa Väänänen).

Nykyiset pystytangot korvataan trapetsiruuveilla, jotka läpäisevät vaakakappaleen läpireiät. Lisäksi vaakakappaleen reiät asetetaan halkaisijaltaan suuremmiksi kuin pystytankojen reikien halkaisijat, jotta vaakakappaleen liikkuvuus mahdollisimman esteetön. Vaakakappaleen rei'issä ei ole kierteitä.

Vaakakappaleen kiinnitys tapahtuisi muttereilla ylä- ja alapuolelta, jotka olisivat kiinni trapetsitangossa. Mutterit olisivat muodoltaan kuusiomaiset ja näitä voitaisiin kiristää sille kuuluvalla työkalulla. Kuvassa 16 havainnollistettu malli, jossa nähdään vaakakappaleen kiinnitys kuusiomuttereilla ja trapetsiruuvit.



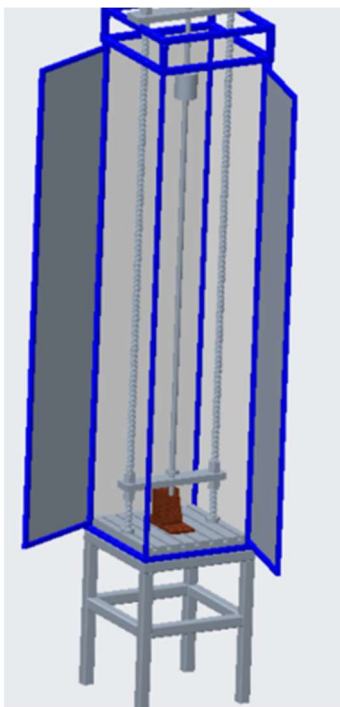
Kuva 16. Kiinnitysratkaisu. Creo6 (Vesa Väänänen).

Iskutestilaitteen oven avausmekanismi toimii tällä hetkellä yhden kulman sara-noista. Oven saa auki iskutestilaitteen etupuolelta ja tämä saattaa välillä tuottaa ongelmia työntekijälle, koska työpöytään päästään käsiksi säätämään asetuksia vain yhdestä suunnasta. Mikäli työpöydän pinta-ala olisi suurempi voisi tämä ratkaisuna toimiakin riittävän hyvin.



Kuva 17. Iskutestilaitteen ovenavausmekanismi. Creo6 (Kuva: Vesa Väänänen).

Oven aukaisu toteutetaan niin, että laitteistossa saadaan auki etupuoli sekä sen viereinen sivu. Mikäli käyttäjä tarvitsee enemmän tilaa päästääkseen työpöytään käsiksi voi hän aukaista molemmat ovet. Ovet avautuisivat toisistaan pois-päin eli vastakkaiseen suuntaan pääovimaisesti.

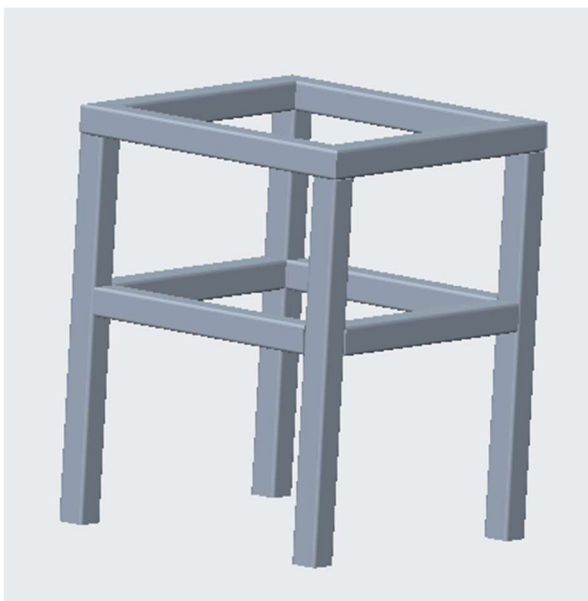


Kuva 18. Iskutestilaitteen ovenavausmekanismi. Creo6 (Vesa Väänänen).

#### 4.1.2 Iskutestilaitteen detaljisuunnittelu

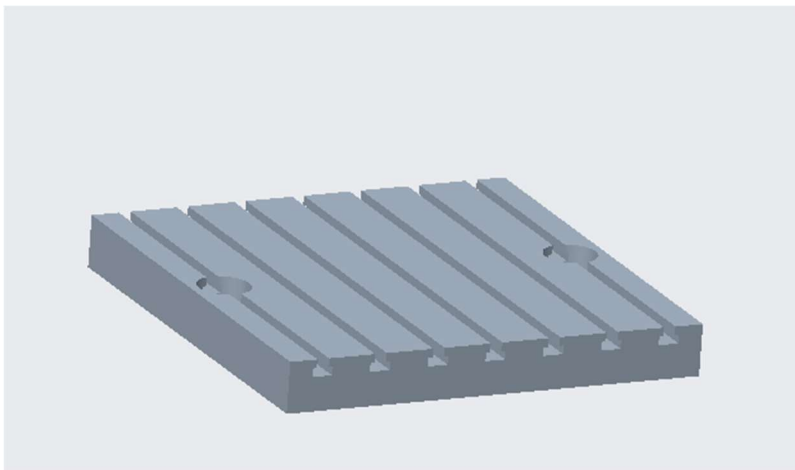
Laitteiston työtason jalakset valmistetaan teräksestä ja sille määritetään haluttu seinämän paksuus. Teräs valittiin sen vahvuutensa ja lujuutensa takia. Teräksellä on yleisesti ottaen hyvä lujuus-painosuhte. Lisäksi teräs on helposti saatavilla. Jalkojen korkeus laaditaan niin, että saataisiin toteutettua teoriaosuudessa mainittu n. 80 cm korkeus työtasolle. Pituuden ja leveyden mitat laaditaan niin, että valittu työtaso asettuu hyvin rakenteen päälle. Työtason jalat valmistetaan ja hitsataan yhteen kokoonpanoksi alihankkijalla. Kuvassa 19 on toteutuksen

mallinnus työtason jalaksien kokoonpanosta. Jalakset on mallinnettu Creo6 -ohjelmalla.



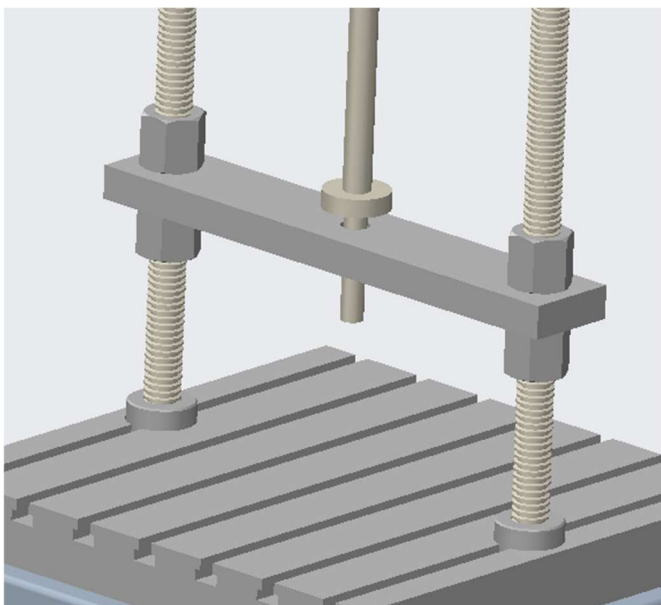
Kuva 19. Työtason jalkojen kokoonpano. Creo6 (Vesa Väänänen).

Iskutestilaitteeseen valikoitiin työtasoksi t-urapöytä. T-urapöydässä riittää, että t-urat ovat yhteen suuntaan ja niitä olisi 7 kappaletta. T-urapöytään tehdään sivuille suuret reiät, johon upotetaan pyöreät mutterit. Pyöreät mutterit asennetaan trapetsiruuveihin. Pyöreän mutterin tarkoituksena on antaa tuki trapetsiruuveilla. T-urapöydässä olevat reiät, johon mutterit asennetaan eivät ole läpireikiä. T-urapöytä valmistetaan teräksestä. Teräs valittiin sen vahvuutensa ja lujuutensa takia. Teräksellä on yleisesti ottaen hyvä lujuus-painosuhte. T-urapöytä on itse koneistettavissa ja näin ollen kustannukset saadaan pidettyä matalampana. Pyöreät mutterit löytyvät valmistuotteena ja materiaalina käytetään terästä. T-urapöydän pituuden ja leveyden mitat ovat 50 cm x 50 cm. T-urapöytää ei tarvitse sen erityisemmin kiinnittää, koska iskutestilaitteiston kehikko on t-urapöydän ympärillä, ja massansa takia t-urapöytä pysyy paikoillaan. Kuvassa 20 on mallinnettu t-urapöytä Creo6 -ohjelmalla.



Kuva 20. T-urapöytä. Creo6 (Vesa Väänänen).

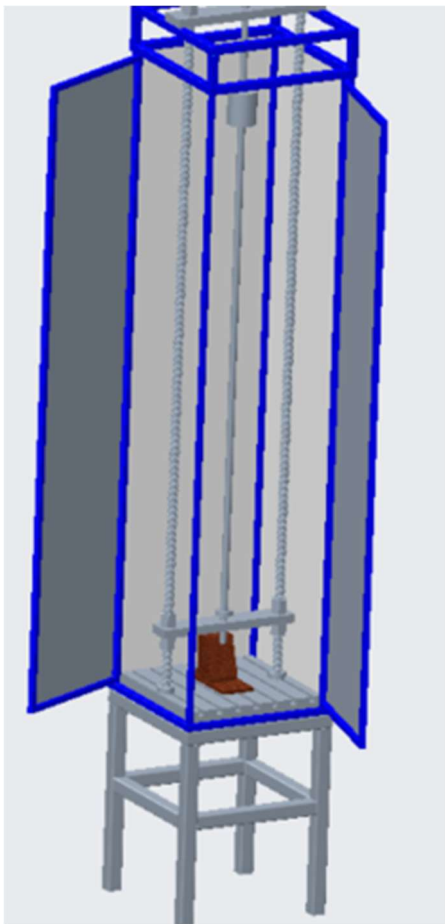
Vaakakappaleen eli iskutyökalun kohdistajan korkeudensäätömekanismi ja kiinnitys toteutetaan trapetsiruuveilla ja niihin yhteensopivilla kuusiomuttereilla. Vaakakappaleessa olisi läpireiät entiseen tapaan ilman kierteitä. Trapetsiruuvit lävistävät vaakakappaleen läpireiät ja läpireikien halkaisija on pienellä välyksellä suurempi kuin trapetsiruuvienv halkaisija, jotta tämä mahdollistaa vaakakappaleen vapaan liikkumisen, kun sitä säädetään haluttuun korkeuteen. Vaakakappale säädetään ja kiristetään paikoilleen kuusiomuttereille ylä- ja alapuolelta. Trapetsiruuvit ovat tilattavissa valmistuotteena ja materiaalina käytetään terästä. Terästä käytetään myös kuusiomuttereissa ja ne löytyvät valmistuotteena. Vaakakappale voidaan koneistaa itse ja materiaaliksi valitaan työkaluteräs lujutensa ja kovuutensa takia. Kuvassa 25 nähdään kohdistajakappale, joka on kiristetty kuusiomuttereilla sen ylä- ja alapuolelta trapetsiruuveihin. Kuvassa havaittavissa myös pyöreät mutterit, joissa trapetsiruuvit kiinni. Mallinnuksen kokoonpano toteutettu Creo6 -ohjelmalla.



Kuva 21. Vaakakappale kiristetty kuusiomuttereilla ja alhaalla t-urapöydässä osittain sisällä olevat pyöreät mutterit. Creo6 (Vesa Väänänen).

Iskutestilaitteiston ovenaukaisumekanismi tullaan toteuttamaan niin, että käyttäjä voi halutessaan aukaista oven iskutestilaitteiston etupuolelta samalla periaatteella kuin ennenkin, mutta tarpeen vaatiessa käyttäjällä on mahdollisuus aukaista lisäovi sivupuolelta. Ovet aukeavat toisistaan ulospäin. Kuitenkin työta-son pinta-ala on nyt suurempi (50 cm x 50 cm) kuin vanhassa iskutestilaitteessa (40 cm x 40 cm), joka tarkoittaa sitä, että uuden iskutestilaitteen kehikon leveys on leveämpi verrattuna entiseen iskutestilaitteistoon, joten käyttäjällä on myös enemmän tilaa toteuttaa testiasetus etupuolelta yhtä ovea käyttäen. Ovien runkomateriaalina käytetään samaa materiaalia kuin vanhassa iskutestilaitteis-tossa. Sen materiaalia ei ole syytä vaihtaa, koska se on todettu toimivaksi. Myös ovien saranamekanismi toteutetaan samalla tavalla kuin vanhassa isku-testilaitteistossa. Kuvassa 22 malliesimerkki ovenavausmekanismista. Kokoon-pano suoritettu Creo6 -ohjelmalla.





Kuva 22. Ovenavausmekanismi. Creo6 (Vesa Väänänen).

#### 4.1.3 Iskutestilaitteen testaus

Iskutestilaitteiston testaus suoritettiin simulaation avulla. Simulaation tarkoituksena on tuottaa tietoa 3D-ohjelmalla tehdylle mallille eli tässä tapauksessa tietokonemallille suoritettu testi, joka kuvastaisi mahdollisimman tarkasti tilannetta, jos tuote olisi fyysinen ja sille suoritettaisiin samanlainen testi. Simulaatiossa haluttiin nähtäväksi tietoa siitä, että minkälaisia voimia iskutestilaitteiston uusiin rakenneratkaisuihin kohdistuu ja onko niihin tarpeellista tehdä muutoksia. Simulaatioon on osat, joihin suurin rasitus syntyy eli jalusta ja t-urapöytä. Simulaation tulokset on laskettu Abaqus Explicit -ohjelmalla ja laskelmissa on käytetty 5800 mm/s törmäysnopeutta (kaava 1). Simulaatiossa iskutestilaitteen punnukseksi asetettiin 7,2 kg ja se pudotettiin 1700 mm korkeudesta. Aiemmin

teoriaosuudessa käsiteltiin standardien iskutestejä, jossa standardi määrittä suurimmaksi sallituksi painoksi 7,150 kg ja sen pudotuskorkeudeksi 1500 mm.

Simulaatiossa haluttiin tarkastella kolmea eri tilannetta:

1. Punnus pudotetaan iskutyökaluun, joka iskeytyy punnuksen törmäysvoimasta testikappaleeseen. Tämä on ns. normaalitilanne ja tilanne, johon iskutestilaitteisto on suunniteltu.
2. Punnus pudotetaan iskutyökaluun, joka iskeytyy punnuksen voimasta t-urapöytään. Tässä tilanteessa laitteistossa ei ole paikallaan tuotetta ja sille kuuluvaa testiasetusta. Tämän tilanteen toteutuminen tarkoittaa sitä, että käyttäjä ei tarkista ennen testiä, että on laittanut tuotteen laitteeseen ja tehnyt sille tarkoitetun testiasetuksen. Ei ole tietoa, että näin olisi koskaan käynyt.
3. Punnus pudotetaan iskutyökaluun, joka iskeytyy punnuksen voimasta vaakakappaleeseen eli kohdistajaan. Tämä tilanne on mahdollinen, mikäli kohdistaja asetetaan liian ylös ja iskutyökalu ei ylety testattavaan tuotteeseen.

Törmäysnopeus on laskettu käyttäen alla olevaa kaavaa. G tarkoittaa kaavassa maanvetovoiman aiheuttamaa kiihtyvyyttä, joka on asetettu  $9,81 \text{ m/s}^2$  ja h on pudotuskorkeus eli 1700 mm. Törmäysnopeudeksi saadaan 5800 mm/s.

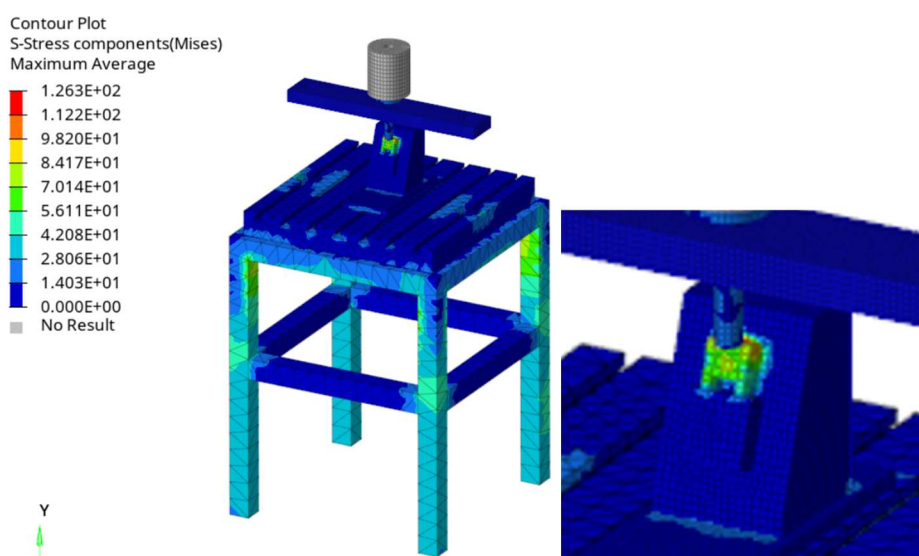
$$v = \sqrt{2gh}$$

Kaava 1. Törmäysnopeuden kaava.

## 5 Tulokset

### 5.1 Simulaatio 1

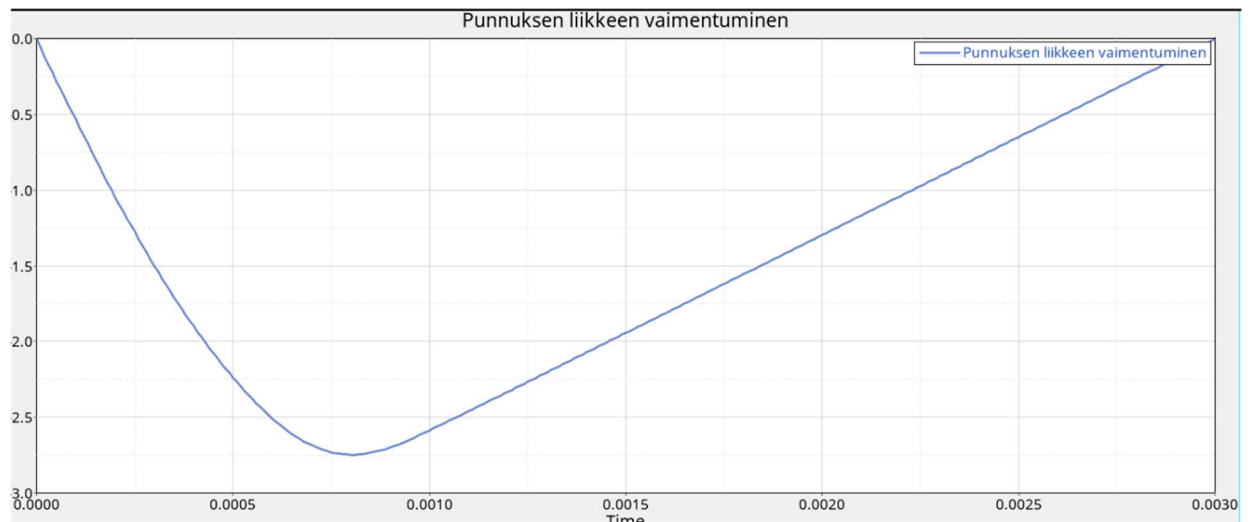
Ensimmäisessä tarkastelussa 7,2 kg punnus pudotetaan 1700 mm korkeudesta iskutyökaluun ja iskutyökalu iskeytyy tuotteeseen punnuksen aiheuttamasta törmäysvoimasta. Laskelmissa on käytetty 5800 mm/s törmäysnopeutta. Kuvasta voidaan todeta, että suurin voima kohdistuu testattavaan tuotteeseen niin kuin kuuluukin. Jalustan osalta jännitykset ovat maksimissaan n. 100 MPa. Kuvan 23 vasemmassa on voimataulukko, jossa  $9.829E+01$  on muunnettuna n. 93 MPa. Jalustan myötöraja on 200 MPa. Eli mikäli 200 MPa ylittyisi niin tarkoittaisi tämä sitä, että jalustalle tulisi plastisia ominaisuuksia eli muodonmuutoksia, jotka eivät enää palautuisi alkuperäiseen muotoon, eli jalustaan jäisi pieniä muodonmuutoksia. Jalustan vetomurtolujuus on 310 MPa. Tämän voiman ylittäessä jalustaan tulisi halkeamia eli käytännössä jalusta rikkoontuisi, eli jalustaan kohdistuva n. 100 MPa jännitys ei aiheuta rakenteellisia muodonmuutoksia.



Kuva 23. Isku kappaleeseen. Abaqus Explicit (Vesa Väänänen).

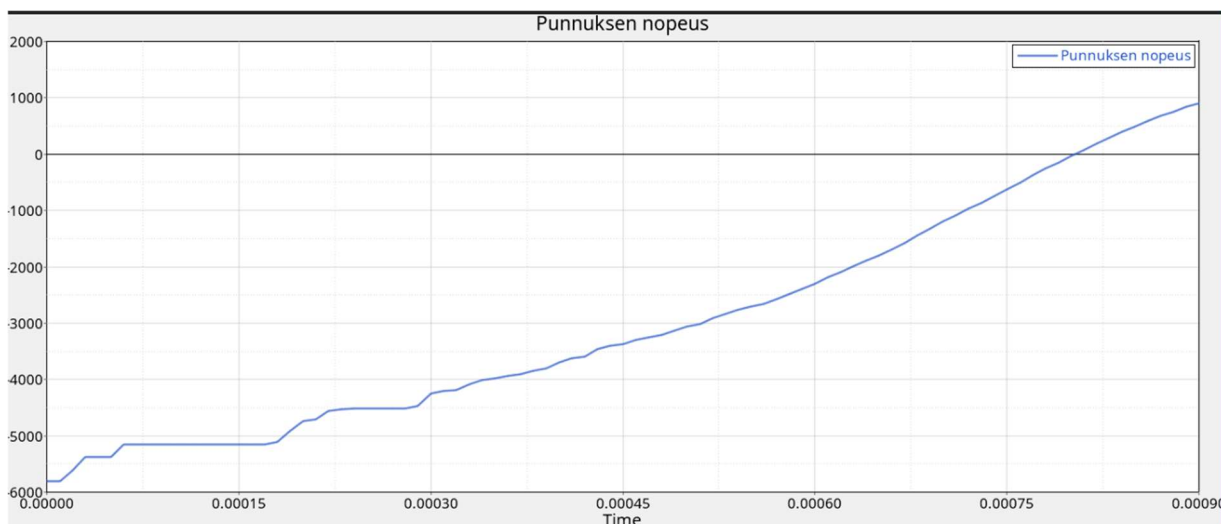
Seuraavalla sivulla olevasta kuvaajasta (kuva 24) voidaan huomata samassa tilanteessa punnuksen vaimentuminen, kun punnus pudotetaan testikappaleeseen. Punnuksen vaimentumisella tarkoitetaan sitä, kun punnus pudotetaan testikappaleeseen niin kuinka paljon punnus "laskeutuu" alaspäin verraten

siihen kohtaan, kun se ensimmäisen törmäyksen teki. Eli toisin sanoen kuvaajan alussa punnus on juuri tehnyt törmäyksen kappaleeseen ja se laskeutuu siitä vielä 2,5 mm alaspäin. Kuitenkin tässä täytyy huomioida alkuasetelman 0,25 mm välys. Eli punnuksen alin piste on tällöin 2,25 mm. Käyrän nousu ajan kasvaessa tarkoittaa punnuksen takaisin kimpoamista.



Kuva 24. Punnuksen liikkeen vaimentuminen. Yksiköt: mm ja sekunti. Abaqus Explicit. Vesa Väänänen

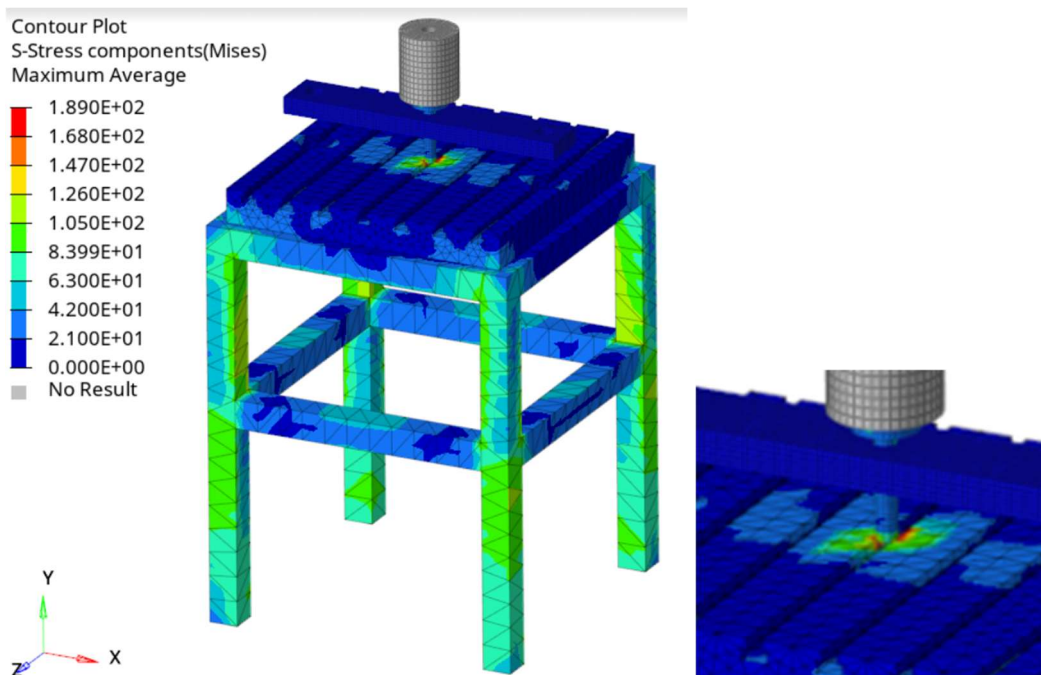
Simulaatiossa haluttiin tuottaa toinen analyysi (kuva 25) punnuksen nopeuden muutoksesta, kun punnus tekee törmäyksen. Kuvaajasta voidaan huomata, että punnuksen törmäysnopeus on n. 5800 mm/s. Punnuksen osuminen iskutyökaluun ja iskutyökalun osuminen testikappaleeseen punnuksen vauhti luonnollisesti hidastuu heti törmäyksen voimasta ja lopulta punnus ”kimpoaa” eli nopeus muuttuu päinvastaiseen suuntaan. Käyrän leikkaaminen nollakohdassa tarkoittaa punnuksen hetkellistä pysähtymistä ja siitä ylöspäin jatkuva käyrä tarkoittaa punnuksen ”kimpoamista”.



Kuva 25. Punnuksen nopeudenmuutos. Yksiköt mm ja sekunti. Abaqus Explicit.  
Vesa Väänänen

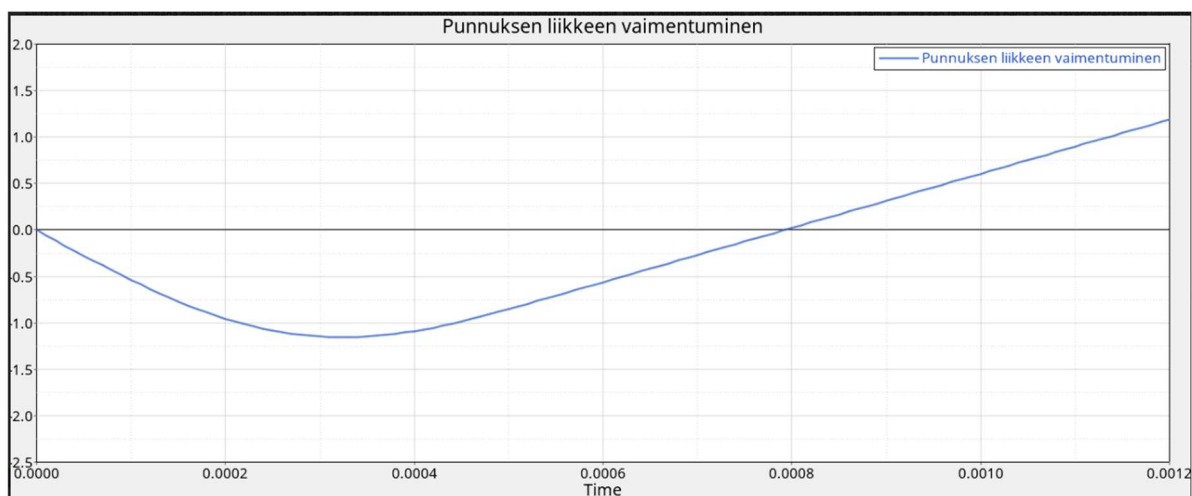
## 5.2 Simulaatio 2

Toisessa tarkastelussa 7,2 kg punnus pudotetaan iskutyökaluun ja iskutyökalu osuu t-urapöytään. 1700 mm korkeudesta. Laskelmissa on käytetty 5800 mm/s törmäysnopeutta eli samalla periaatteella kuin ensimmäisessäkin tarkastelussa. Kuvasta voidaan todeta, että iskutyökalan osuessa t-urapöytään jalustan osalta jännitykset ovat maksimissaan n. 130 MPa ja t-urapöydän iskun kohdassa n. 189 MPa. Eli jalustan myötöraja on 200 MPa niin 130 MPa jännitys on ok. Kun taas T-urapöydän materiaalin myötöraja on 200 MPa ja vetomurtolujuus on 310MPa niin tarkoittaa tämä sitä, että 189 MPa voima on ok ja ollaan pöydän materiaalin myötörajojen sisällä.



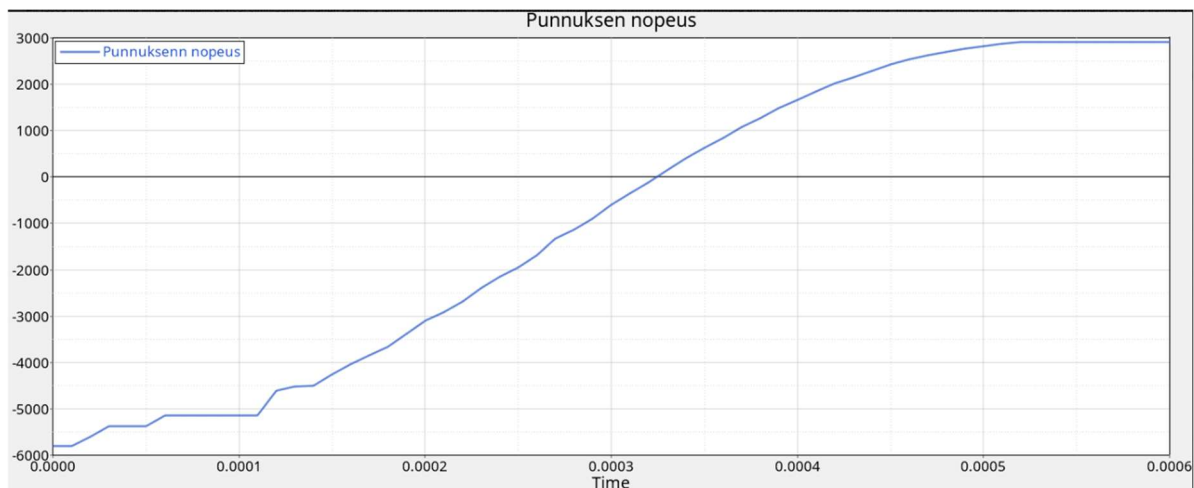
Kuva 26. Iskutyökalan iskeytyminen t-urapöytään.

Kuva 27 voidaan huomata punnuksen vaimentuminen punnuksen törmätessä iskutyökaluun, joka tuottaa voiman t-urapöytään. Kuvaajan alussa punnus on juuri tehnyt törmäyksen iskutyökaluun, joka iskeytyy punnuksen voimasta t-urapöytään. Kuvaajasta katsottuna punnus laskeutuu n. 1,25 mm alaspäin ensimmäisestä törmäyskohdasta. Tässä täytyy huomioida alkuasetelman 0,25 mm välys samalla tavalla kuin ensimmäisessäkin tarkastelussa. Eli punnus laskeutuu n. 1 mm alaspäin ensimmäisestä törmäyskohdasta.



Kuva 27. Punnuksen liikkeen vaimentuminen. Abaqus Explicit. Vesa Väänänen

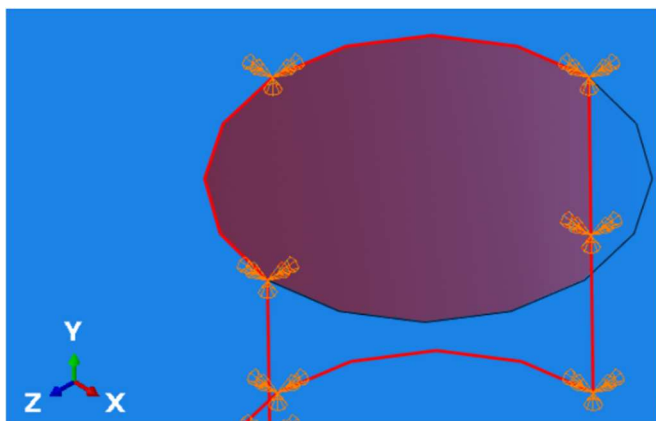
Kuvasta 28 voidaan huomata simulaatiossa tapahtuvan törmäyksen muutoksen heti törmäyksen jälkeen. Kuvaajasta voidaan huomata, että punnuksen nopeus törmäyksessä on n. 5800 mm/s. Kuvaajasta huomataan punnuksen ”kimpoaminen” samalla periaatteella kuin ensimmäisessäkin simulaatiossa.



Kuva 28. Punnuksen liikkeen vaimentuminen. Abaqus Explicit. Vesa Väänänen

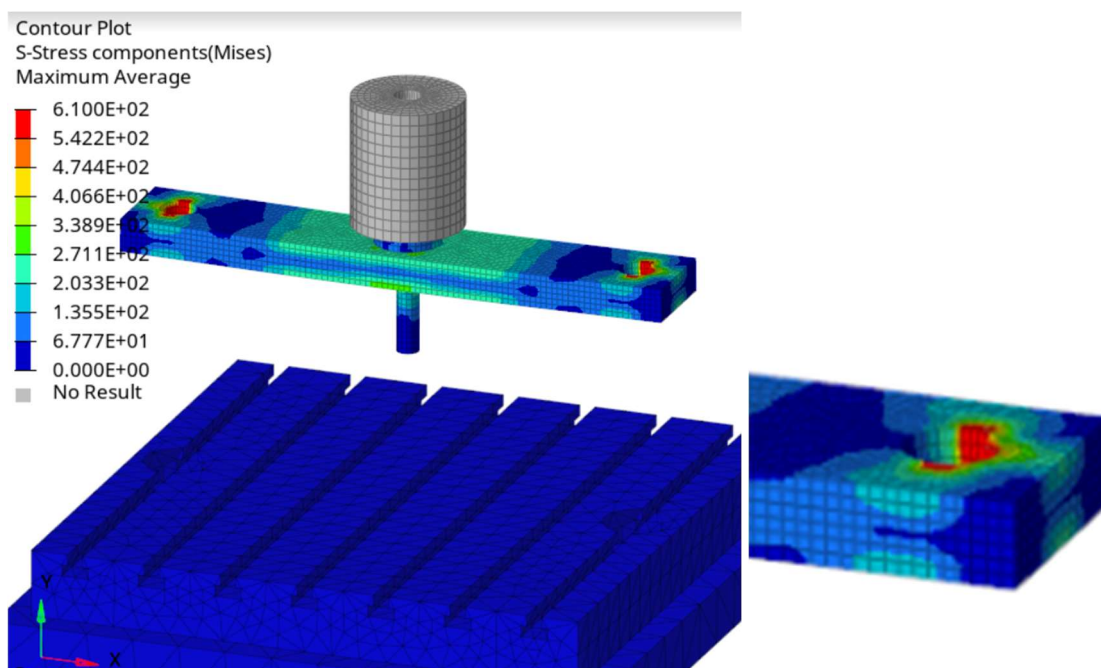
### 5.3 Simulaatio 3

Viimeisen simulaation toteuttaminen oli haastava, koska oikeassa tilanteessa välikappale puristetaan kiinni kuusiomuttereilla ja kuusiomutterit ovat kiinni trapetsiruuveissa. Kuusiomuttereissa ja trapetsiruuveissa olevat kiertet luovat malliin paljon yksityiskohtia, joka tarkoittaa suurempaa laskenta-aikaa simulaatiolta. Kuitenkin simulaatiossa haluttiin luoda mahdollisimman todenmukainen tilanne siitä, että kuinka suuri taipuma vaakakappaleeseen syntyy, kun punnus pudotetaan iskutyökaluun ja iskutyökalu iskeytyy vaakakappaleeseen. Eli tässä tilanteessa tarkasteltiin ainoastaan, väliohjeimen kestävyyttä. Vaakakappale asetettiin kiinni reiän ulommasta puolikkaasta Y-suunnassa. Kiinnitys tehtiin samalla tavalla molempiin reikiin.



Kuva 29. Vaakakappaleen reiän kiinnitys simulaatiossa.

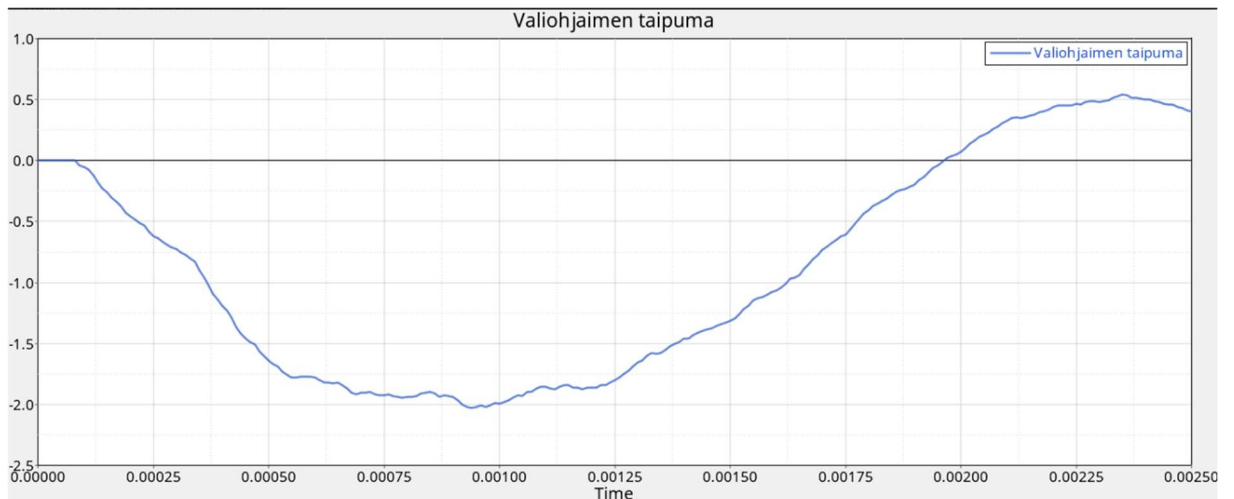
Kuvan 29 simulaation tarkastelussa 7,2 kg punnus pudotetaan testikappaleeseen 1700 mm korkeudesta. Laskelmissa on käytetty 5800 mm/s törmäysnopeutta. Kuvasta voidaan todeta, että iskutyökalun osuessa vaakakappaleeseen punnuksen törmäysvoimasta reikiin kohdistuu maksimissaan n. 610 MPa jännitysvoima. Väliohjaimen myötöraja on 650MPa eli voiman ollessa n. 610 MPa ollaan väliohjaimen myötörajojen sisäpuolella eli elastisella alueella.



Kuva 30. Iskutyökalun iskeytyminen vaakakappaleeseen eli kohdistajaan.

Kuvasta 31 voidaan huomata, että kuinka välikappale taipuu alaspäin punnuksen tuottamasta törmäysvoimasta iskutyökaluun. Vaakakappale taipuu maksimissaan n. 2 mm alaspäin.





Kuva 31. Vaakakappaleen eli kohdistajakappaleen taipuma. Abaqus Explicit.

Vesa Väänänen

#### 5.4 Simulaatioiden yhteenveto

Ensimmäisessä simulaatiossa punnus pudotettiin iskutyökaluun, joka iskeytyy punnuksen törmäysvoimasta testikappaleeseen. Tämä on ns. normaalitilanne ja tilanne, johon iskutestilaitteisto on suunniteltu. Tuloksena saatiin, että suurin voima kohdistuu testattavaan tuotteeseen eikä iskutestilaitteiston rakenteisiin. Saatujen tuloksien pohjalta voidaan todeta, että tilanne on halutunlainen. Iskutestilaitteiston suurin rakenteisiin kohdistuva voima kohdistui laitteiston jalkoihin ja oli n. 100 MPa. Eli mikäli voima olisi 200 MPa niin tultaisiin jalustan rakenteen materiaalin myötörajaan. Tämän rajan ylittyessä rakenteisiin tulisi plastisia muodonmuutoksia eli muodonmuutoksia, jotka eivät palaudu entiselleen.

Toisessa simulaatiossa punnus pudotetaan iskutyökaluun, joka iskeytyy punnuksen voimasta t-urapöytään. Tässä tilanteessa laitteistossa ei ole paikallaan tuotetta ja sille kuuluvaa testiasetusta. Tämän tilanteen toteutuminen tarkoittaa sitä, että käyttäjä ei tarkista ennen testiä, että on laittanut testattavan tuotteen laitteeseen ja tehnyt sille tarkoitettua testiasetusta. Ei ole tietoa, että näin olisi koskaan käynyt. Simulaatiossa iskutyökalun osuessa t-urapöytään jalustan osalta jännitykset olivat maksimissaan n. 130 MPa ja t-urapöydän iskun kohdassa n. 189 MPa. Eli jalustan jännitykset olivat ok, koska jalustan materiaalin myötöraja on 200 MPa. Iskutyökalun tuottama voima t-urapöytään oli n. 189

MPa. Eli tässä tapauksessa oltiin lähellä myötörajaa eli 200 MPa rajaa. Mielestäni tässä voisi vielä miettiä mitoittaako t-urapöydän rakenteeseen 1,2–1,5 varmuutta lisää suhteessa myötörajaan. Mutta kuitenkin simulaatio näytti toteen, että t-urapöytä kestää.

Viimeisessä eli kolmannessa simulaatiossa punnus pudotetaan iskutyökaluun, joka iskeytyy punnuksen voimasta vaakakappaleeseen eli kohdistajaan. Tämä tilanne on mahdollinen, mikäli kohdistaja asetetaan liian ylös ja iskutyökalu ei ylety testattavaan tuotteeseen. Lopulta simulaatiossa päätettiin tarkastella vain väliohjaimen eli vaakakappaleen kestävyyttä. Voitiin todeta, että iskutyökalun osuessa vaakakappaleeseen punnuksen törmäysvoimasta reikiin kohdistuu maksimissaan n. 610 MPa jännitysvoima. Väliohjaimen myötöraja on 650MPa eli voiman ollessa n. 610 MPa ollaan väliohjaimen myötörajojen sisäpuolella eli elastisella alueella. Ja väliohjain taipuu törmäyksen voimasta n. 2 mm alaspäin, mutta palautuu normaaliksi, koska ollaan alle myötörajan.

## 6 Pohdinta

Opinnäytetyössä saatiin toteutettua iskutestilaitteiston kokoonpano 3D- mallintamalla ja sille suoritettut simulaatiot, jossa on huomioitu työntekijöiden esittämät toiveet erityisesti työergonomian parantamiseksi. Simulaatiossa saatiin todettua, että iskutestilaitteisto on rakenteellisesti soveltuva suorittamaan standardien vaatimat iskutestit mekaanisille riippulukoille (SFS-EN 12320:2021) ja lukkosylintereille (SFS-EN 1303), sekä mekatronisille riippulukoilla (SFS-EN 16864:2017) ja lukkosylintereille (SFS-EN 1584:2020). Kyseisten standardien iskutestistä selvitimme standardin määrittämän painavimman punnuksen ja sen pudotuskorkeuden. Standardista poiketen pudotuskorkeutta päätettiin lisätä vielä 0,2 m.

Työn tavoitteet toteutuivat mielestäni osittain, koska sain huomioitua työntekijöiden asettamat toiveet työtason korkeudesta, ovenavausmekanismista, vaakakappaleen säädeltävyydestä ja testattavan tuotteen kiinnittämisen

parantamisesta. Myös rakenteet, joihin kohdistuu suurinta rasitusta, saimme tarkasteluun simulaatiossa. Nämä rakenteet olivat jalakset ja t-urapöytä. Tarkasteluun halusimme lisätä myös vaakakappaleeseen kohdistuvan rasituksen, mikäli käyttäjä asettaisi vaakakappaleen eli kohdistajakappaleen liian korkealle testattavasta kappaleesta ja tämän seurauksena iskutyökalu ei ylettyisi testattavaan tuotteeseen. Tämä yritettiin toteuttaa simulaatiossa, mutta vaakakappaleeseen kohdistuvaa rasitusta ei voitu toteuttaa halutulla tavalla, koska se on trapetsiruuveissa kiinni kuusiomuttereilla. Kuusiomuttereiden ja trapetsiruuvien kierteet luovat simulaatiota varten liian paljon yksityiskohtia ja näin ollen se ei ollut mahdollista suorittaa lyhyellä aikavälillä, koska simulaation laskenta-aika olisi pidentynyt merkittävästi, mikäli se olisi ollut edes mahdollista.

Simulaation tarkoituksena on tuottaa tietokonemallien avulla kokeellinen testi siitä, kuinka rakenteet kestävät. Simulaatiossa yritetään matkia mahdollisimman tarkasti oikean elämän fyysistä tilannetta. Mielestäni simulaatiossa voidaan saada tärkeää tietoa siitä, jos tilanne olisi oikea. Täytyy kuitenkin huomioida, että tilanteet on suoritettu vain yhden kerran jokaisessa eri simulaatiovariaatiossa. Oikeassa elämässä iskutestilaitteisto voi olla käytössä 10 vuotta ja näin ollen testit toistuvat tuhansia kertoja. Eli vaikka simulaatio antaa tulokset, jotka tyydyttävät teoriassa niin täytyy huomioida, että esimerkiksi simulaatiossa, jossa iskutyökalu isketään pöytään, niin ollaan 11 MPa päässä siitä, että mentäisiin t-urapöydän plastiselle alueelle eli myötörajan ylittymiselle. Tämän takia voisi miettiä, että t-urapöytään mitoitaisi 1,2–1,5 varmuutta suhteessa myötörajaan. Tietenkin tämä on tilanne mitä ei ole tapahtunut ja sen toteutuminen vaatisi käyttäjältä täydellistä huolimattomuutta.

Jatkokehitystä ajatellen simulaation voisi suorittaa uudelleen, jossa olisi 1,2–1,5 varmuutta suhteessa rungon, vaakakappaleen ja t-urapöydän myötörajiin. Varmuuskertoimen käyttö suhteessa myötörajiin on aina suositeltavaa, jos voimat käyvät lähellä myötörajoja. Simulaatioita voisi halutessaan kokeilla myös eri materiaaleilla ja niistä saatuja tuloksia voisi verrata keskenään eri materiaalien välillä.

Lopputulena opinnäytetyö työ oli todella opettavainen, ja myös sopivissa määrin haasteellinen, koska uuden laitteiston suunnittelu ei ole rehellisesti sanottuna vahvinta osa-alueettani. Mielestäni suurimmat haasteet liittyivät siihen, kun Creo6 -suunnitteluohjelmalla suoritettut mallit täytyi siirtää SolidWorksin puolelle ja jotkin kokoonpanot täytyi koota uudelleen Solidworksin puolella. Minulla on aikaisempaa kokemusta vain Creo6 -suunnitteluohjelmasta, jota on käytetty koulussa. Kuitenkin Creo6 antaa todella hyvän pohjan SolidWorks suunnitteluohjelmalle. Mutta onneksi sain työkavereilta arvokasta tietoa ja mahdollisuuden käyttää SolidWorksia heidän tietokoneillaan ja he opastivat Solidworksin käytössä.

Mallien luominen ja kokoonpanon suorittaminen laitteistosta vei minulta odotettua enemmän aikaa. Tarkasteluun olisi voinut ottaa myös enemmän erinäisiä variaatioita laitteiston fyysisiä rakenteita ajatellen. Mutta loppujen lopuksi olen kyllä näihinkin ratkaisuihin tyytyväinen. Tekisin kuitenkin vielä ehkä pieniä muutoksia laitteiston mittoihin ja simulaatiot suoritettaisiin uudelleen uusilla mitoilla.

## 7 Lähteet

Abloy Oy. 2023. Abloy yrityksenä. <https://www.abloy.com/global/fi/about-abloy>.

Abloy Oy. 2023. The ABLOY future is built with sustainability. <https://www.abloy.com/global/en-sg/our-products/abloy-electric-locks>.

Hietikko, E. 2021. Tuotekehitystoiminta. Helsinki: Books on Demand.

Hirsjärvi H & Hurme H. 2001. Tutkimushaastattelu: teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki: Yliopistopaino.

Launis M & Lehtelä J. 2011. Ergonomia. Tampere: Tammerprint Oy.  
[https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/136841/978-952-261-059-1\\_Ergonomia.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/136841/978-952-261-059-1_Ergonomia.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

SFS. 2023. Miltä standardi näyttää? Helsinki: Suomen Standardisointiliitto.  
<https://sfs.fi/standardeista/mika-on-standardi/>.

SFS. 2023. Kuka standardia käyttää? Helsinki: Suomen Standardisointiliitto.  
<https://sfs.fi/standardeista/mika-on-standardi/>.

SFS-EN 12320. 2021. Rakennushelat. Riippulukot ja niiden korvakkeet. Vaatimukset ja testimenetelmät. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto.

SFS-EN 1303. 2015. Lukot ja rakennushelat. Avainpesät lukoille. Vaatimukset ja testimenetelmät. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto.

SFS-EN 15684. 2020. Lukot ja rakennushelat. Mekatroniset sylinterit. Vaatimukset ja testimenetelmät. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto SFS.

SFS-EN 16864. 2017. Lukot ja rakennushelat. Mekatroniset riippulukot. Vaatimukset ja testimenetelmät. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto.

Liite 1. Työntekijöille toteutetusta teemahaastattelusta saadut tarvelauseet.  
(Kuva: Väänänen V, 2022)

