



Iskulaitteen testipenkin käytettävyyden kehittäminen

Jukka Luutikivi

Opinnäytetyö
Toukokuu 2011
Konetekniikan koulutusohjelma
Tuotekehityksen suuntautumisvaihtoehto
Tampereen ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikan koulutusohjelma
Tuotekehityksen suuntautumisvaihtoehto

JUKKA LUUTIKIVI: Iskulaitteen testipenkin käytettävyyden kehittäminen

Opinnäytetyö 60s., liitteet 1 s.
Toukokuu 2011

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Sandvik Mining & Construction Oy:n porauslaitteissa sijaitsevien iskulaitteiden huollossa käytettävän testipenkin käytettävyyttä. Tarkoitus oli paneutua iskulaitteen ja testipenkin välisen kiinnityssysteemin uudelleen suunnitteluun, koska vanha oli todettu liian hitaaksi ja hankalaksi käyttää. Tavoitteena oli ideoida toteutuskelpoinen ja testipenkin käytettävyyttä kohentava pikakiinnityssysteemi ja luonnostella siitä 3D-malli. Pikakiinnityssysteemin oleellisimmista rakennesista tuli tehdä alustavat lujuuslaskelmat toimivuuden takaamiseksi. Suunnittelussa oli määrä kiinnittää erityistä huomiota työskentelyergonomian kohentamiseen ja turvallisuuteen. Opinnäytetyötä tehdessä edettiin yleisen tuotekehitysprosessin viitekehyksen mukaan.

Opinnäytetyölle asetetut tavoitteet saatiin täytettyä ja tulokseksi syntyi testipenkin käytettävyyttä parantava pikakiinnityssysteemi, joka on fyysisesti toteutettavissa 3D-mallista tehtävien työkuvien tekemisen jälkeen. Pikakiinnityssysteemin rakenne ja toiminta suunniteltiin käyttäjälleen mahdollisimman ergonomiseksi ja turvalliseksi.

Verrattuna vanhaan käytössä olevaan kiinnityssysteemiin saadaan uudella pikakiinnityssysteemillä muutettua testaustapahtuman valmisteluiden suoritusjärjestystä nopeammaksi ja helpommaksi pelkän iskulaitteen kiinnityksen ohella. Käyttäjän kokema fyysinen rasitus tulee vähentymään työasentojen muuttuessa entistä ergonomisemmiksi. Paras mahdollinen työskentelykorkeus saadaan aikaan nostamalla testipenkin vierustaa tai laskemalla alustaa. Myös käytettävien sovitusosien merkinnöillä sekä nostamiseen tarkoitetuilla nostokoukuilla pystytään testaustapahtuman valmisteluja muuttamaan turvallisemmiksi ja nopeammiksi.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Machine Engineering
Option of Product Development

JUKKA LUUTIKIVI: The development of usability of percussion drill test bench

Bachelor's thesis 60 pages, appendixes 1 page
May 2011

The purpose of this thesis was to improve the usability of a percussion drill test bench by designing a quick fastening system, which keeps the rock drill locked on a test bench during the test phases. From the developed idea of the quick fastening system a 3D sketch and preliminary strength calculations of its major components were decided to be done.

The goals of this designing process were to reduce the physical work load of a service person and the long installation time when making preparations for one test. In order to reach the goals, working ergonomics was taken into careful consideration along with the safety.

After hard work of designing and development, the most convenient idea of the quick fastening systems was ranked to be sketched and strength calculated. The movement of the system was simulated by placing it to the whole model of the test bench. By carrying through the results of this thesis, the usability of the test bench will be improved and the demands of the ergonomics and safety will be fulfilled at the same time.

Key words: Quick fastening, test bench, rock drill, development, ergonomics

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 KALLIOPORAUS	7
2.1 Kallioporausmenetelmät	7
2.2 Iskuporaus	7
2.3 Iskulaitteen toiminta.....	8
2.3.1 Isku.....	9
2.3.1 Pyöritys	10
2.3.2 Syöttö	11
2.3.3 Stabilaattori	12
2 ERGONOMIA	13
2.1 Yleiset periaatteet ergonomisessa koneen suunnittelussa.....	13
2.2 Ihmisten ominaisuuksien huomioon ottaminen	14
2.2.1 Kehon mitat.....	15
2.2.2 Työasennot	16
2.2.3 Kehon liikkeet	16
2.2.4 Fyysinen voima	17
2.3 Ergonomisten periaatteiden sisällyttäminen koneen suunnitteluprosessiin	18
3 ISKULAITTEEN TESTIPENKKI.....	20
3.1 Testipenkin tarve.....	20
3.2 Testipenkin rakenne	20
3.3 Testaustapahtuman valmistelut	22
3.3.1 Asennuspenkissä tehtävät valmistelut.....	22
3.3.2 Testipenkissä tehtävät valmistelut	23
3.4 Ongelmat testausvaiheissa	25
3.4.1 Iskulaitteen kiinnitys	25
3.4.2 Muut ilmenneet epäkohdat.....	27
3.5 Olemassa oleva pikakiinnityssysteemi.....	28
4 IDEOINTI, LUONNOKSET JA KEHITYS.....	30
4.1 Lähtökohdat.....	30
4.2 Vaatimuslista.....	31
4.3 Reunaehdot.....	32
4.4 Ideointi	33
4.5 Ilman peruslevyä oleva kiinnitysmalli	34
4.5.1 Hyödyt ja haitat	36
4.5.2 Palaute	36
4.6 Perästä käännettävä malli	37
4.6.1 Hyödyt ja haitat	40
4.6.2 Palaute	41
4.7 Keskeltä käännettävä pikakiinnitysmalli.....	41
4.7.1 Hyödyt ja haitat	43
4.7.2 Palaute	44
4.8 Kehitykseen valitut pikakiinnitysmallit	44
4.8.1 Peruslevyttömän mallin kehitetty versio.....	45
4.8.2 Keskeltä käännettävän mallin kehitetty versio.....	47
4.9 Valittu pikakiinnitysmalli	49
4.10 Alustavat lujuustarkastelut	52
5 KEHITYSEHDOTUKSET	54
5.1 Muut käytettävyyttä ja ergonomiaa parantavat tekijät.....	54

5.2 Testauksen valmisteluiden huomioon ottaminen iskulaitteen suunnittelussa.....	55
6 POHDINTA	57
LÄHTEET	59
LIITTEET	60

1 JOHDANTO

Kallioporauslaitteiden tuotannolla on ollut hallussaan vahva osuus Tampereen konepajateollisuudesta jo kymmenien vuosien ajan. Tämä on mahdollistanut omakohtaisen työskentelyn kallioporauslaitteiden iskulaitekomenttien tuotannon parissa useina kesäkuukausina. Tampereen Myllypurossa kallioporauslaitteita valmistava Sandvik Mining & Construction Oy tarjosi opinnäytetyöpaikan liittyen iskulaitteiden testipenkin käytettävyyden kehittämiseen. Omaa työkokemusta erittäin läheltä liippaava opinnäytetyön aihe ei tarvinnut pitkää miettimistä tulleeksi valituksi.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli saada iskulaitteiden huollon yhteydessä käytettävän iskulaitteiden testipenkin kanssa toimiminen helpommaksi ja nopeammaksi käyttäjälleen. Helppoudella tässä yhteydessä tarkoitetaan ergonomian parantamista työsuorituksen aikana. Ennen varsinaisen testin käynnistämistä joudutaan suorittamaan aikaa ja voimia kuluttavia valmisteluita. Kehityksen tarve testipenkin käytettävyyteen perustuu Sandvik Mining & Constructionin huolto-organisaation toimipisteistä saatuun käyttäjäpalautteeseen.

Suurin osa käytettävyyden ongelmakohdista oli jo selvillä, joten suunnittelua ja kehitystä vaativa työ rajattiin koskemaan iskulaitteen kiinnittämistä ja irrottamista. Iskulaitteen kiinnitys testipenkkiin haluttiin saada pikakiinnityssysteemin välityksellä toimivaksi, aiemmin käytössä olleen ruuvikiinnityksen sijasta. Suunnitellun pikakiinnityssysteemin tuli olla käyttäjälleen ergonominen, nopeakäyttöinen ja turvallinen. Tampereen tuotantolaitoksella ei ollut käytössä vastaavaa testipenkkiä, joten omakohtainen tutustuminen testauslaitteen suoritukseen jäi kesätöissä tehdyn iskulaitteiden koekäytön varaan.

Kireän aikataulun vuoksi työn tavoitteiksi asetettiin toimivan pikakiinnityssysteemin ideointi ja luonnosteleminen oikeat mittasuhteet täyttäväksi 3D-malliksi. Jatkotavoitteena ajan riittäessä oli suorittaa alustavat lujuusopilliset tarkastelut mallin osille, jolle kohdistuu rasitusta testivaiheiden aikana. Haluttiin myös saada lyhyesti mustaa valkoiselle siitä, miten iskulaitteiden suunnittelussa voidaan ottaa testipenkin käytettävyyden parantaminen huomioon. Prototyypiosien valmistamiseen ei aika riittänyt, joten pikakiinnityksen todellisesta toimivuudesta ei saada tietoa.

2 KALLIOPORAUS

2.1 Kallioporausmenetelmät

Kallioporausella tarkoitetaan reikien tekemistä kallioon, joiden avulla kiviainesta saadaan lohkottua räjähdaineita käyttäen pienemmiksi palasiksi. Porausta käytetään myös injektoinnissa ja näytteidenotossa tehtäessä kallioperän tutkimusta. Riippuen tarkoituksesta ja kivilajin tyypistä on poraukseen valittavissa laitteet neljästä eri menetelmästä, jotka ovat iskuporaus, murskaava kiertoporaus, leikkaava kiertoporaus ja hiertävä kiertoporaus (Hakapää Lappalainen 2011, 137). Tässä opinnäytetyössä keskitytään vain iskuporausmenetelmän selventämiseen ja päältä lyövän iskulaitteen toimintaan.

2.2 Iskuporaus

Iskuporaus on edellä mainituista menetelmistä käytetyin ja se soveltuu useimpiin kivilajeihin. Käyttökohteita iskuporaukselle ovat tarvekiven louhinta ja tuotanto sekä tunnelinporaus (Hakapää Lappalainen 2011, 139). Maanpäälliseen ja -alaiseen toimintaan tarkoitetut porauslaitteet eroavat toisistaan, porauspuomien lukumäärän, hydrauliiikkajärjestelmää ylläpitävän energiantuotannon muodossa ja porattavaan reikään syntyvän porausjätteen eli soijan pois huuhtelussa. Tavallisesti soija kuljetetaan pois reiän perältä paineilman välityksellä maanpinnalla ja vedellä maan alla. Huuhtelulla saadaan samalla aikaiseksi porakaluston ja porakruunun jäähdytys ja puhtaanapito (Hakapää, Lappalainen 2011, 139). Maan alla ilmanvaihto asettaa rajoituksia hydrauliikkajärjestelmien energian tuottamiseen, joten hydrauliikkapumppujen pyörittämiseksi käytetään yleensä sähkömoottoreita toisin kuin maan päällä, missä käytössä ovat dieselmoottorit.

Iskuporaus haarautuu iskulaitteen sijainnin mukaan päältä lyöviin iskulaitteisiin ja uppoporakoneisiin. Päältä lyövässä iskulaitteissa männän iskuenergia siirretään poratangon välityksellä kruunun kautta kallioon toisin kuin uppoporakoneessa, jossa poratangon etupäässä vaikuttava iskulaitteen mäntä iskee suoraan kruunuun takapintaan, kulkeutuen sen mukana syntyvään reikään sisälle. Porauskankea pyörittävä pyöritysmoottori pysyy paikallaan syöttölaitteen yläpäässä, eikä se ole kiinteästi yhdistettynä iskulaitteeseen

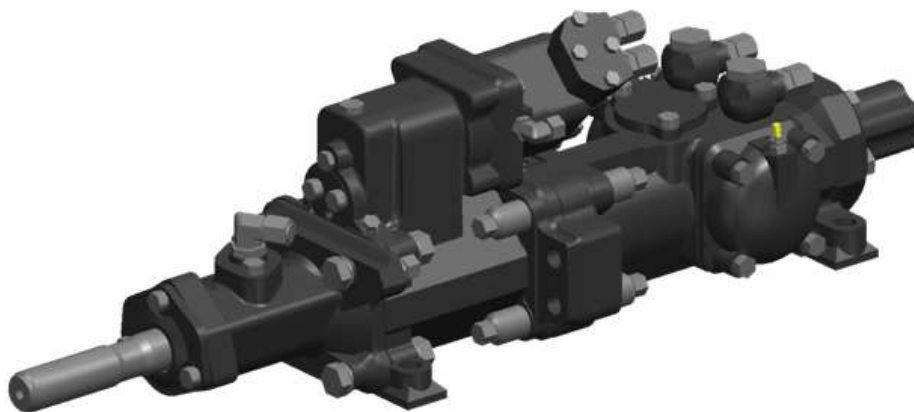
päältä lyövän porakoneen tavoin (Hakapää lappalainen 2011, 139). Kuvassa 1 on esitettyä maan alla käytettävä kaksipuominen perän iskuporauslaite.



KUVA 1. Iskuporauslaite Sandvik DD320-40 (Kuva: J Viinanen 2007)

2.3 Iskulaitteen toiminta

Jotta ymmärrettäisiin kuvan 2 mukaiseen iskulaitteeseen kohdistuvia kuormituksia ja niistä aiheutuvia voimia, on syytä perehtyä hieman syvällisemmin iskulaitteen toimintaan. Näin saadaan käsitys, millä tavoin iskulaitteen pitää olla kiinnitettyä kelkkaansa.

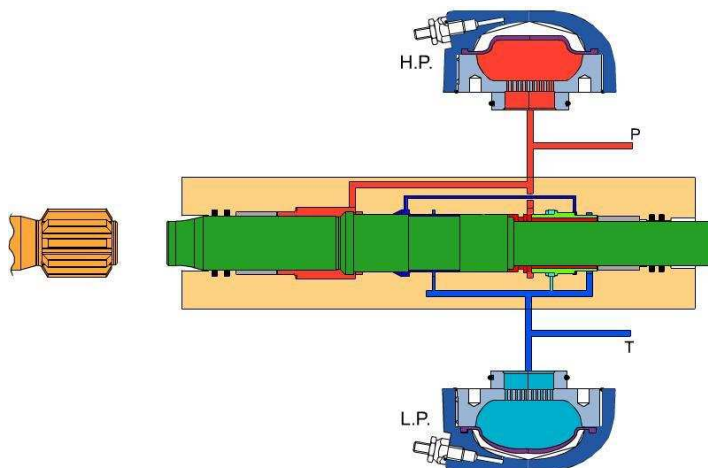


KUVA 2. Iskulaitteen 3D-malli (Top Hammer Rock Drill Training CD-Rom 2006)

2.3.1 Isku

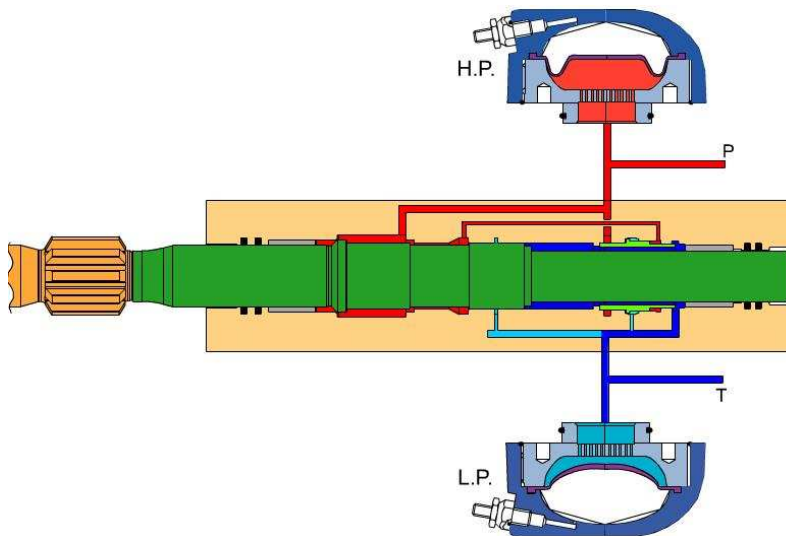
Iskulaitteessa sijaitsevaa mäntää kiihdytetään hydrauliöljynpaineen avulla edestakaiseen liikkeeseen, jolla saadaan aikaiseksi kiven rikkoutumiseen tarvittava voima (Rock Excavation Handbook 1999, 64). Liike saadaan aikaiseksi johtamalla männän etupuolelle korkeaa iskupainetta kokoaikaisesti ja takapuolelle jaksoittain matalan tankinpaineen kanssa. Männän etu- ja takapuolella on pinta-alaero, takapuoli suurempi kuin etupuoli. Männän takaosaan vaikuttava iskunpaine aiheuttaa voiman, joka ylittää etupuolelle vaikuttavan voiman. Täten mäntä kiihtyy eteenpäin kohti iskupisteessä olevaa, poratankoon kiinnitettyä, niskakappaletta (Hämäläinen 2008, 12). Törmätessään niskakappaleen iskupintaan männän liike-energia siirtyy niskakappaleeseen akselinsuunnassa eteneväksi jännitysaalloksi, joka etenee äänennopeudella poratankoa pitkin porakruunuun. Porakruunun nastat iskeytyvät kallioon kiven rikkovalla voimalla (Rantala 1997, 3–4). Männän iskutaajuus vaihtelee iskulaitetyypeittäin yleensä välillä 40–100 Hz (Hakapää, Lappalainen 2011, 139).

Männän lähtiessä liikkeelle taka-asennosta kohti iskupistettä on jakokappale, joka liikkuu muistuttaen venttiilin luistia, taka-asennossa pitäen männän takapuolelle vaikuttavaa tankkipainelinjaa suljettuna ja iskunpainenlinjaa avoimena. Tällöin männän takaosaan vaikuttava iskunpaine saa männän kiihtyvään liikkeeseen. Kuvassa 3 on kuvattu paineiden jakautumista iskulaitteen mallin halkileikkauksessa sekä männän ja jakokappaleen paikkaa liikkeen alkaessa. Punainen väri tarkoittaa iskunpainetta ja sininen väri tankinpainetta. Mäntä on värjätty vihreällä ja jakokappale kirkkaan vihreällä. Iskupiste sijaitsee keltaisella kuvatun niskakappaleen oikeassa reunassa.



KUVA 3 Mäntä lähtiessä iskuun (Top Hammer Rock Drill Training CD-Rom 2006)

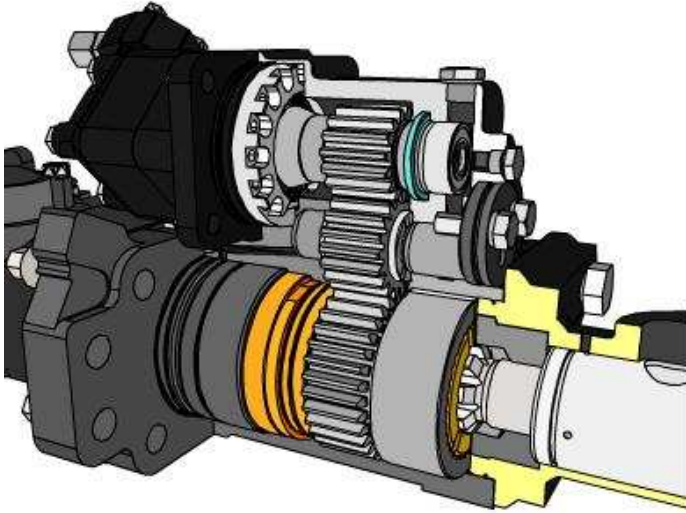
Männän kohdatessa iskupisteen, avautuu painelinja männän etuosasta, joka johtaa jakokappaleen takapintaan saaden jakokappaleen liikkumaan etuasentoon ja samalla sulkemaan männän takaosaan vaikuttavan iskupainelinjan. Samassa yhteydessä tankkipainelinjan avautuessa mäntä pääsee palautumaan taka-asentoonsa etupuolelle vaikuttavan iskunpaineen ansiosta, kuten kuvasta 4 on pääteltävissä.



KUVA 4 Mäntä lähtiessä iskupisteestä taka-asentoon (Top Hammer Rock Drill Training CD-Rom 2006)

2.3.1 Pyöritys

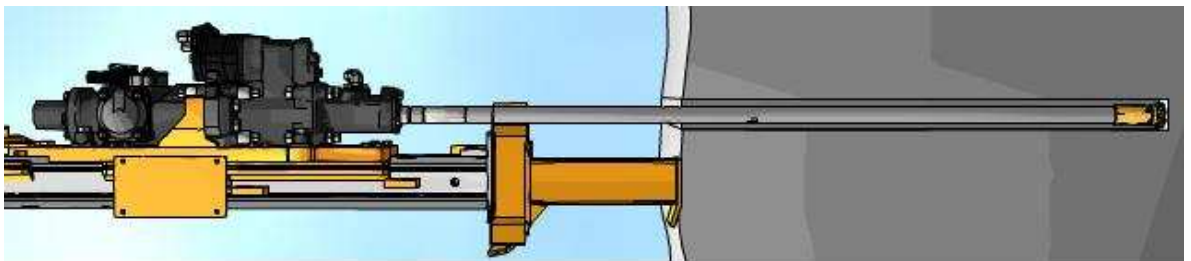
Jotta kiven poraamisesta tulisi tehokasta, on poratankoa pyöritettävä iskujen välillä välttäen porakruunun nastojen osumista toistuvasti samaan kohtaan jo murskattua kiveä (Rock Excavation Handbook 1999, 66). Iskulaitteeseen on liitetty erillinen tai sisäinen hydraulinen pyöritysmoottori, joka on vaihteiston ja kytkinkappaleen välityksellä kytketty hammastettuun niskakappaleeseen kuvan 5 mukaisesti. Kuvassa 5 olevassa iskulaitteessa on käytetty erillistä pyöritysmoottoria, joka sijaitsee kuviossa ylimpänä. Pyörityksen nopeuteen vaikuttavat kivityyppi, iskutaajuus sekä porakruunun ja nastojen halkaisijat. Vääntömomentin suuruus riippuu porareian läpimitasta. Reikäkoon kasvaessa myös porakalusto kasvaa ja näin ollen vaatii enemmän vääntömomenttia ja alhaisempaa pyöritysnopeutta. Tyypillinen niskakappaleen pyöritysnopeus on 80–250 kierrosta minuutissa (Hakapää, Lappalainen 2011, 142).



KUVA 5 Iskulaitteen pyöryksen vaihteisto (Top Hammer Rock Drill Training CD-Rom 2006)

2.3.2 Syöttö

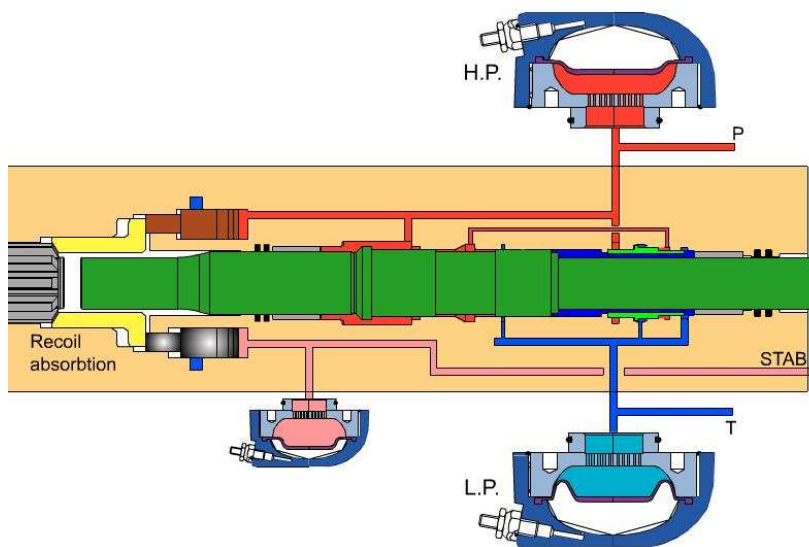
Iskulaitetta eteenpäin työntävää syöttövoimaa tarvitaan niskakappaleen pitämiseksi iskupisteessä ja porauskruunun nastojen ja kiven kosketuksen varmistamiseksi. Näin suurin mahdollinen energia saadaan johdettua iskulaitteen männästä kiveen. Iskunpainetta kasvatettaessa on myös syöttövoimaa lisättävä. Porauslaitteiden puomeissa iskulaite on normaalisti kiinnitetty syöttöpalkissa edestakaisin liikuteltavaan kelkkaan kuvan 6 tapaisesti. Tarvittava syöttövoima saadaan johdettua kelkkaan ketjun tai vaijerin ja hydraulisynterin välityksellä (Rock Excavation Handbook 1999, 65).



KUVA 6 Iskulaite toiminnassa syöttöpuomin kelkassa (Top Hammer Rock Drill Training CD-Rom 2006)

2.3.3 Stabilaattori

Moderneihin iskulaitteisiin on suunniteltu stabilaattori ottamaan vastaan porauskruunun ja kiven törmäyksestä takaisin heijastuvan iskuaallon haitallista vaikutusta. Takaisin heijastunut iskuaalto muutetaan vaimenninmännän avulla lämmöksi ja näin vähennetään iskulaitteen kiinnitykseen sekä syöttölaitteeseen kohdistuvaa kuormitusta (Hakapää, Lappalainen 2011, 144). Stabilaattorin toisena tarkoituksena on pitää niskakappale iskulaitteen toiminnan kannalta parhaassa paikassa. Niskakappaleen eteenpäin työntäminen on mahdollistettu stabilaattorilla, mikä mahdollistaa hyvän kivikontaktin säilyttämisen (Nieminen 2007, 12). Kuvassa 7 on esitetty monimäntästabilaattorin toimintaa.



KUVA 7 Monimäntästabilaattori ottamassa kivistä heijastunutta iskuaaltoa vastaan (Top Hammer Rock Drill Training CD-Rom 2006)

2 ERGONOMIA

Ergonomialla ymmärretään teknisen ympäristön muokkaamista ihmiselle sopivaksi, ilmaisee Tapani Jokinen kirjassaan Tuotekehitys 500 (Jokinen 2001, 114). Hyvää jatkoa tähän saadaan Tapio Siirilän standardeista koostamasta teoksesta Koneturvallisuus. Työliikkeistä ja työasunnoista aiheutuvien vahinkojen vähentäminen, jolla saadaan ihmisen fyysinen ja henkinen elämä helpommaksi ja tasapainoisemmaksi ajatellaan kuuluvan ergonomian piiriin (Siirilä 2008, 353). Tarve soveltaa ergonomisia näkökohtia koneen suunnittelussa vaihtelee laitteen käyttötarkoituksen, käyttöajan ja -taajuuden mukaan. Iskulaitteen testipenkin kiinnitysmekanismin kehittämisessä ei esiinny korkeaa käyttötaajuutta tai yhtäjaksoisesti pitkiä käyttöaikoja, mutta eri työasentojen ja fyysisen voimankäytön tarvetta kylläkin, mikä pitää kehityksessä ottaa huomioon.

Lähtökohtana ergonomisen suunnittelun on ihmisen toiminnan, elimistön ja käyttäytymisen ja lainalaisuuksien tunteminen. Ergonomista suunnittelua sovelletaan tapahtumissa, joissa ihminen joutuu välittömään yhteistyöhön teknisen järjestelmän kanssa kuten laitekehitys, liikennevälineet, työpaikkojen järjestelyt ja valvomot (Jokinen 2001, 114).

2.1 Yleiset periaatteet ergonomisessa koneen suunnittelussa

Suomen standardisoimisliiton SFS ergonomisten suunnitteluperiaatteiden standardissa SFS-EN 614-1 on esitetty ergonomisia suunnitteluperiaatteita koneturvallisuuden kannalta. Standardissa sanotaan, että koneiden turvallisuus edellyttää huomion kiinnittämistä ergonomisiin näkökohtiin. Tässä luvussa on esitetty SFS-EN 614 standardin ensimmäisessä luvussa esille tulleita asioita.

Ergonomisten suunnitteluperiaatteiden noudattaminen koskee koko tapahtumaketjua ja toimintoja, joita kone vaatii käyttöikänsä aikana. Edellytykset tähän saavutetaan tekemällä niiden työtehtävien analyysseja, joita käyttäjien on suoritettava. Lisäksi analysointia pitää suorittaa suunnitelmaan ja sen ympäristövaikutuksiin, esimerkiksi melu ja värinä sekä käyttäjän terveyteen, turvallisuuteen ja hyvinvointiin vaikuttavista tekijöistä Huomioon otettavat käyttäjän ominaisuudet suunnitellessa konetta ovat:

- Kehon mitat
- Asento
- Kehon liikkeet
- Fyysinen voima
- Henkiset kyvyt

On myös huomioitava näiden eri tekijöiden yhteisvaikutukset esimerkiksi toistuvuuden, kehon asennon ja liikkeiden, käyttötoimenpiteen keston ja työn kokonaiskeston osalta. Fyysisessä työympäristössä on edistettävä helpottavia vaikutuksia ja vältettävä heikentäviä vaikutuksia aina sen ollessa mahdollista. Kaikki käyttäjä-kone-järjestelmän osatekijät kuten näytöt, signaalit ja ohjaimet on suunniteltava käyttäjän ja koneen yksiselitteisen vuorovaikutuksen kannalta. Kunnossapitoa suorittavat käyttäjät on huomioitava erityisesti, koska heillä voi olla tarve päästä paikkoihin, joidenka terveysriskit ovat huomattavia.

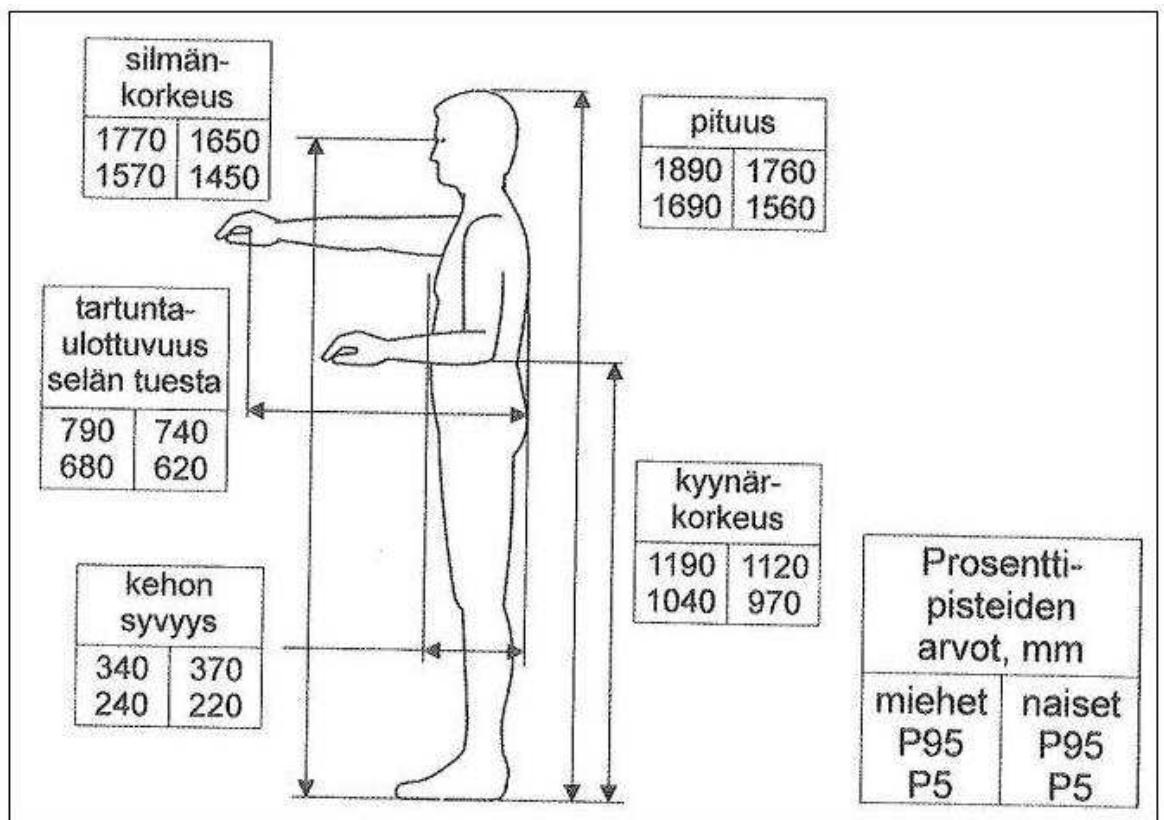
Edellä mainittujen näkökohtien tutkiminen auttaa suunnittelijaa tunnistamaan ja arviomaan ergonomiaan liittyviä riskitekijöitä ja sisällyttää koneen suunnitteluun tarpeeksi toimenpiteitä niiden hallitsemiseksi. Näin saadaan parannettua käyttötoimintaan liittyvää terveyttä, turvallisuutta, hyvinvointia ja luotettavuutta sekä vähennettyä virheiden todennäköisyyttä koneen käytön kaikkien vaiheiden aikana (SFS-EN 614, 14–16).

2.2 Ihmisten ominaisuuksien huomioon ottaminen

Koneen turvalliseen käyttöön kuluu paljon seikkoja, jotka liittyvät koneen käyttäjän ja koneen välisiin mittasuhteisiin ja koneen osien sijanteihin. Tieto väestön mitoista antaa suunnittelijalle edellytykset päästä mahdollisimman lähelle ergonomian kannalta tarkoituksenmukaisia suunnitteluratkaisuja ja näin varmistaa esimerkiksi koneenkäyttäjän riittävä ulottuvuus (SFS-EN 614, 16).

2.2.1 Kehon mitat

Kone tulee suunnitella niin, että koko käyttäjäryhmään kuuluvien aikuisten sekä erityisvaatimuksia omaavien ihmisten dynaamiset ja staattiset kehon mitat on otettu huomioon vaatetuksen ja henkilösuojaimien kanssa. Kehon mitat ovat huomioitava turvaetäisyyksissä ja luoksepääsevyyteen liittyvissä seikoissa, joista esimerkkeinä voidaan mainita seuraavat: käyttö, asennus, kunnossapito ja siivous. Kuvassa 8 on taulukoitu keskimäärisiä miesten ja naisten kehon eri mittoja.



KUVA 8. Ihmisen kehon keskiarvoiset mitat (Siirilä 2008, 354)

Hyvän työasennon aikaansaamiseksi voidaan joutua käyttämään välineitä, joilla käyttäjä voi optimoida työasentonsa. Asianmukaiset säätömahdollisuudet on sovittava esimerkiksi jokaiseen istuintyyppiin niin, että ne huomioivat käyttäjän mitoilla kunnollisen työskentelykorkeuden ja luokse pääsevyyden. Kaikkia kehon osia varten on oltava riittävästi tilaa, jotta hyvästä työasennosta ja edullisista työliikkeistä ei jouduta tinkimään. Käyttäjän pitää pystyä tarttumaan käsillään tai jaloillaan, luonnollisia liikkeitä käyttäen, koneen hallintaelimiin, kädensijoihin ja polkimiin asianomaisista työasunnoista (SFS-EN 614, 16–18).

2.2.2 Työasennot

Työasentojen tulisi olla miellyttäviä ja helppoja työliikkeitä edistäviä. Koneen käytössä on vältettävä hankalia keho kiertyneenä, taipuneena tai kumarassa olevia työasentoja, koska ne johtavat kehon väsymiseen. Työasento on tehtävä mahdolliseksi muuttaa istumisen ja seisomisen välillä, tosin istumista pidetään yleensä seisomista parempana pääasiallisena työasentona. Voimankäyttövaatimusten tulee olla sopuoinnussa käytetyn työasennon kanssa, mikä voidaan varmistaa teknisien apuvälinein kuten vipuvarsien avulla. Tämä estää fyysisen ylikuormittumisen, jos apuvälineet ja niiden kädensijojen sijainnit on huolellisesti suunnitellut.

Koneeseen liittyvän työskentelyalueen suunnittelussa on otettava huomioon (SFS-EN 614, 18):

- Katsekulmat
- Katseluetäisyydet
- Katselukohteiden erottamisen helppous
- Tehtävän kesto ja toistuvuus
- Käyttäjryhmän mikä tahansa erityisrajoite, esim. monitehosilmälasien käyttö ja henkilösuojaimien käytön aiheuttamat rajoitteet

2.2.3 Kehon liikkeet

Koneen käyttämisen työprosessi on suunniteltava siten, että se sallii kehon liikkeiden seuraamisen luonnollisia liikeratoja ja -rytmejä pitkin. Erityisesti tulee varmistaa se, ettei pääse syntymään tilanteita, jolloin käyttäjä joutuu tekemään tiheään toistuvia, nivelten ääriasennoissa tapahtuvia pitkäkestoisia liikkeitä.

Konetta suunnitellessa tulee ottaa huomioon seuraavat periaatteet (SFS-EN 614, 16–20):

- Käyttäjällä on mahdollisuus liikkeeseen, puuduttavan paikallaan olon välttämiseksi
- Kone on suunniteltava siten, että vältetään keholle haitalliset toistuvat liikkeet

- Mikäli joudutaan työskentelemään työasennon ulottuvuuden ulkopuolella, siihen on oltava tilaa ja käyttäjän tulisi pystyä nojaamaan tai muuten kannatella paino-
aan
- Erityistä täsmällisyyttä ja tarkkuutta vaativien liikkeiden tekeminen mahdollisimman vähäisellä voimalla
- Apuvälineiden, kuten nostovälineiden, johteiden, pysäyttimien, jigien jne. käyttö ja niiden liikkeet on tehtävä mahdolliseksi liiallisen lihasvoiman käytön estämiseksi
- On vältettävä kiertoliikkeitä, jalan tai käden ääriasentoja käytettäessä voimaa

2.2.4 Fyysinen voima

Yleensä koneet on suunniteltu tekemään raskas työ, ja käyttäjä keskittyy vain hallintaelimien käsittelemiseen. Välillä käyttäjältäkin vaaditaan lihasvoimallisia suorituksia, jotka liittyvät usein koneen täyttämiseen ja purkamiseen muokattavaksi tai tuotettavaksi halutuilla osilla. Myös käsikäyttöisissä ja käsin ohjattavissa koneissa ei fyysisen voiman käyttämiseltä vältytä (Siirilä 2008, 368).

Jos fyysistä voimankäyttöä ei voida välttää konetta käytettäessä, on sen tarvetta suunnittelussa vähennettävä mahdollisuuksien mukaan, kuten soveltamalla vastapainojen tapaisia toimenpiteitä. Käsissä käsiteltävien välineiden painojakautuman tulee varmistaa hyvä tasapaino suhteessa tukipintoihin ja kädensijoihin. Turvallisen tason ylittävissä toimenpiteissä tulee olla käytettävissä mekaanisia apuvälineitä. Pitkäkestoinen staattinen lihasjännitys tulisi minimoida. Oleelliset syyt lihasväsymykseen voivat johtua liian korkeasta työskentelykorkeudesta, joka vaatii käsien koholla pitämistä ja toimimista kädessä pidettävän välineen kanssa pitkäkestoisia aikoja. Aiheutuneita vaikutuksia voidaan vähentää esimerkiksi käyttämällä välineiden ripustusjärjestelmiä (SFS-EN 614, 20). Koneen hallintaelimien suunnittelussa tulee ottaa huomioon sopiva fyysisen voiman käytön tarve, joka ei saa olla liian suuri tai vähäinen. Tämä voi johtaa käyttäjän kannalta tunnottomuuteen hallintaelimien liikuttamisessa ja ohjaustoimintojen perille menemisen varmistumisessa (Siirilä 2008, 368).

2.3 Ergonomisten periaatteiden sisällyttäminen koneen suunnitteluprosessiin

Koneen suunnittelu on prosessi, jonka toteutuksen aikana on kaikissa keskeisissä vaiheissa noudatettava ergonomisia vaatimuksia. Iteratiiviseen tekniseen suunnitteluprosessiin kuuluu ergonomisten tehtävien sisällyttäminen. Seuraavissa kappaleissa on esitetty standardin SFS-EN 614-1 asettamia vaatimuksia neljään eri osaan jaetun suunnitteluprosessin ergonomisista tehtävistä.

Suunnitteluprosessin ensimmäinen vaihe on suunnitteluvaatimusten kehittäminen. Ergonomisena tehtävänä ensimmäisessä vaiheessa tulee asettaa kriteerit koneen suunnittelua silmälläpitäen. Tehtävän kuvaus jaettuna osavaiheisiin on seuraava:

- Ergonomisten arviointikriteerien määrittäminen yleisiin ergonomisiin periaatteisiin nojaten
- Käytettävissä olevan kokemuksen kerääminen aikaisemmista koneista
- Koneenkäyttäjien ryhmän piirteiden havainnointi
- Riskin arviointi

Seuraavana suunnitteluvaiheena on yleissuunnitelman laatiminen, johon sisältyy ergonomisena tehtävänä työtehtävien ja käyttäjän-kone rajapinnan yleissuunnitelman laatiminen.

Seuraavat osavaiheet kuuluvat tehtävän suorittamiseen:

- Erittely koneen ja käyttäjien suorittamista tehtävistä
- Kuvaus käyttäjien suorittamista tehtävistä
- Käyttäjä-kone rajapinnan yleissuunnitelma tai -suunnitelmat
- Arvioinnin tekeminen käyttäjä-kone rajapinnan ja määritettyjen kriteerien suhteesta

Tarkka määrittäminen työtehtävistä ja käyttäjä-kone-rajapinnasta lukeutuu ergonomisena tehtävänä suunnitteluprosessin kolmannen vaiheen eli yksityiskohtaisen suunnitelman laatimiseen. Tehtävän osakokonaisuudet ovat:

- Käyttäjä-kone-rajapinnan yksityiskohtainen tarkastelu, asiaan kuuluvien standardien mukaan ja jos tarpeen myös tehtävän simulointia
- Tarpeellisten korjausta vaativien kohtien havainnointi ja korjaus koskien käyttäjä-kone-rajapintaa
- Tarpeellisten suunnitteludokumenttien tekeminen

Suunnitteluprosessin viimeinen vaihe kuuluu suunnittelun toteutukseen ja tähän liittyvänä ergonomisena tehtävänä täytyy arvioida koneen käyttöä. Arvioinnin osatehtävät ovat:

- Kokeilujen tekeminen käyttäjien kanssa
- Muutosten suoritus jos havaitaan tarvetta
- Koneen todellisesta käytöstä kerätään palaute
- Käyttöohjeiden ja käyttäjän pätevyystason määrittely

Yleisperiaatteena pitää pyrkiä siihen, että kaikki koneen elinkaareen liittyvät vaarat on tunnistettava ja mahdollisuuksien mukaan poistettava tai minimoitava (SFS-EN 614, 28).

3 ISKULAITTEEN TESTIPENKKI

3.1 Testipenkin tarve

Kaikki Sandvik Mining and Construction Oyssä valmistettavat hydrauliset iskulaitteet testataan tehtaalla koekäyttöjärjestelmässä, joka on suunniteltu varmistamaan iskulaitteen perustoimintojen korkealaatuinen toiminta tietyllä virhemarginaalilla (Nieminen 2007, 1).

Iskulaitteen elinkaari on pitkä ja täten vaatii huoltoa komponenttien rikkoutuessa tai kulumisen ylittäessä sallitut rajat. Suositeltava huoltoväli, jolloin tulisi suorittaa iskulaitteen purkaminen, on huolto-ohjeiden mukaan 500 poraustuntia (HYDRAULIC ROCK DRILL HL 1560T, 1560ST Repair instructions, 35). Iskulaitteita huolletaan tehtaan ulkopuolella sijaitsevissa huolto-organisaation huoltopisteissä, joissa iskulaitteelle suoritetaan valmistusvaiheen koekäyttöä vastaava testaus. Iskulaitteen testauksen aikana talletetut mittaustulokset ovat keskenään vertailukelpoisia huollon ja valmistuksen välillä (Nieminen 2007, 1).

3.2 Testipenkin rakenne

Huoltopisteissä käytettävä iskulaitteiden testipenkki soveltuu kaikkien nykyään Sandvik Mining and Construction Oy:ssä valmistettavien iskulaitteiden testaukseen. Ulkomuodoltaan testipenkki on nykyaikaista sorvia muistuttava laite, jonka mitat suurin piirtein ovat: pituus 6m, leveys 1,5m ja korkeus 2m. Testipenkki koostuu hydraulisesta voimayksiköstä, ohjauslaitteista ja -venttiileistä, syöttöpuomista ja -laitteesta sekä tyynykoneesta. Syöttöpuomi on asetettu vaakatasoon ja se muodostaa toimilaitteiden ja niitä ohjaavien venttiilien kanssa oman kokonaisuutensa. Hydraulikoneikko on erotettu syöttöpalkkikokonaisuudesta niin, että se voidaan tarvittaessa sijoittaa omaan huoneeseensa.

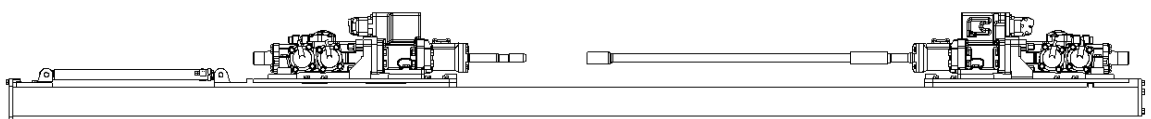
Syöttöpuomi on koostettu hitsaamalla kahdesta avopuoli vastakkain asetetusta kuuma- valssatusta C-profiilista, joidenka väliin on jätetty noin 150 cm väli tukikappaleille. Syöttöpuomin takapäässä sijaitsee työntövoiman antavaan hydraulisynterlin liikkuvaan

päähän kiinnitetty peruslevy. Iskulaite kiinnitetään testauksen ajaksi peruslevyyn sovitusslevyn välityksellä. Peruslevy lepää syöttöpuomin yläpuolisella liukupinnalla kuvan 9 mukaisesti. Se on tuettu sivuttais- ja pystysuunnasta liukupaloilla edestä ja takaa siten, että vain vaakasuuntainen liike syöttöpuomia pitkin on jätetty mahdolliseksi.



KUVA 9. Testipenkin prototyypin peruslevy (Kuva: Jukka Luutikivi 2011)

Oikeaan päähän on kiinteästi kiinnitetty kuvion 8 mukaisesti porattavaa kalliota simuloiva tyynykone, joka ottaa vastaan iskulaitteen iskuenergian ja muuntaa sen hydraulijärjestelmän öljynlämmöksi. Iskuenergia siirtyy iskevältä koneelta kuuden jalan porakangen välityksellä tyynykoneen niskakappaleen kautta tyynykoneen männälle (Niemi- nen 2007, 26). Käytettäviä tyynykoneita on kahta eri tyyppiä, iso ja pieni. Tyynykoneen tyyppin valinta tapahtuu testattavan iskulaitteen koon perusteella. Molemmat tyynykoneet ovat pääpiirtein toimintaperiaatteeltaan samanlaisia ja ulkomuodoiltaan muistuttavat normaalia iskulaitetta. Iskulaitteen pyöritysmoottorin toiminnan testausta varten on tyynykoneeseen kiinnitetty jarrumoottori, jolla saadaan aikaiseksi pyöritysmoottoria vastustava momentti. Jarrumoottori on toiminnaltaan käänteisesti verrattavissa hydraulipumppuun.



KUVA 10. Syöttöpalkkikokoonpano (Niemi 2007, 20)

Ennen ja jälkeen testausvaiheita iskulaitetta liikutetaan syöttösynterillä porakankeen kiinnitys- ja irrotusvaiheessa. Testivaiheiden aikana syöttösynterillä työnnetään testattavaa iskulaitetta tynnykonetta vasten pitäen ne toimipisteissään. Syöttösynteri on kaksoiminen ja yhdellä männänvarrella varustettu. Se on molemmista päistä nivelellä tuettu, sekä nurjahtamisvaara on poistettu etuosaan asennetulla jalalla. Toiminta-asema on porakankea alempana, joten työntövoimasta aiheutuu iskulaitteeseen ja peruslevyyn vääntävä momentti (Nieminen 2007, 33).

Kokonaisuudessaan testipenkkiä ympäröi metallinen suojakuomu, josta iskulaitteen ja pyörivän porakaluston päällä oleva osa on liikuteltavissa. Testauksen valmisteluiden ajaksi tämä suojakuomun osa vedetään syöttöpuomin reunoilla olevia kiskoja pitkin pois tieltä. Testivaiheiden käynnissä olon aikana takaisin liu'utettu suojakuomu turvaa koneenkäyttäjää liikkuviin osiin takertumiselta ja mahdollisista letkurikoista aiheutuville hydrauliohjauksuuhkuilta.

3.3 Testaustapahtuman valmistelut

Ennen varsinaista iskulaitteen testausta tarvitsee suorittaa erinäisiä valmisteluita jotta iskulaite saataisiin kiinnitettyä testipenkkiin. Valmistelujen suorittamiseksi, huoltopisteiden varustukseen oletetaan sisältyvän hallin katossa kiskoilla liikkuva tai puomissa kääntyvä ketjunostin, jolla on mahdollista liikutella iskulaitetta ja asennuslevyä. Nostimen lisäksi olisi varustuksessa myös hyvä olla Sandvik Mining and Construction Oyn katalogista löytyvä iskulaitteen kokoonpanoon ja huoltoon tarkoitettu asennuspenkki.

3.3.1 Asennuspenkissä tehtävät valmistelut

Iskulaitteen huolto ja kokoonpano tapahtuu vaakasuunnasta pystysuoraan käännettävissä asennuspenkissä, josta se nostetaan nostoliinon tai -koukkujen avulla ketjunostimella pois. Riippuen asennus- ja testipenkin välimatkasta, voidaan porakone siirtää joko suoraan ketjunostimella tai apuvälineen kuten kärryn avulla testauspenkille. Asennuspenkissä suoritetaan myös iskulaitteen paineakkujen täyttö ja huuhtelupesän vaihto testihuuhtelupesään, jonka avulla mahdollistetaan iskulaitteeseen syötetyn voiteluöljyn

takaisinkeräys. Testihuuhtelupesä ovat mallikohtaisia ja niiden paikalleen asettaminen vaatii nostoliinan ja ketjunostimen käyttöä, asennus tapahtuu mutterinvääntimellä tai kiintoavaimella.

3.3.2 Testipenkissä tehtävät valmistelut

Ennen iskulaitteen laskemista testipenkkiin, täytyy peruslevyyn olla kiinnitettynä testattavaa iskulaitetta vastaava sovituslevy. Muutamaa iskulaitetyyppiä mukaan lukematta, ovat sovituslevyt kiinnitysulokkeiden muodoiltaan erilaisia, johtuen eri iskulaitetyyppien kiinnitystavan ja -paikkojen vaihtelevuudesta. Kaikki liitoskohdat iskulaitteen ja sovituslevyn sekä sovituslevyn ja peruslevyn välillä on toteutettu ruuvikiinnityksillä kuvan 10 osoittamalla tavalla. Sovituslevyt kuten myös iskulaitteet ovat massaltaan ketjunostimen käyttöä vaativia.



KUVA 10. Testipenkin peruslevyyn kiinnitetty sovituslevy (Kuva: Tomi Nieminen 2010)

Sovituslevyn ollessa kiinni ruuvattuna peruslevyyn, voidaan iskulaitte laskea paikoilleen ja kiristää se ruuveilla lujasti kiinni sovituslevyyn kuvan 11 mukaisesti. Kiristys tapahtuu yleensä kiintoavaimia käyttäen, avainkoot vaihtelevat välillä 19–36. Paineilmatoimisen mutterinvääntimen käyttö on myös mahdollista, mutta tilanpuutteen vuoksi ei

kaikissa kiinnityskohdissa. Viimeinen valmisteluvaihe ennen iskulaitteen ajamista porakangen kierteille on hydrauliletkujen kiinnitys iskulaitteeseen. Hydrauliletkuilla johdetaan iskulaitteeseen iskun-, stabilaattorin- sekä pyöryksenpaine, voitelu- ja vesihuuhteletkut ovat kevyempirakenteisia huomattavasti pienemmästä toimintapaineestaan johtuen. Kaikki letkut ovat toisesta päästään kiinteästi kiinnitettynä testipenkin lähtöihin, vapaana olevat päät kierretään kiinni iskulaitteen liittimiin sopivan kokoisilla kiintoavaimilla. Kiristyksien jälkeen iskulaite on valmiina testipenkin hydraulipumpun käynnistämistä ja testauksen muita vaiheita varten.



KUVA 11. Testipenkkiin laskettu iskulaite (Kuva: Tomi Nieminen 2010)

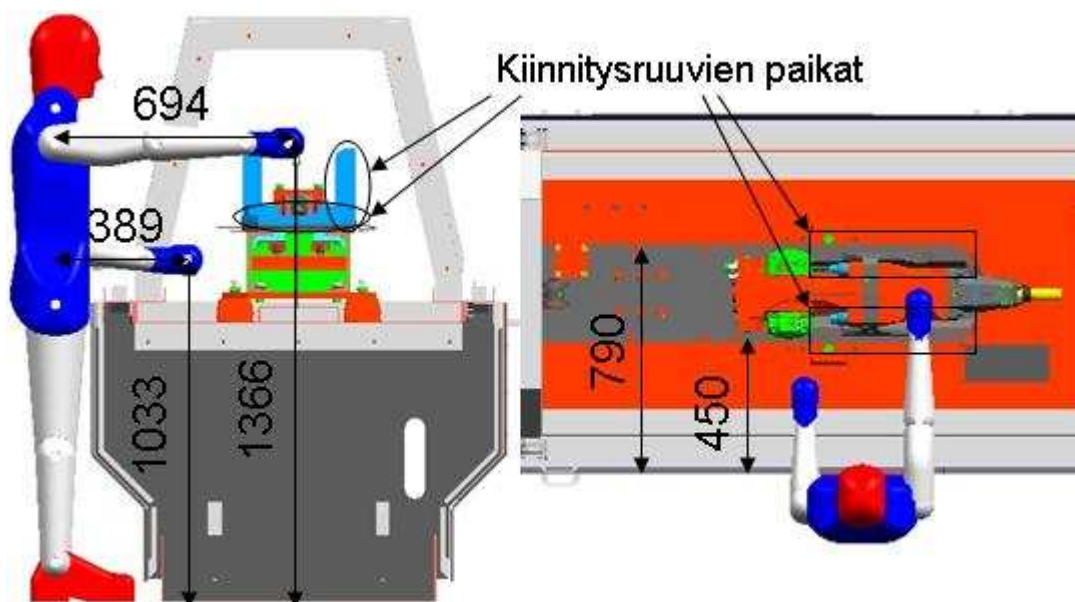
Ennen varsinaisten testivaiheiden käynnistämistä iskulaite ajetaan kiinni porakangen kierteille, syötön ja pyöryksen käsihallintalaitteita käyttäen. Tässä vaiheessa suoja-kuomu on vedetty paikalleen iskulaitteen ja porakaluston ympärille. Lopulta tietokoneohjatut testivaiheet voidaan aloittaa. Testauksen loputtua tarkastetaan vuotoöljyn määrä, josta käy ilmi voiteluöljyn sekaan mahdollisesti tiivistevuotojen takia tihkunut hydraulioöljy. Jos iskulaite on suoritunut testistä asetettujen testausparametrien rajojen sisällä, voidaan iskulaite irrottaa testipenkistä toistaen edellä mainitut vaiheet päinvas-
taisessa järjestyksessä.

3.4 Ongelmat testausvaiheissa

Iskulaitteiden testipenkin omaavista huoltopisteistä on saatu testaushenkilökunnalta palautetta koskien testaustapahtuman valmisteluihin kuluva pitkä aika ja vaivallisuutta. Varsinkin iskulaitteen kiinnitys testipenkkiin on koettu hankalaksi ja aikaa vieväksi. Myös toiminta hydrauliletkujen kiinnityksien kanssa on herättänyt toivomuksia parempiin järjestelyihin työympäristön siistinä pysymisen kannalta.

3.4.1 Iskulaitteen kiinnitys

Suurimpia yksittäisiä syitä iskulaitteen kiinnityksessä ilmeneviin ongelmiin ovat testausta valmistelevien toimintojen pakotettu suoritusjärjestys, ruuvikiinnityksien käyttö, testipenkin peruslevyn aseman korkeus ja etäisyys penkin reunasta, mikä on johtanut ergonomisesti hankaliin kiinnitysröuvien paikkoihin ja työskentelytarpeeseen testipenkin molemmilla puolilla. Kuten kuvasta 12 näkyy, joutuu testihenkilö työskentelemään ulottuvuutensa ääri rajoilla. Muut kyseiseen tapahtumaan sisältyvät epämieluisat kohdat liittyvät iskulaitteen ja sovitusslevyjen liikutteluun, sopivien kiinnitysröuvien etsimiseen sekä joidenkin niistä käsin kiristämiseen ja avaamiseen.



KUVA 12. Ihmisen kehon mitat testipenkin yhteydessä (Luutikivi 2011)

Asennuslevyn kiinnittäminen peruslevyyn täytyy tehdä ilman iskulaitetta, kuten kuvassa 13 on esitetty. Ainoastaan siten asennuslevy saadaan tukevasti kiinnitettyä peruslevyyn määrättyistä kiinnitysruuvien paikoista, koska iskulaite peittää ulkomuodoillaan osan rei'istä niin, että kiinnitysruuveja ei saada paikoilleen ja kiristettyä. Tämä pakottaa testaushenkilön tekemään kaksi erillistä nostoa ketjunostimella, ja suorittamaan iskulaitteen kiinnitys testipenkin sisäpuolella eikä asennuspenkissä. Kiinnitysruuveja kiristäessään hän voi altistua vartalon kiertämiselle ja kurottamiselle, sekä pitkäkestoiseen työkentelyyn kädet koholla, pitäessään samalla kiintoavainta tai mutterinväännintä otteessaan. Kiinnitysruuvien ja muttereiden kanssa toimiessa on aina mahdollista otteen lipeämiseen, joka tarkoittaa ruuvin, mutterin tai avaimen tippumista koneen osien väliin, tai käsien kolhiintumisen vaaraa.



KUVA 13. Sovituslevyn ja iskulaitteen kiinnityskohdat, prototestipenkki (Kuva: Jukka Luutikivi 2011)

Iskulaitteiden ja sovitusslevyjen suuri massa aiheuttaa käyttäjälle fyysisten käsi- ja jalkavoimien käytön tarpeen, niitä ketjunostimen kanssa sivuttain siirrettäessä. Isokokoisin iskulaite lähentelee massaltaan 500 kg. Tällöin käsin vedettävä tai työnnettävä ketjunostin ei ole helposti liikuteltavissa, varsinkaan jos kiskojen rullat tai liitänäkohdat ovat huonosti säädetyt tai epäkunnossa.

3.4.2 Muut ilmenneet epäkohdat

Sovituslevyjen eri variaatioiden suuren määrän käytössä ilmenee tarvetta varastotilaan, mikä voi johtaa huonona esimerkkinä asennuslevyjen lojumiseen verstaan nurkissa. Oikean sovitussovituslevymallin löytäminen hankaloituu, jollei levyille ole varattu hyllytilaa tai vastaavaa varastointimenetelmää. Nykyisistä sovitussovituslevyistä puuttuu tyyppimerkintä, josta käy ilmi mille iskulaitetyypille levy sopii käytettäväksi. Uusi testaushenkilö voi joutua sovittamaan iskulaitetta sovitussovituslevyyn löytääkseen oikean tyyppisen levyn. Huoltopisteissä huolletaan myös kokonaisia kallioporauslaitteita, joiden iskulaitekelkat voivat sekoittua testauksessa käytettyihin asennuslevyihin, jos niitä ei ole selkeästi erotettu toisistaan esimerkiksi pinnoituksen värillä.

Hydrauliletkujen irrotusvaiheessa hydraulioöljyä pääsee valumaan letkuista ja iskulaitteen liittimistä testipenkkiin, iskulaitteen ja sovitussovituslevyn pintaan kuten myös testaushenkilön käsille. Testaushenkilö joutuu käyttämään suojakäsineitä varmistaakseen turvallisen pidon käyttämiinsä työvälineisiin ja koneen hallintalaitteisiin, joihin kulkeutunut öljy kerää likaa. Iskulaitetta ja sovitussovituslevyä testipenkistä pois siirrettäessä öljyä valuu väistämättä pieniä määriä lattialle, jossa se aiheuttaa liukkautta. Lattialta öljyn pois peseminen kuluttaa aikaa, mutta on kohtuullisen helppoa toisin kuin testipenkistä, jonka sisäiset muodot ovat monimutkaisia.

Jokaisen nykyään valmistettavan porakoneen testaaminen samalla testipenkillä tarkoittaa lisää valmistelevia töitä. Tyynykone joudutaan vaihtamaan siirryttäessä pienikokoisimmista iskulaitteista isokokoiisiin ja toisin päin. Tämän lisäksi porakanki pitää vaihtaa ja eräillä malleilla joudutaan käyttämään sovituskappaletta niskakappaleen ja porakan- gen välillä. Verrattuna yksittäisen iskulaitteen kiinnittämiseen, jota joudutaan toistamaan vajaan tunnin välein, ei tällä ole suurta vaikutusta käytettävyyteen, mikäli suuria ja pieniä koneiden testaamista pystytään jaksottamaan pidemmille aikaväleille.

3.5 Olemassa oleva pikakiinnityssysteemi

Iskulaitetehtaassa käytössä olevan koekäyttöpenkin ja testattavan iskulaitteen välinen kiinnitys on toteutettu hydraulisylinlerin avulla liikuteltavien pikakiinnitysleukojen avulla, joista toinen näkyy kuvassa 14. Koekäyttötilanne vastaa huoltopisteissä suoritettua iskulaitteen testausta testivaiheiltaan, tosin koekäyttöpenkin toimintasuunta on pystysuora. Valmistelevien tehtävien suoritusjärjestys on erilainen sekä iskulaitteen ja asennuslevyn liikuttamisen käytetään muokattua lattialla liikkuvaa automaattista haarukkanostinta.



KUVA 14. Koekäyttöpenkin pikakiinnitysleuka (Kuva: Jukka Luutikivi 2011)

Iskulaitteen kokoaminen tapahtuu suoraan sovitusslevyyn asennuspenkissä, joten myös kiinnitysruuvit saadaan kiristettyä ergonomisella työkorkeudella ilman vartalon kurotusta ja kiertoa. Kiristyksessä voidaan käyttää apuna paineilmakäyttöistä mutterinväännintä avaramman asennustilan ansiosta. Asennuslevyissä jo valmiiksi kiinni oleva iskulaite siirretään haarukkanostimella asennuspenkistä koekäyttöpenkin yhteyteen.

Noin puolitoista metriset hydrauliletkut kierretään tässä vaiheessa kiinni iskulaitteen liittimiin. Letkujen toisissa päissä ovat kiinteät jousitoimiset pikaliittimet, joiden vastakappaleet sijaitsevat peruslevyn reunoilla. Letkujen kiristämisen jälkeen iskulaite-asennuslevypaketti työnnetään peruslevyä vasten. Peruslevyn sivuissa ovat metalliset ohjaimet, jotka keskittävät asennuslevyn sivusuunnassa oikeaan kohtaan. Asennuslevyn perä nostetaan nostimella peruslevyn yläosassa sijaitsevaan hahloon, joka estää asennuslevyn kaatumisen testaushenkilöä kohden. Etupää lukitaan tiiviisti kiinni peruslevyä vasten edellä kuvatuilla pikakiinnitysleuoilla käsiohjainta käyttäen. Hydrauliletkujen liittämisen jälkeen iskulaite on koekäyttövalmiudessa. Kuvassa 15 on esitettyä koekäyttöpenkin peruslevy.



KUVA 15. Koekäyttöpenkin peruslevy (Kuva: Jukka Luutikivi 2011)

4 IDEOINTI, LUONNOKSET JA KEHITYS

Tapani Jokinen kertoo kirjassaan Tuotekehitys 500 hyvin selkeästi mihin tuotekehitys projektin tavoitteet tulee asettaa. Ei ole järkevää tyytyä tekemään yhtä hyvää tuotetta kuin markkinoiden paras tuote on kyseisellä hetkellä. Tehdessä näin saadaan lopputulokseksi jo vanhentunut tuote, sillä kilpailijatkin parantavat ja kehittävät jatkuvasti tuotteitaan (Jokinen.2001, 27–28). Tulevissa kappaleissa käsitellään opinnäytetyön suorituvaiheen etenemistä tuotekehitysprojektille tunnusomaisissa vaiheissa.

4.1 Lähtökohdat

Tämän opinnäytetyön suoritusosuuden aloitustapaamisessa tehtiin selväksi, että työn päätavoitteeksi asetettiin kehittää nykyistä iskulaitteen kiinnitysmenetelmää käyttäjäystävällisempi pikakiinnitysratkaisu. Vertailupohjaa markkinoiden parhaasta testipenkistä ei ollut, eikä tietoa kilpailevien yritysten laitteista löydetty julkisesta levityksestä, esimerkiksi Internetistä. Näin katseet kääntyivät iskulaiteverstaan koekäyttöpenkin pikakiinnitysmenetelmään, jota voitiin pitää sillä hetkellä markkinoiden parhaana tuotteena. Päätavoitteen rinnalle nostettiin heti alussa vaatimukset ergonomisten näkökohtien huomioon ottamisesta suunnitteluprosessin aikana kuten myös työturvallisuuden.

Suunnittelija on tottunut näkemään ympäristönsä itselle tuttuun tyyliin ja muodostamaan käsityksensä kehitettävän tuotteen halutuille tavoitteille sen perusteella. Näin ei saisi olla, vaan ympäristöä havainnoimaan myös muiden näkökulmasta, jotta saataisiin loppukäyttäjää mahdollisimman hyvin palveleva tuote (Huotari, Laitakari-Svärd, Laakko, Koskinen 2003, 16). Ratkaisuksi tähän Huotari ja muut esittävät tiedon etsimistä tuotteen kohderyhmän arvoista ja etiikasta. Lisäksi suunnittelijoiden kannattaisi miettiä omia käyttökokemuksiaan enemmän varsinaisia käyttäjiä, koska heillä voi olla siitä kokemustaustaa monen kymmenen vuoden ajalta.

4.2 Vaatimuslista

Tästä syystä johtuen vaatimuslistaa laadittaessa kuunneltiin näkemyksiä jokaiselta vastaavanlaisia testipenkkejä käyttäneeltä taholta iskulaitetehtaalta. Näihin tahoihin kuuluivat henkilöt iskulaitetutkimuksesta, -suunnittelusta ja -tuotannosta. Iskulaitetutkimuksessa käytetään huoltopisteiden testipenkin prototyyppiä, joka muistuttaa lähinnä sen nykyistä versiota. Suunnittelijoiden kokemukset varsinaisesta testauksesta olivat vähäisiä, mutta he ovat olleet aikaisemmin suunnittelemassa testijärjestelmissä käytettyjä osia. Paras käyttäjäkokemusohja oli tuotannossa, jossa iskulaitteita koekäytetään melkein katkeamattomalla syötöllä. Tosin erilaisen testausjärjestelmän käyttö heikensi tuotannosta saatavia ehdotuksia.

Vaatimuslista koottiin kasaan ja vaatimukset jaettiin kuuteen eri ryhmään, jotka koskivat uuden kiinnitysmenetelmän käytettävyyttä, toimintaa, luotettavuutta, soveltuvuutta nykyiseen malliin, ajankäyttöä ja siisteyttä. Tämän jälkeen kaikista ryhmistä erotettiin kiinteät vaatimukset, vähimmäisvaatimukset ja toivomukset pisteytystä varten (Jokinen.2001, 30). Taulukossa 1 on esitetty selitykset vaatimusluokille ja käytettyjen pisteiden tärkeydelle.

Taulukko 1. Vaatimusluokat ja pisteytys

Selitykset vaatimusluokille:			Pisteytys (1-3)
KV	Kiinteä vaatimus	Vaatimus, joka on pystyttävä täyttämään kaikissa tilanteissa	1=Tärkeä
VV	Vähimmäisvaatimus	Vaatimus jonka reilu ylittäminen on toivottavaa	2=Keskinkertainen
T	Toivomus	Ominaisuus, joka huomioidaan mahdollisuuksien mukaan	3=Vähemmän tärkeä

Toivomuksien pisteyttäminen annettiin tehtäväksi jokaisten edellä mainittujen ryhmien jäsenten edustajille ja näistä laskettiin painotetut keskiarvot kunkin ryhmän kokemusten tärkeyden mukaan. Eri toivomuksien, joilla pyritään mahdollisimman hyvään käyttäjäystävällisyyteen ja vaatimusten toteuttamiseen, pisteiden laskun jälkeen kävi ilmi, että seuraaviin seikkoihin tuli kiinnittää huomiota suunnittelun edetessä seuraaviin vaiheisiin.

- Työskentelyergonomian parantuminen
- Paineilmatyökalujen käyttömahdollisuus, kuten mutterinväännin
- Yksinkertainen rakenne
- Asennuslevyjen variaatioiden määrän pienentäminen
- Kiinnityspulttien korvaaminen pikakiinnikkeillä

Laadittua vaatimuslistaa käytettiin apuna työn etenemisen aikana, jolloin piti palata taaksepäin tarkastamaan peruslähtökohtia suunnittelun ajautuessa harhaan. Vaatimuslistaa ei pidetty täysin lukittuna, vaan muutosten ja lisäysten mahdollisuudet sallittiin, mikäli niitä olisi tarve tehdä. Lopullinen vaatimuslista löytyy liitteestä 1.

4.3 Reunaehdot

Suunnittelua ei päästy aloittamaan aivan puhtaalta pöydältä, koska kyseessä oli vanhan menetelmän parantaminen, eikä kokonaan uuden luominen. Tämä merkitsi tiettyjen suunnittelun reunaehtojen ottamista huomioon ideointiin ruvettaessa. Reunaehdot määräytyivät käytössä olleista rakenteista ja komponenteista, joita ei haluttu muuttaa tai ei olisi ollut resursseja lähteä muokkaamaan. Reunaehtojen määrittäminen onnistui helposti testipenkin 3D-malliin tutustumalla. Samalla perehdyttiin myös ergonomiaan asiaankuuluvien standardien ja oppaiden avustuksella. Näin saatiin selville koneen käytön ja käyttäjän ergonomisia toimintarajoja.

Suurimmaksi suunnittelua rajoittavaksi tekijäksi muodostui vapaan tilan rajoittuneisuus syöttöpuomin ympärillä ja sisällä, mikä aiheutui liukuvan suojakuomun sisämitoista. Kaksi iskulaitetyyppiä omaa muista malleista poikkeavan rakenteen, joka on mahdollistanut niiden kiinnittämisen suoraan porauslaitteen syöttöpuomiin, ilman yleisesti niiden välissä käytettävää kelkkaa. Testipenkissä näiden iskulaitetyyppien kanssa ei voida käyttää sovitusslevyä korkean niskakappaleen keskiökorkeuden takia. Tämä esti peruslevyn yläpinnan korottamisen, joka olisi johtanut samalla tyynykoneen aseman nostamiseen. Suojakuomu olisi antanut tähän pelivaraa. Tyynykoneen aseman korottamista pidettiin viimeisenä vaihtoehtona, jollei ratkaisua pikakiinnitykseen olisi muuten saavutettu. Syöttöpuomin rakenne piti pysyä samana, mutta pienet muutokset olivat mahdollisia toteuttaa. Iskulaitteen ja peruslevyn asemaa ei voitu siirtää suurta matkaa kohti tyyny-

konetta, koska iskulaitteen niskakappaleen ja porakangen takapäähän väliin piti jäädä tilaa joskus käytettäville sovitussosille.

4.4 Ideointi

Suunnittelun edessä ideointivaiheeseen oli vanhasta mallista muotoutunut hyvä käsitys ja sen ongelmakohdat oli havaittu. Uuden ratkaisumallin ideointiin ei sovellettu mitään erikoistekniikkaa, vaan se tehtiin yksilötyönä malleja lyijykynällä paperille luonnostellen. Lähtökohtana oli saada aikaiseksi mahdollisimman monta vaihtoehtoista pikakiinnitys menetelmää, joista valittaisiin kokeneempien suunnittelijoiden avustuksella jatkokehitykseen päätyvät mallit. Ideoinnin yhteydessä suoritettiin muutamia välikatsauksia työn ohjaajan kanssa, jotta olisi vältetty liiallinen harhautuminen ja turha työ. Nämä katsaukset tehtiin kuitenkin tuomitsematta mitään ensivaikutelman perusteella.

Aikaisemmin tehtyjen selvitysten perusteella haluttiin saada ideoitua yksikertainen malli, jossa olisi mahdollisimman vähän kiinnitysruuveja ja ne olisivat ergonomisesti hyvässä paikoissa, josta ne voitaisiin vääntää mutterinvääntimellä kiinni. Sovituslevyjen määrän karsiminen oli suotavaa. Aikaisessa vaiheessa kävi ilmi, että jo testausta valmistelevien vaiheiden suoritusjärjestyksen muuttamisella saataisiin kiinnitystapahtumaa nopeutettua ja raskaiden kappaleiden nosto ja siirtomääriä pienennettyä. Uudeksi asennuslevyn ja iskulaitteen kiinnitysjärjestykseksi valittiin iskuverstaalla käytössä oleva tapa, koska se oli todettu vuosien saatossa tehokkaimmaksi. Ideoinnissa ei kuitenkaan lähdetty sokeasti kopioimaan iskulaiteverstaan koekäyttöpenkin pikakiinnitysmenetelmää, koska työn suorittajan sisäinen kunnianhimo halusi saada jotain uutta ja omaperäistä aikaiseksi.

Ideoinnin tuloksena syntyi kolme esityskelpoista ja erilaista ratkaisumallia iskulaitteen pikakiinnitykseen. Kaikkien mallien yhteisen pääpiirteenä voitiin pitää iskulaitteen ja sovitusslevyn keskenään kiinnittämistä asennuspenkissä ja siitä yhdessä siirtämistä testipenkille, jossa kiinnitys tapahtuisi kiinnitysruuveja käyttämättä. Samankaltaisuutena mallien välillä oli myös kahden aikaisemmin mainitun korkean niskakappaleen aseman omaavien iskulaitteen testauksen tapahtuvan mahdollistamisen sovitusslevyjä käyttäen.

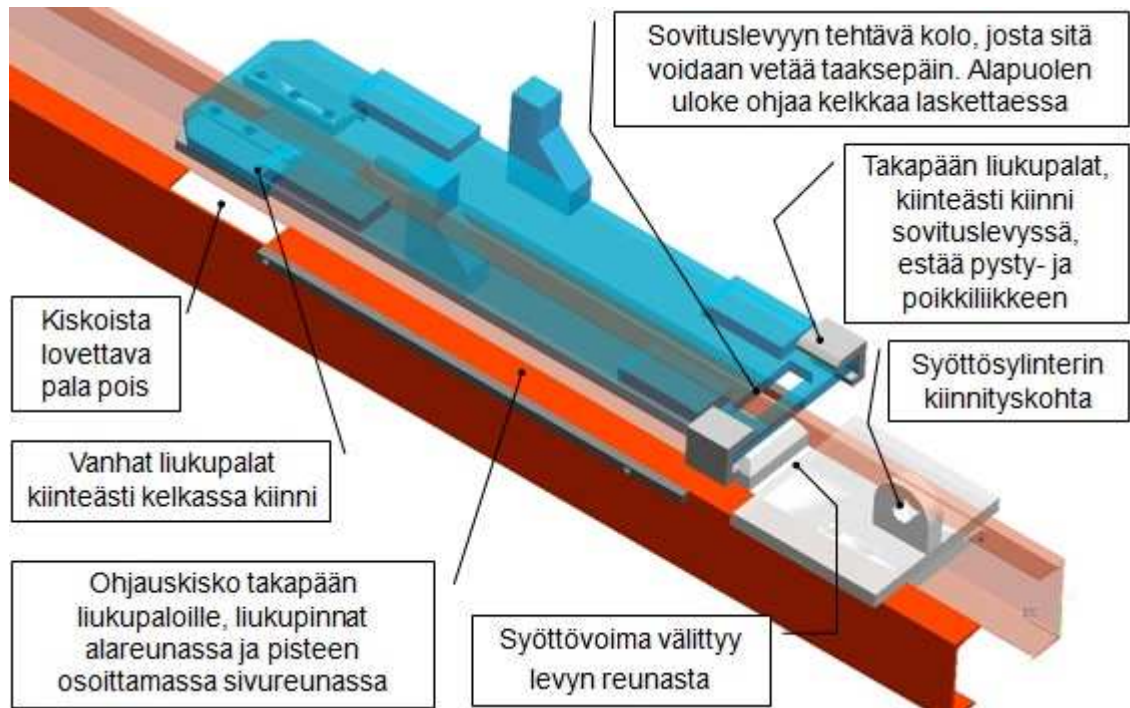
Näin tehtiin, jotta jokainen kiinnitysruuvi voitaisiin kiristää asennuspenkissä, mikä poistaisi suurimmat testaushenkilöä rasittavat epäergonomiset seikat.

4.5 Ilman peruslevyä oleva kiinnitysmalli

Ensimmäisen ratkaisumallin idea lähti hyödyntämään syöttösynteriltä saatavan työntövoiman käyttämistä sovitussynterien paikalleen lukitsemisessa. Tällä säästyttiin ulkoisten lukitussynterien ja kiinnitysruuvien käytöltä, mikä alun perin haluttiin välttää. Myös peruslevystä oli päästävä eroon edellä mainitusta syystä. Jos vanhassa mallissa peruslevy liukui pystyssä olevien C-profiilin muotoisten teräspalkkien päällisellä pinnalla, miksei saman vahvuisesta teräslevystä valmistettu sovitussynterien pohja voisi toimia liukupintana ja sovitussynterit itsestään peruslevynä.

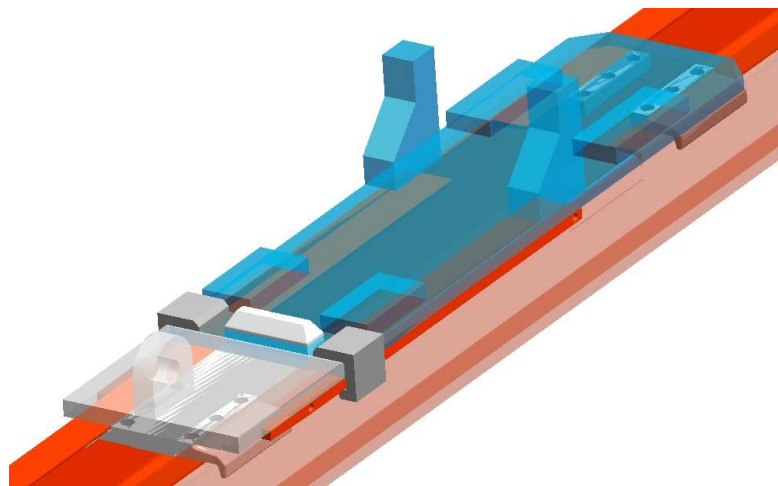
Peruslevy oli estetty liikkumiselta kaikissa muissa vapausasteissa, paitsi liukumiselta syöttösynterien mukaisesti edestakaisin, sen alapuolelle ruuveilla kiinnitetyillä liukupalloilla. C-profiilin sisäpinnan ylä- ja sivureuna toimivat liukupallojen vastineina. Sovitussynterien peruslevynä toimiminen tarkoittaisi liukupallojen kiinnittämistä siihen. Jotta sovitussynterit saataisiin liukumaan liukupallojen ohjaamana kiskoillaan, olisi kiskojen yläpintaan tehtävä aukot. Näistä aukoista asennuslevyyn kiinnitetyt liukupalat voitaisiin laskea alas kohdakkain kiskojen liukupintojen kanssa.

Toinen vaihtoehto oli kiinnittää kiskojen ulkoreunoihin erilliset pitkittäiset ohjauskappaleet, joiden vapaana olevat sivu- ja alareunat toimisivat liukupintoina uuden mallisille liukupalloille, jotka toimisivat samalla periaatteella kuin vanhat, mutta vain kiskojen ulkopuolella. Ensimmäisen idean pohjalta tehdyssä luonnoksessa päätettiin hyödyntää sovitussynterien edessä vanhoja liukupalloja ja takana uusia kiskojen ulkopuolelle sijoitettavia liukupalloja. Kuvassa 16 on esitetty karkea, mutta mittasuhteissa oleva 3D-luonnos kuvailusta ideasta.



KUVA 16. Pikakiinnitysluonnos ilman peruslevyä (Luutikivi 2011)

Kuvasta 16 näkyvät tarvittavat muutostyöt, jotka tarvitsee tehdä vanhoihin osiin kuten kiskoihin ja sovitusslevyyn, kuten myös uusien komponenttien toiminta ja niiden sijoituspaikat. Asennuslevy lasketaan kiskojen yläpinnalle etupään liukupaloille, kuviossa vasen pää, lovetuihin koloihin ja takapästä ohjauskiskojen takareunan ja syöttölevyn reunan ja ulokkeen välin osoittamalle paikalle samanaikaisesti. Kiskojen päällä ollessaan asennuslevy voidaan työntää liukupintojen ohjaamana eteenpäin syöttösylinterin voimalla, jolloin liukupalat estävät levyn liikkeet pysty- ja sivusuunnissa kuten kuvasta 17 voi todeta.



KUVA 17. Pikakiinnitysluonnos ilman peruslevyä (Luutikivi 2011)

4.5.1 Hyödyt ja haitat

Peruslevyttömän kiinnitysmallin, jossa asennuslevy liukuu suoraan syöttöpalkin kiskojen päällä, edut ergonomisista näkökohdista ovat huikeat. Fyysisen voimankäytön osuus tippuu murto-osaan verrattuna vanhaan malliin. Kaikki ennen käsin tehty kiinnitystyö on siirretty syöttösylinterin tehtäväksi, eikä senkään kuormitusta periaatteellisella tasolla jouduta nostamaan merkittävästi. Testaus henkilön tarvitsee nostaa yhteen kiinnitetyt iskulaite ja asennuslevy vaakasuorassa ylös asennuspenkistä ja kuljettaa kokonaisuus nostimen avulla testipenkin syöttökiskojen päälle jonne se lasketaan määrättyyn kohtaan. Tämä olisi ainoa fyysinen rasitus mikä kohdistuu testipenkkiin kiinnityksen aikana testaus henkilöön. Tosin ihmisen fyysisen suorituskyvyn standardi SFS-EN 1005-2 kertoo, että liikkeen tarkkuus lisää käsin tapahtuvaan käsittelyyn tarvittavaa aikaa ja tarvittaessa lihasponnistusta. Tarkkuutta vaativan paikoittamisen kuuluisi tapahtua koneen rakenteellisin keinoin (SFS-EN 1005-2, 32). Sitä, tulisiko laskemisesta suurta tarkkuutta vaativa työ, on vaikea arvioida kokeilematta sitä itse. Vanhoista komponenteista voitaisiin hyödyntää liukupaloja ja peruslevyä ei enää tarvittaisi, joka mahdollistaa kaikkien iskulaitetyyppien testauksen asennuslevyjen kanssa.

Asiaa alettaessa pohtimaan syvällisemmin, huomataan komponenttien kokonaismäärän nousevan. Liukupaloja tarvitaan niin moninkertainen määrä verrattuna vanhaan systeemiin, kun on sovitusslevyjä. Lisäksi syöttölevyyn tarvitaan kaksi vanhan mallista liukupalaa, muuten niistä puolet täytyy olla uudelleen suunniteltuja. Muita täysin uusia osia olisivat kaksi kappaletta syöttöpalkin kiskojen reunoihin kiinnitettäviä ohjauskiskoja, syöttölevy ja sen alapuolinen ohjauslevyn läpi tunkeutuva koukkumainen osa. Eli yhden vanhan osan pois jäänti ei paljoakaan lohduta asiaa tältä kantilta ajatellen.

4.5.2 Palaute

Koska aikaisempaa suunnittelukokemusta ei ollut, ei idean teknisestä toimivuudesta voitu olla aivan varma. Yksi mietityttänyt seikka oli välysten tarve taikka niiden mahdollinen haitallisuus liukupalojen ja liukupintojen välissä. Olosuhteet testivaiheiden aikana ovat rankat sisältäen dynaamista kuormitusta, jonka suuruudesta ei ollut tarkkaa tietoa saatavilla. Päätettiin kysyä neuvoa ja kommentteja muilta työpaikan iskulaite-

suunnittelijoilta. Välysten kohdalla huolenaihe osoittautui oikeaksi, mutta se kohdistui syöttölevyyn, joka lyhyen pituutensa vuoksi voisi kiilautua jumiin liukupaloistaan kisko-
kojen sisäpintoihin. Kisko-
kojen loveamiseen suhtauduttiin myös epäilevästi rakenteen
lujuuden heikentymisen pelossa. Liukupalojen aseman säätötarve nousi asiaksi mitä ei
ollut otettu ideoinnissa paljoakaan huomioon. Koska jokaiseen asennuslevyyn pitäisi
kiinnittää omat liukupalansa, kasvaisi säädön tarve huomattavasti aikaisemmasta. Tästä
aiheutuisi turhaa lisätyötä testihenkilökunnalle tai vaara, että asennuslevyjä ei huollet-
taisi asianmukaisesti.

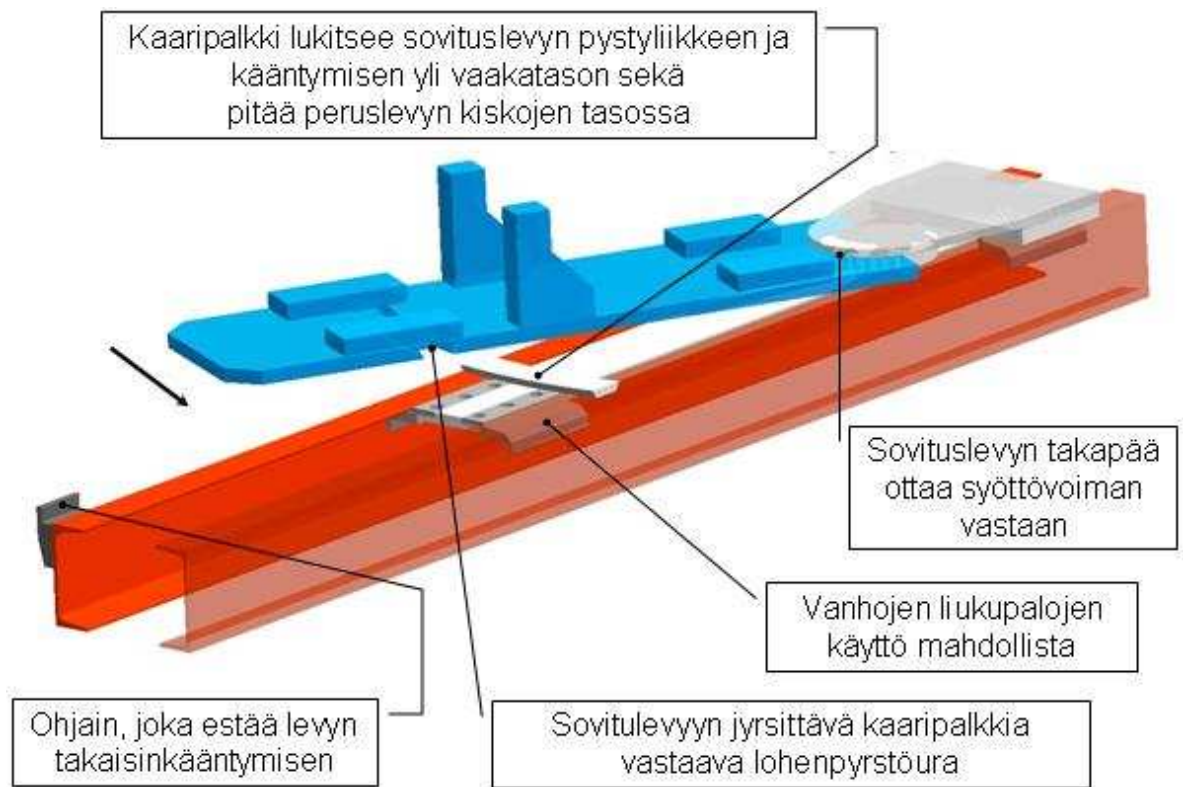
4.6 Perästä käännettävä malli

Suunnitteluratkaisua ei jätetty yhden oljenkorren varaan vaan ideointia jatkettiin samoja
periaatteita käyttäen. Päästä käännettävässä mallissa pyrittiin erkautumaan tavallisesta
vaakasuorasta liikkeestä hyödyntämällä rotaatiota lukituksen aikaan saamiseksi. Erkau-
tuminen jouduttiin tekemään osittain sen vuoksi, että uusia vaakasuoralla liikkeellä lu-
kittavia ideoita ei syntynyt. Tämä ei ollut huono asia, koska työskentelyyn saatiin uutta
intoa ja laajempaa perspektiiviä. Samalla noudatettiin ideoinnin rajoittamattomuuden ja
luovuuden käytön ohjenuoraa.

Perästä käännettävän mallin periaatteena oli peruslevyn upottaminen syöttöpalkin kisko-
jen väliin siten, että levyn yläpinta olisi kisko-
kojen yläpinnan kanssa samassa tasossa. Pe-
ruslevyn takaosaan suunniteltiin ensimmäisen mallin kaltainen syöttölevy, josta syöttö-
voima johdettaisiin sylinteriltä sovitukseen. Syöttölevyn sovitukseen kohtaavasta
reunasta muotoiltiin ympyrän muotoinen. Sovituslevyn takapäästä irrotettaisiin täten
syöttölevyn ympyrää vastaava puolikaari. Yhteiset halkaisijat omaavat kappaleiden yh-
teen työntäessä sovitusta voidaan kääntää syöttölevyn ympyrän keskipisteen ym-
päri.

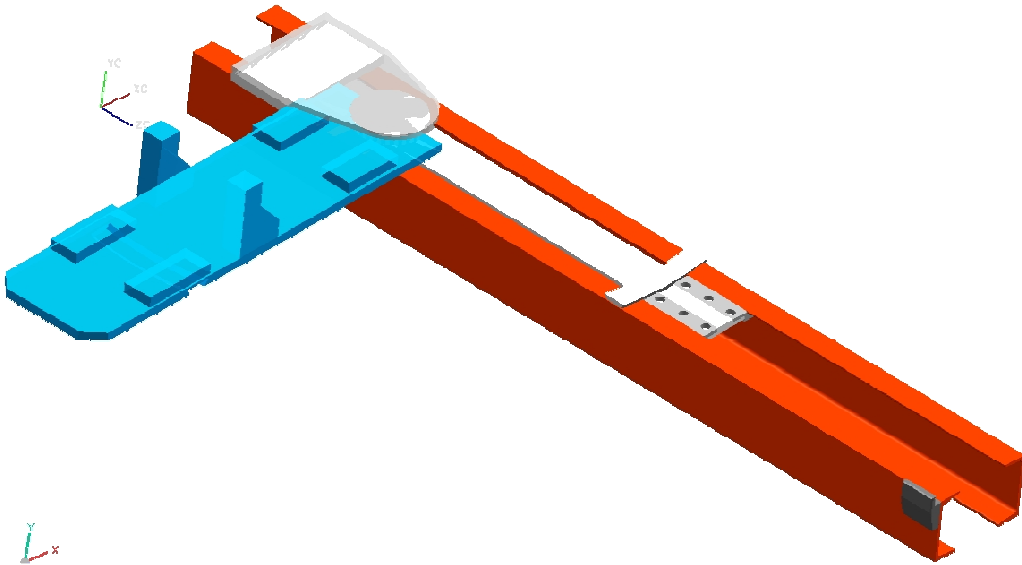
Sovituslevy-iskulaitepaketti tuodaan testipenkille poikittaisessa asennossa verrattuna
syöttöpalkkiin ja perä työntetään syöttölevyyn, jonka jälkeen sovitusta voidaan kääntää
yksi neljäsosakerros kohti syöttöpalkin tyynykoneen päätä. Syöttölevyn pohjaan jyrsi-
tään takapään puoliympyrän kanssa samalla keskipisteellä oleva lohensyrjän profiilin
omaava kaariura, joka kohtaa vastakappaleensa sovitusta voidaan kääntäessä syöttöpalkin

kiskojen päällä. Upotettuun peruslevyyn yläpintaan on kiinnitetty vastakappale sovituslevyn uralle, joka lukitsee sovituslevyn pystysuunnassa tapahtuvan liikkeen käännön jälkeen ja mahdollistaa iskulaitteen takaisinpäin liikuttamisen. Sovituslevyn uraa ei ole tehty levyn toista syrjää puhkaisevaksi vaan sinne jätetään ohut seinämä, joka estää levyn kääntämisen ja testivaiheiden aikana kääntymisen yli kiskojen suunnan. Takaapäin katsottuna oikean puoleisen kiskon ulkoreunaan kiinnitetään ohjainkappale, joka lukitsee sovituslevyn kääntymisen takaisin päin, kun levyä on työnnetty tarpeeksi eteenpäin syöttösynterillä. Edellä kuvailtu malli on esitetty kuvassa 18 tarvittujen teknisten toimenpiteiden kanssa.

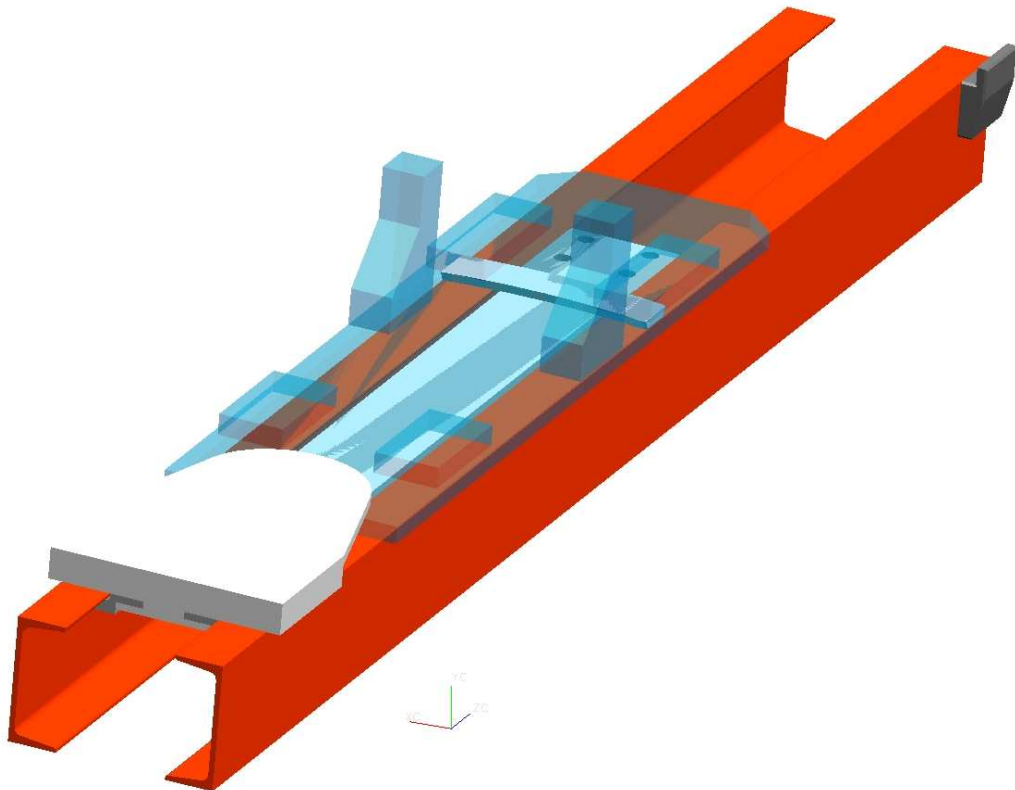


KUVA 18. Perästä käännettävä pikakiinnitysmalli (Luutikivi 2011)

Sovituslevyn kääntämistä silmällä pitäen olisi kääntöpuolelle suunniteltu tukipöytä, joka kannattelisi ja ohjaisi levyn etupäätä kiinni ja auki käännettäessä. Käännössä käytettäisiin apuna nostinta, jolla sovituslevyä saataisiin kannateltua hiuksen hienosti, jotta kääntäminen onnistuisi ilman suurta fyysisen voiman tarvetta. Lisäksi voitaisiin suunnitella vipusysteemi pitkällä momenttivarrella helpottamaan sovituslevyn kääntämistä ja avaamista. Kuvissa 19 ja 20 on esitetty alkuvaihe ennen kääntämisen aloittamista ja lopputulos kääntämisen jälkeen.



KUVA 19. Alkuvaihe ennen kääntöä (Luutikivi 2011)



KUVA 20. Loppuvaihe käännön jälkeen (Luutikivi 2011)

4.6.1 Hyödyt ja haitat

Ensimmäisen mallin tapaan perästä käännettävässä ratkaisussa saavutettaisiin kiinnitysruuviton lukitus. Asennuslevyn kohdistaminen oikealle paikalleen olisi vaivatonta testaushenkilölle, koska näkyvyys tapahtumapaikkaan on hyvä. Sovituslevyiskulaitepakettia tuodessa poikittain syöttölevylle ei testaushenkilön tarvitse taivuttaa ylävartaloaan perää aseteltaessa, koska testipenkin reunan ja keskikohdan etäisyys on puolet lyhyempi kuin asennuslevyn pituus. Kääntöä suoritettaessa voidaan sovituskäyttöiskulaitepakettia ohjata pitäen käsin kiinni iskulaitteen niskakappaleesta, jolloin käytössä on pitkä momenttivarsi. Ihmisen fyysisen suorituskyvyn standardin SFS-EN 1005-3 mukaan työntäminen, miten kääntö tapahtuu, on paras mahdollinen fyysisen voiman tuoton kannalta ammattikäytön käsittelytoiminnoissa, mukaan lukematta polkimella tehtävää työtä. Täten saadaan liikkeeseen koko keho mukaan ja niskakappaleen korkeus on juuri hartioiden kohdalla (SFS-EN 1005-3, 14).

Samaisesta standardista esiintyy pitävyyttä käsittelevä kohta, jossa sanotaan liukkauden jalkojen ja lattian välillä voi johtaa vaarallisiin tilanteisiin. Mikäli niitä ei voi välttää täytyisi suorittaa riskin arviointi (SFS-EN 1005-2, 16). Aikaisemmin mainituissa testitapahtuman ongelmakohdissa kävi ilmi, että on melkein mahdotonta välttää käytetyn hydraulioöljyn valumista tai kulkeutumista testipenkin läheisyyteen lattialle iskulaitteen pois ottamisen aikana. Tämä johtaa liukkaaseen lattiaan, josta pitäisi ottaa tukea työntöä tehtäessä. Tämä ei vaikuta turvalliselta ja riskin arviointi olisi tehtävä. Toisaalta lattian voi aina pestä, jolla vältetään liukastumiset, mutta siivoamisen välttelystä on varmaan omakohtaista kokemusta itse kullakin. Käännön loppuvaiheilla alkaa niskakappaleen etäisyys testipenkin reunasta lähennellä jo suorassa olevan käden pituutta, joka tarkoittaisi mahdollista vartalon eteenpäin taivuttamista saadakseen iskulaite täysin kiskoja suuntaiseksi. Tarve käännön lopun suorittavalle käsikäyttöiseksi vipusysteemille on ilmeinen, jotta saataisiin ergonomisesti hyvä ratkaisu aikaiseksi.

Rakenteen monimutkaistuttua osien määrä lisääntyy hieman verrattuna vanhaan malliin. Suurimmat tekniset haasteet kohdistuvat kaarimaisen uran ja kappaleen valmistamiseen ja tarkasti paikalleen saamiseen, mikä tietysti johtaa korkeisiin kustannuksiin. Vanhoja liukupaloja pystyttäisiin käyttämään ainakin peruslevyn takapuolella ja pienellä uudelleen suunnittelulla varmasti myös etupuolella.

4.6.2 Palaute

Tämä pikakiinnityksen ratkaisumalli ei tuntunut saavan kannatusta keneltäkään suunnittelijalta, jolta asiasta kysyttiin mielipidettä. Melkein 600 kg painavan sovituslevy-iskulaitepaketin kääntäminen nostimen liinan varassa käsikäyttöisesti tulisi olemaan testaushenkilölle liian raskasta ja ongelmallista. Varsinkin irrotusvaiheessa kääntämistä helpottavan, nostimella tehtävän, kevennyksen aikaan saaminen olisi liian hankalaa puuhaa. Ketjunostimien ylös ja alas liikuttelun tarkkuus ei välttämättä riittäisi ja nostessa, asennuslevy jumittuisi kaaripalkkiin ja estäisi täten käännön. Vipusysteemiä ei suuremmin edes käsitelty, koska alkuun annettu palaute teki selväksi, että tätä ratkaisuvaihtoehtoa ei kannattanut lähteä jatko kehittämään.

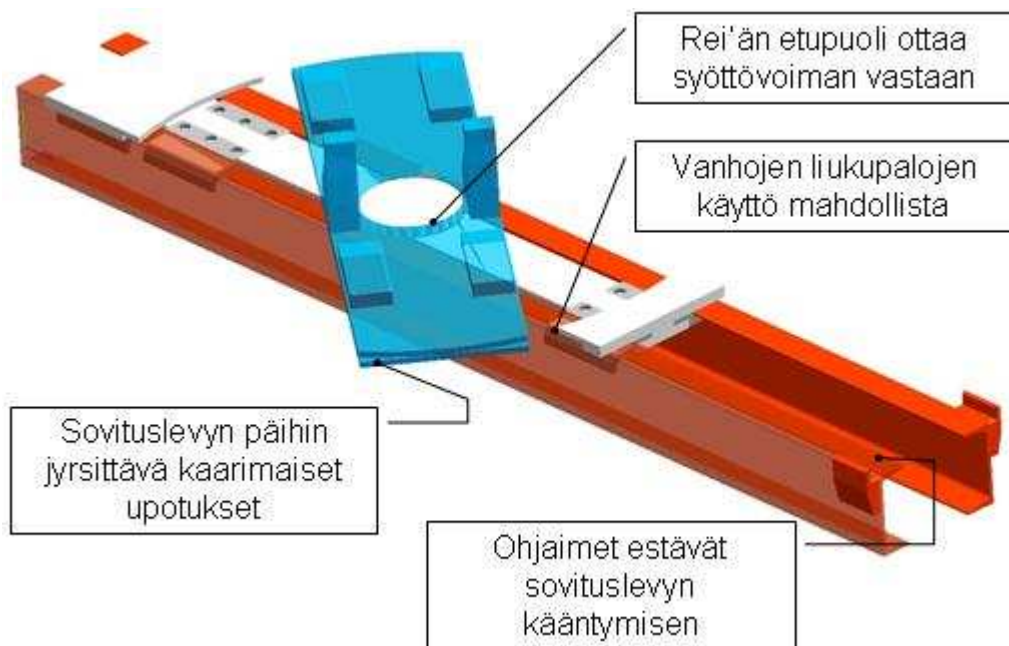
4.7 Keskeltä käännettävä pikakiinnitysmalli

Viimeinen ideoitu pikakiinnitysmalli piti sisällään osittain samaa periaatetta kuin perästä käännettävä malli, tosin lähtöidea oli aivan eri. Hydrauliletkujen kiinnityksen helpottamiseen ei kahdesta aikaisemmasta pikakiinnitysmenetelmämallista ollut apua. Kolmatta mallia lähdettiin työstämään ajatuksesta, että hydrauliletkut kiinnitettäisiin ergonomisemmassa paikassa, jossa ei syntyisi pakotettuja asentoja. Standardia SFS-EN 1005-2 selattua, sattui silmään järjestelmän suunnittelussa huomioon otettavissa seikoissa pakotettujen asentojen välttäminen. Kohdassa sanotaan pakottavia työasentoja ja monotonista työtä aiheuttavat koneet tulisi mahdollisuuksien mukaan suunnitella uudelleen, koska työskentely niissä olosuhteissa aiheuttaa ja lisää nopeasti epämukavuutta ja väsymystä sekä lihaksien suorituskyvyn laskemista (SFS-EN 1005-2, 32).

Iskulaiteverstaalla käytetään lyhyitä pikaliittimet toisesta päästään omaavia hydrauliletkuja koekäyttöpenkin ja iskulaitteen välillä, jotka kiinnitetään iskulaitteeseen ennen koekäyttöpenkkiin siirtämistä. Testipenkin hydrauliletkut ovat kiinteästi siinä kiinni, joten iskulaitteen pitää olla peruslevyn päällä tai sen välittömässä läheisyydessä jotta letkut ylittäisivät liittimilleen. Nyt kiinnitys oli tapahtunut iskulaitteen ollessa valmiiksi kiinnitettynä peruslevyyn, tällöin liittimet osoittavat testipenkin peräpäähän. Jos liittimet osoittaisivat kohti testaushenkilöä, eli iskulaite oli kiskojen suhteen poikkisuorassa, voitaisiin letkut varsin helposti kiertää liittimilleen ja suorittaa kiristämiset. Pakotetut työs-

kentelyasennot iskulaiteen päällä letkujen kiinnittämiseksi olisivat historiaa kuten myös vartalon taivuttaminen ja kiertäminen käsien kurottamisesta puhumattakaan.

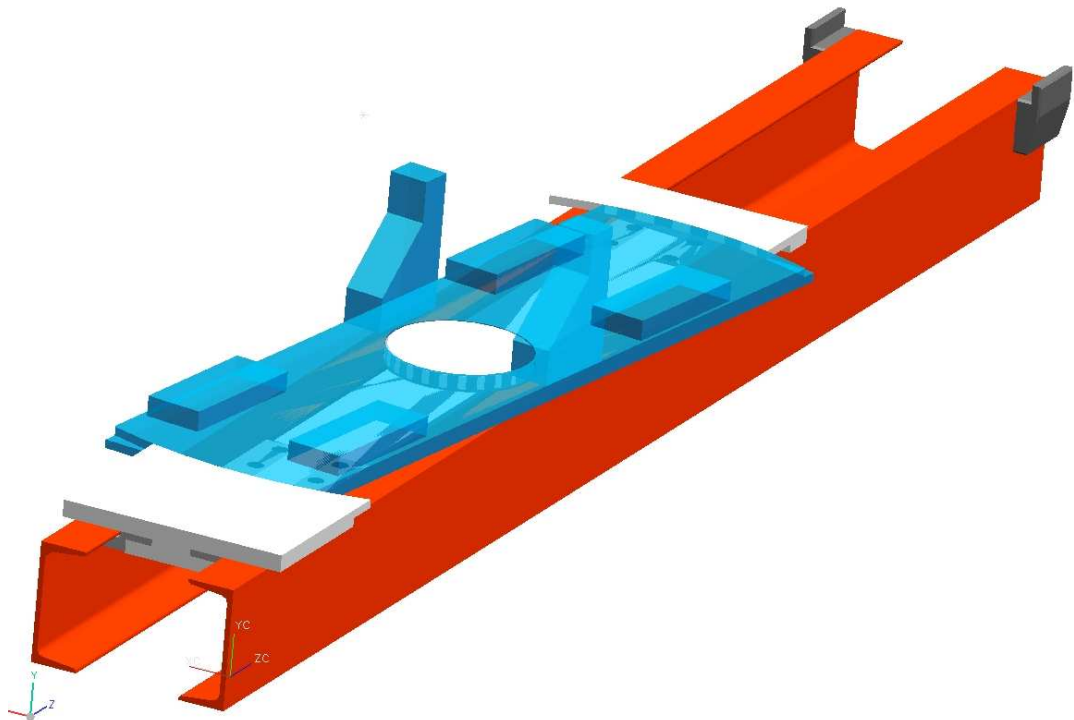
Tekemällä hydrauliletkujen kiinnityksen mahdolliseksi kuvailussa paikassa, päätettiin peruslevyn keskelle tehdä napa ja sovituslevyyn vastaavanlainen reikä, jotta asennuslevy-iskulaitepaketti voi olla aluksi poikittain ja letkujen kiinnityksen jälkeen se voidaan kääntää kiskojen suuntaiseen toiminta-asemaansa. Peruslevynä päätettiin käyttää perästä käännettävästä pikakiinnitysmallista tuttua kiskojen pintaan upotettua peruslevyratkaisua. Asennuslevyn pystyliikkeen estämiseksi suunniteltiin peruslevyn päälle molempiin päihin kiinnitettävät levyt, joiden alle sovituslevyn reunat jäisivät kääntämisen jälkeen. Syöttövoima ajateltiin johtaa sovituslevyyn peruslevyn navan kautta. Sivuttain pyöriminen testivaiheiden aika estettäisiin samankaltaisilla ohjainkappaleilla kuin edellisessä vaihtoehdossa. Nyt niitä vain tarvittaisiin molempiin kiskoihin. Kuvassa 21 on esitettyinä keskeltä käännettävä malli.



KUVA 21. Keskeltä käännettävä malli (Luutikivi 2011)

4.7.1 Hyödyt ja haitat

Suurin hyöty keskeltä käännettävässä pikakiinnitysmallissa on ehdottomasti hydrauliletkujen kiinnityksen paikan vaihtuminen testipenkin reunalle, johon testaushenkilöllä on erittäin hyvä ulottuvuus. Kuten aikaisemmat mallit, tämäkin malli toimii ilman kiinnitysruuveja, mutta vaatii edellisen mallin tavoin testaushenkilön fyysistä voimaa lukituksen aikaan saamiseksi. Laskettaessa sovituslevy-iskulaitepakettia navan päälle on testihenkilöllä lukuisia vaihtoehtoja aseman valitsemiseksi poikittaisen ja pitkittäisen asennon väliltä. Tällä tavoin varmistetaan hyvä ja ergonominen työskentelyasento, josta ei ole näköesteitä navan ympärille. Kuvassa 22 sovituslevy on käännetty havainnollistamaan sovituslevyn päätyjen kulkeutumista peruslevyn päällä olevien hakasten alle.



KUVA 22. Sovituslevy käännettynä (Luutikivi 2011)

Kääntämistä ja sovituslevyä tukeva rakennelma kiskojen molemmille puolille sekä kääntämistä helpottava vipuvarsisysteemi, voisivat olla hyvä lisä tähän suunnitelmaan. Lattian likaantuminen hydrauliohjasta voitaisiin estää testipenkin reunaan kiinnitetyllä keruualtaalla, johon öljy vuotaisi iskulaitteesta ja letkujen päistä niitä irrottaessa.

Teknisesti ajatellen koneistettavat pyöreät muodot voivat olla hankalia toteuttaa tarkasti ilman suuria kustannuksia. Muuten malliin ei tarvita paljoakaan uusia osia ja vanhoja liukupaloja voidaan hyödyntää ongelmitta joka paikassa. Syöttövoiman kuljettaminen navan kautta sovituslevyyn tarvitsee lisätarkastelua ja lujuuslaskuja, koska se eroaa huomattavasti vanhasta takapäässä toteutetusta syöttövoiman välityksestä. Kokemuksia samankaltaisesta ratkaisusta löytyy yhdestä Sandvikin mallistosta löytyvästä iskulaitteesta.

4.7.2 Palaute

Tässäkin pikakiinnitysmallissa vierastettiin massaltaan suurien sovituslevy-iskulaittepakettien kääntämistä testihenkilön voimin sen edellä mainittujen ongelmien aiheuttamisen perusteella. Uutena lisänä tullut syöttövoiman vieminen sovituslevyyn navan kautta sai kannatusta. Hydrauliletkujen kiinnittämiseen oli jo ennen tämän ratkaisuehdotuksen esittelemistä mietitty pikakiinnitys systeemiä, joka ei olisi ollut sovellettavissa letkujen kiinnitykseen iskulaitteen perä kohti testaushenkilöä olevassa tilanteessa. Näin ollen keskeltä käännettävä malli ei saanut kunnolla ilmaa alleen.

4.8 Kehitykseen valitut pikakiinnitysmallit

Yhteisessä kokouksessa muiden suunnittelijoiden kanssa päätettiin miten ideoinnista siirryttäisiin eteenpäin kohti alustavan loppuratkaisun luonnostelua. Palautteiden perusteella perästä käännettävä pikakiinnitysmalli jätettiin suosiolla jatkokehityksen ulkopuolelle.

Ilman peruslevyä toimiva malli oli aatteeltaan hyvä, mutta vaatisi jatkokehitystä liukupalojensa ja syöttölevynsä kannalta, joten tähän päätettiin ryhtyä. Etupään liukupalojen vaihtamista takapään liukupalojen kaltaisiksi ehdotettiin ensin mainitun ongelman ratkaisuksi. Alun perin ei ollut tiedossa iskulaitetyyppien todellisia syöttömatkan tarpeita, mikä vaikutti kahden eri tyyppin liukupalojen käyttöön peruslevyttömässä ratkaisumallissa. Neljän ulkopuolisen liukupalan käyttö ilmeni nyt mahdolliseksi, syöttömatkan maksimitarpeen jäädessä alle liukupalojen välisen pitkittäisen etäisyyden. Syöttölevyn kii-

lautumisongelmaan ei ollut valmiita ehdotuksia, joten tehtäväksi jäi tutkia voidaanko sitä pidentää tai korvata muunlaisella ratkaisulla.

Keskeltä käännettävän pikakiinnitysmallin syöttövoiman siirto navan kautta todettiin hyväksi vaihtoehdoksi ja tätä haluttiin kehittää eteenpäin. Pyörimisoptio voisi jäädä, mutta nostimella pitäisi pystyä tekemään kunnollinen kevennys pyöryttämiseen ryhdyttäessä. Tämä tarkoittaisi peruslevyn päälle kiinnitettyjen levyjen, joiden alle sovituslevyn päädyt jäivät kiinnitystilaan pystysuunnassa, korvaamista toisenlaisella pikakiinnitysratkaisulla. Pikakiinnitykseen ei haluttu sotkea enää hydraulisylintereitä tai vastaavia komponentteja, joten sen osalta tyydyttiin kehittämään ratkaisua mihin voitaisiin käyttää kiinnitysruuveja lukituksen aikaan saamiseksi.

4.8.1 Peruslevyttömän mallin kehitetty versio

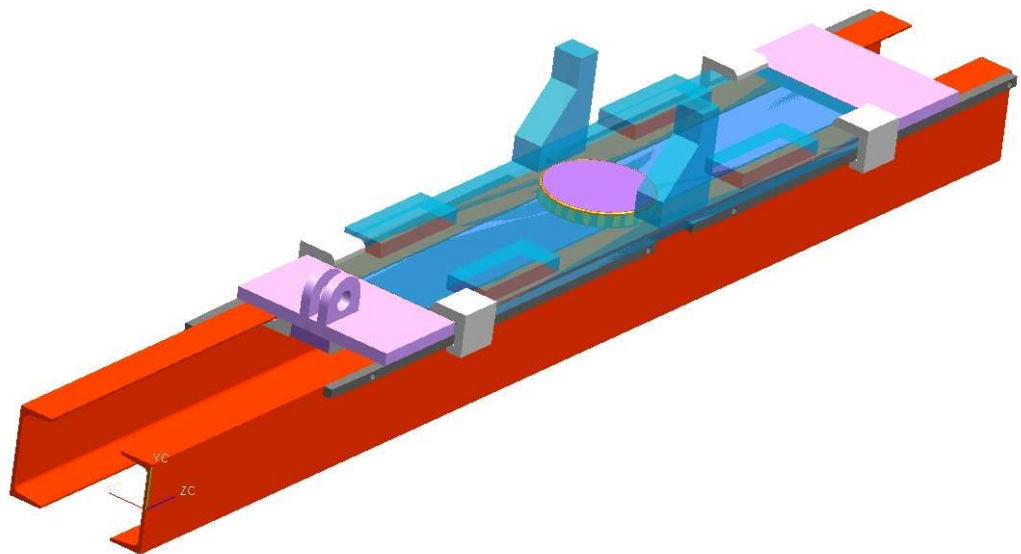
Jatkokehitykseen ryhdyttäessä alkoi varsinaisten kappaleiden mittojen huomioiminen tulla ajankohtaiseksi. Peruslevyttömän mallin syöttölevyn pituus oli todettu liian lyhyeksi ja sitä piti saada pidemmäksi, täten lähdettiin tutkimaan testipenkin 3D-mallista yksityiskohtaisia mittoja. Ensiksi tutkittiin eri iskulaitetyyppien niskakappaleen etupään ja tyynykoneessa kiinni olevan porakangen takapään välille jääviä etäisyyksiä, jotta saataisiin selville voidaanko syöttölevyn pituutta kasvattaa.

Huomioitavina seikkoina välimatkan mittaamisessa oli tyynykoneen ja porakangen vaihtamisen tarve pienemmän kokoluokan iskulaitteissa. Tyynykoneen niskakappaleen paikka on eri pienellä koneella kuin isolla, myös iskulaitteiden niskakappaleiden paikat vaihtelevat eri laitetyyppien välillä. Pienemmän tyynykoneen kanssa käytettävässä porakangessa oleva kierre ei ole kaikkien iskulaitetyyppien niskakappaleen kanssa yhteensopiva, joten niiden välille pitää asentaa sovituskappale, joka muistuttaa pienoiskokoista porakankea. Ilmeni, että lyhyin välimatka valmiiksi iskulaitteeseen kiinni kierrettyllä sovituskappaleella ja porakangen peräpäällä jäi vain muutaman senttiin, mikä esti syöttölevyn pituuden lisäämisen.

Todettua helpoimman ratkaisun ongelmaan ollessa käyttökelvoton siirrettiin katseet muihin syöttösylinterin ympärillä oleviin komponentteihin. Syöttöpalkin yläpintaan

ruuvein kiinnitetystä levystä, johon pystyyn hitsatut kaksi korvaketta muodostavat kiinnityspaikan syöttösynterinin takapäälle, löytyi lyhentämisen varaa noin 10 cm. Muuten komponentteja, joiden paikkoja tai muotoa muokkaamalla saataisiin lisää tilaa syöttölevyn pidentämiseen, ei ollut. Tilaa olisi tarvittu ainakin toiset 10 cm, jotta syöttölevyyn olisi voitu kiinnittää kaksi liukupalaa peräkkäin molemmille puolille estämään kiilautumista kiskojen väliin.

Lopullinen ratkaisu syöttölevyn pituuden lisäämiseen löytyi keskeltä käännettävän pikakiinnitysmallin peruslevystä. Testipenkin 3D-mallista mittauksia tehdessä ei löytynyt rajoitetta peruslevyn pituudelle sovitusslevyn etupuolella, ainoastaan takapuolella olevan osan pituus vaikutti iskulaitteen niskakappaleen siirtymiseen eteenpäin. Keskeltä käännettävän mallin peruslevyä käyttämällä saataisiin syöttölevyn pituus pudotettua liukupalojen pituuden kanssa samaan, joka on 200 cm. Verrattuna vanhaan sovitusslevyn takapuolelle jäävän peruslevyn osuus olisi 40 cm lyhyempi. Tämä kasvattaisi niskakappaleen poratangon välimatkaa, mikä tulee tarpeeseen esimerkiksi poratangon rikkoutumisen jälkeisissä huoltotoimenpiteissä. Kuvassa 23 peruslevyä on työnnetty jonkin matkaa eteenpäin. Sovitusslevyn liukupalojen on tarkoitus olla kosketuksissa vain ohjauksiskojen alapintojen kanssa. Peruslevyn etu- ja takapään yläpintaan liitetyt kappaleet pitävät sovitusslevyn kiskojen suuntaisena.



KUVA 23. Kehitetty versio peruslevyttömästä mallista (Luutikivi 2011)

Syöttöpalkin kiskoihin tehtävien loveuksien kohdalla päädyttiin niiden pois jättämiseen. Sovituslevyn etupäähän kiinnitettäisiin vanhan mallisten liukupalojen sijaan takapään kanssa samanlaiset uuden malliset kiskojen ulkopuoliset liukupalat. Tällä ratkaisulla kiskojen reunoihin tarvitaan kaksi kappaletta ohjauskiskoja per puoli. Perättäisten ohjauskiskojen välimatkaksi jätettäisiin liukupalojen tarvitsema etäisyys, jotta sovitusslevyn laskeminen kiskojen yläpintaan onnistuisi. Sovituslevy-iskulaitepaketin laskemista ohjaavana kappaleena toimisi peruslevyn napa liukupalojen sijaan. Navan korkeus voidaan nostaa yli sovitusslevyn paksuuden ja kunnollisten viisteiden avulla laskeminen saataisiin vaivattomaksi.

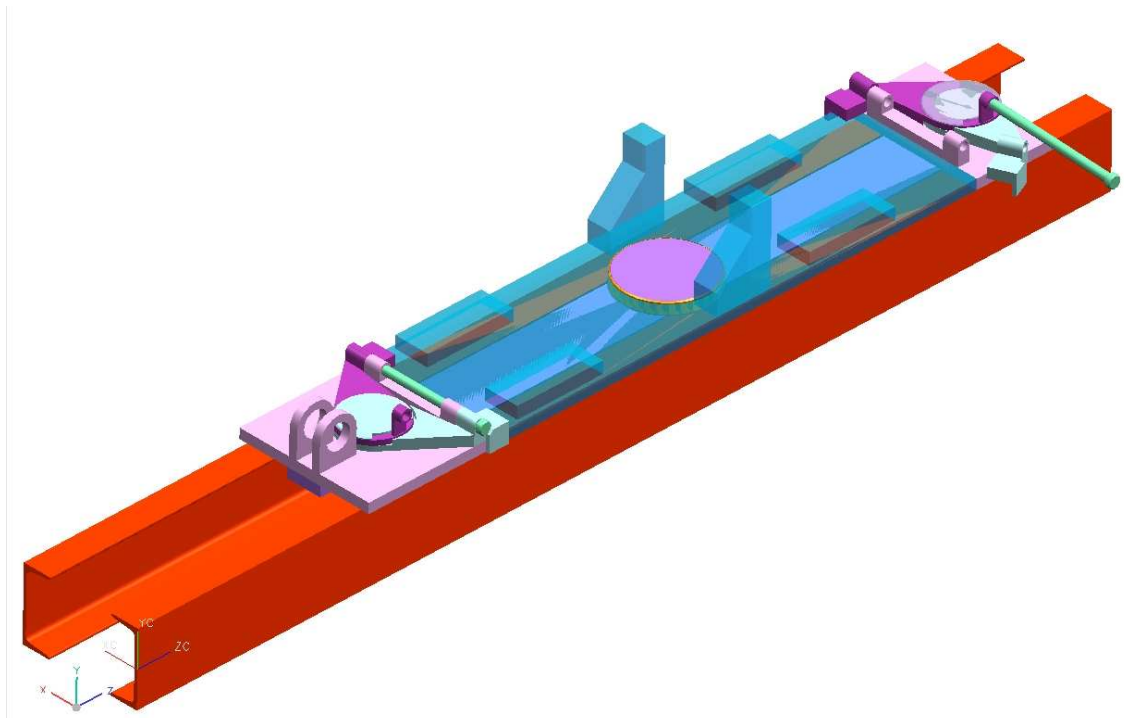
4.8.2 Keskeltä käännettävän mallin kehitetty versio

Keskeltä käännettävään malliin haluttiin kehittää peruslevyyn pikakiinnityssysteemit lukitsemaan sovitusslevy pystyliikkeeltä etu- ja takapästä. Erillisten pikakiinnityssysteemien lukitsemiseen ei ollut sovellettavissa hydraulikka- tai pneumatiikkasyliinterien avulla saatavaa voimaa. Vaihtoehtoina lukitukselle olivat kiinnitysruuvit tai sokat, joiden käyttö jätettiin pois tärisevän ympäristön aiheuttamien ongelmien takia. Ennen koko ideoinnin aloittamista tutustuttiin myös muutamiin kaupallisiin pikalukituslaitteisiin, joiden käyttöä olisi voitu ajatella tässä yhteydessä. Niiden lukitusperiaate perustui käsin käytettävään vipu-jousisysteemiin tai epäkeskokiekkoa kahvan välityksellä kääntäessä saatavaan voimaan. Testivaiheiden aikana vaikuttava tärinä ei oikein sopinut edellä mainittujen lukitussysteemien kanssa yhteen ja täten päätettiin hyödyntää ruuvikiinnitystä lukituksen aikaan saamiseksi. Kiinnitysruuvien käytöstä on kiinnipysyvyyden kannalta testivaiheiden aikana varmuus, jos ne kiristetään normaaliin momenttiinsa. Kiinnitysruuvien katkeamisia on tapahtunut harvoin.

Vanhasta kiinnityssysteemistä haluttiin päästä eroon osaksi hankalien kiinnitysruuvien käytön takia. Nyt kiinnitysruuvien käyttöön jouduttiin palaamaan, joten ensimmäinen asia ennen ideointia oli tarkastella ruuvien käytöstä aiheutuvien ongelmien syyt uudestaan. Haittapuoliahan olivat epäergonomiset paikat, suuri lukumäärä, käsittelyn ja käsin kiristämisen hankaluus öljyisessä ympäristössä. Suuntaviivat uuden lukituksen suunnittelulle tulivat selkeiksi, helpot ja avarat paikat kiristää kiinnitysruuvit mutterinväänti-

mellä, joita olisi mahdollisimman vähän ja isot tai pitkät kiinnitysruuvit joita on mukava käsitellä öljyisillä käsineillä.

Uusien ideointituokioiden jälkeen päädyttiin ratkaisuun, jossa sovituslevyn etu- ja takapään yläpinnan päälle käännettäisiin sivusuunnasta metallilevystä tehdyt hakaset, jotka lukittaisiin paikalleen molemmista päistä vain yhdellä kiinnitysruuvilla. Hakaset toimisivat kuin sakset, mutta ilman käsille tarkoitettua kahvaosaa. Kääntö sovituslevyn päälle suoritettaisiin testaushenkilöä vasten olevalla puolella työntämällä ja kauimmaisella puolella käytettäisiin vipuvartta apuna, mikä säästäisi testaushenkilöä siirtymiseltä testipenkin toiselle laidalle tai kurottamiselta iskulaitteen yli. Kiinnitysruuvien paikat ovat vaakasuunnassa kohti testaushenkilöä, mikä tekisi mutterinvääntimen käytön mahdolliseksi ja ergonomiseksi. Kiinnitysruuvien pitkän pituuden ansiosta ne ovat helposti käsiteltävissä ja samalla niitä voidaan hyödyntää vipuvartena kauimmaisen hakasen kääntämisessä. Kiinnityssysteemin periaate selkenee kuvasta 24, jossa sovituslevyn takapään kiinnitys on lukittuna ja etupään kiinnitys avoinna. Avattaessa lukitusta, kiinnitysruuvi siirretään takimmaiseen hakaseen tehtyyn ulokkeeseen, minkä jälkeen se voidaan kääntää aukinaiseksi. Kiinnitysruuvi pysyy näin myös tallessa testattavan iskulaitteen vaihtamisen aikana.



KUVA 24. Kehitetty versio keskeltä käännettävästä mallista (Luutikivi 2011)

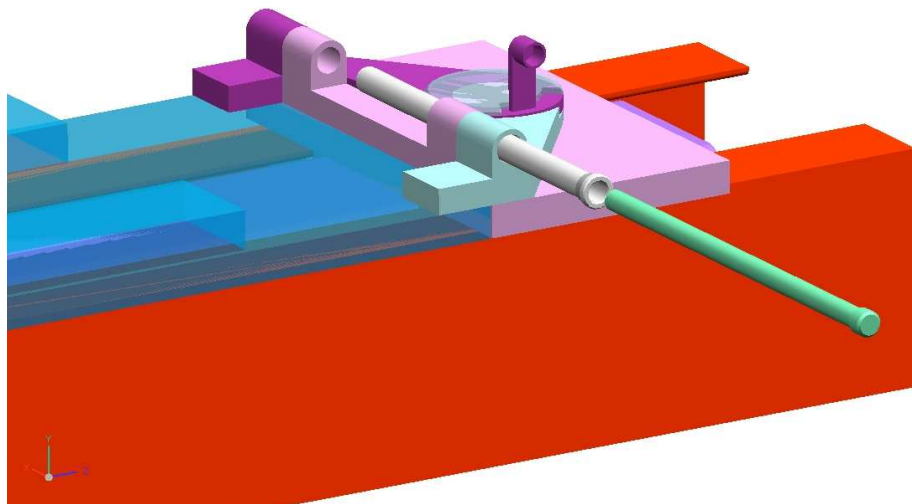
Alun perin hydrauliletkujen kiinnityksen kannalta ideoitu pikakiinnitysmalli ei menettänyt täysin periaatettaan. Asennuslevy-iskulaitepaketti voidaan vieläkin laskea kiskojen pintaan kohtisuorassa, mikä helpottaa letkujen laittamista paikalleen iskulaiteen liittimiin. Kääntö kiskojen suuntaan täytyy kehitetyssä mallissa suorittaa nostamalla sovituslevy-iskulaitepaketti kokonaan ilmaan, koska peruslevyyn liitetyt kappaleet estävät kääntämisen paikallaan.

4.9 Valittu pikakiinnitysmalli

Lopullinen valinta kahdesta kehitetystä pikakiinnitysmallista kohdistui jälkimmäisenä esiteltyyn keskeltä käännettävään malliin. Syyt valintaan löytyvät säätötarpeen minimoimisesta asennusvaiheessa ja kunnossapidon aikana kuten myös kehitetyn peruslevyttömän mallin liukuvuuden epävarmasta sutjakkuudesta. Liukupalojen säätötarve nousee huomattavasti, kun jokaiseen sovituslevyyn lisätään niitä neljä kappaletta. Syötöpalkin kiskojen suorana pysymisestä ei voida olla koko sovituslevyn liukumatkalta täysin varmoja, mikä aiheuttaa ongelmia liukupalojen kanssa. Ohjainkiskojen kiinnitys varsinaisiin kiskoihin tapahtuisi hitsaamalla, josta aiheutuu kiskoihin muodonmuutoksia ja rakenteen lujuus voi kärsiä. Jos kiskojen yläpinnat olisivat koneistettu täysin suoriksi, voisi asian laita olla eri. Täytyy myös huomioida sovituslevyjen varastoinnissa ja liikuttelusta aiheutuneet liukupaloihin kohdistuneet iskut, jotka voivat muuttaa niiden asemaa ja täten aiheuttaa jatkuvaan säätämisen tarvetta.

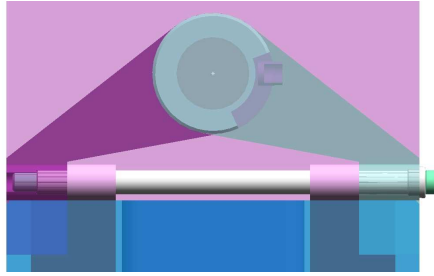
Jatkokehitykseen valitun keskeltä käännettävän mallin nimi voidaan nyt muuttaa paremmin toimintaa kuvaavaksi päistään lukittavaksi malliksi. Paikalleen lasketun sovituslevy-iskulaitepaketin lukitsemisen etu- ja takapäätä pitäisi sujua kohtuullisen vaivattomasti, kuten myös irrottamisen. Erinäisen säädön ja huollon tarve on vähäistä yksinkertaisen rakenteen takia. Peruslevyn liukupaloja täytyy välillä säätää samaan tapaan vanhan kiinnitysmenetelmän kanssa. Tosin säädön suunnittelemiseksi helpommaksi on vaihtoehtoja vanhaa mallia enemmän, jossa liukupalojen kiinnityspultit sijaitsivat ahtaassa paikassa sovituslevyn alapuolella.

Lukitusmenetelmän luotettavuuteen haluttiin kiinnittää enemmän huomiota ja siihen tehtiin pieniä muutoksia ennen alustavien lujustarkasteluiden aloittamista. Yhden kiinnitysruuvien varassa oleva lukitus ei tuntunut parhaalta ratkaisulta testivaiheiden aiheuttamissa vaativissa olosuhteissa. Kiinnitysruuvien pitkä pituus voi johtaa tilanteeseen, jossa siihen vaikuttava herätevoima voisi osua lähelle resonanssitaajuutta, mikä saa kiinnitysruuvien värähtelemään ja mahdollisesti katkeamaan. Etupään kiinnitysruuvien katkettua voi iskulaite päästä nousemaan ylöspäin, mikä aiheuttaa epäedullisia kuormituksia porauskalustolle. Kiinnitysruuvien ja niskakappaleen katkeaminen samaan aikaan voi synnyttää vaaratilanteita, tosin testipenkin ympärillä on metallinen suojakuomu ja syötetyn hydrauliohjain paineeseen ja tilavuusvirtaan on asetettu rajoitukset, joiden ylityessä testivaihe keskeytyy automaattisesti. Tilanteen ennalta ehkäisemiseksi suunniteltiin kuvan 25 mukainen lisäys lukitukseen.



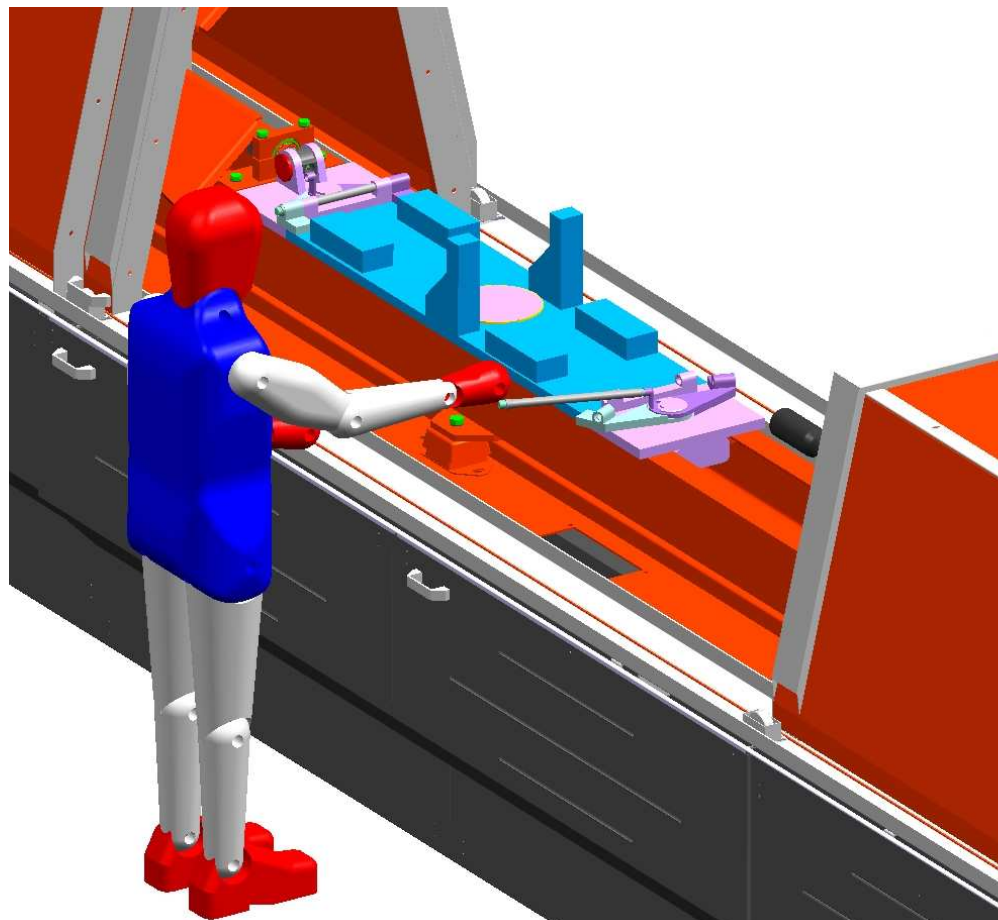
KUVA 25. Lukituksen uusi versio (Luutikivi 2011)

Uudessa versiossa käytetään putken omaista holkkia, johon on tehty kierre kannan puoleiseen päähän. Holkki kiristetään kuvion 18 etummaista hakasta vasten, milloin se estää myös takimmaisen hakasen liikkeitä. Kiinnitysruuvi työnnetään holkin läpi takimmaisen hakasen kierteille, josta se kiristetään mutterinvääntimellä lukituksen aikaan saamiseksi. Holkin tehtävänä on ottaa vastaan sovitusslevystä aiheutuva leikkausvoima, tällöin kiinnitysruuvien kuormaksi jää ainoastaan sen esikiristysjännitys. Kuvassa 26 on esitetty holkki ja kiinnitysruuvi paikoillaan ylhäältäpäin kuvattuna.



KUVA 26. Holkki ja kiinnitysruuvi paikoillaan (Luutikivi 2011)

Kuvassa 27 näkyy testipenkin 3D-malliin sijoitettu lopullinen pikakiinnitysmalli antaa selvennyksen siitä, että suunnittelun tavoitteisiin on päästy eikä reunaehtoja ole rikottu. Kiinnitysruuvien määrä on minimoitu ja paikat ovat sijoitettu niin, että kiristys mutterinvääntimellä on ergonomisesti mahdollista. Ottamalla käyttöön uusi pikakiinnitysmenetelmä testaustapahtuman valmisteluiden aikaa saadaan lyhennettyä ja testaushenkilön fyysistä kuormaa pienennettyä.

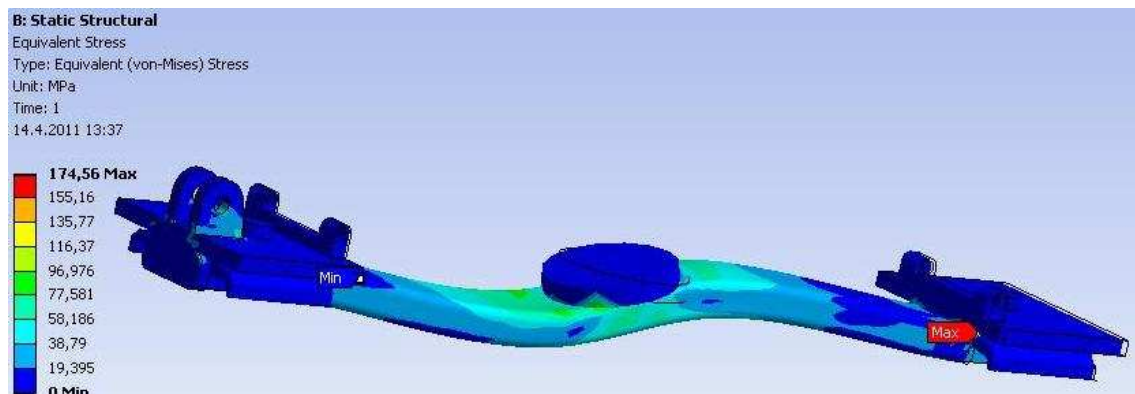


KUVA 27. Uusi pikakiinnitysmenetelmä (Luutikivi 2011)

4.10 Alustavat lujuustarkastelut

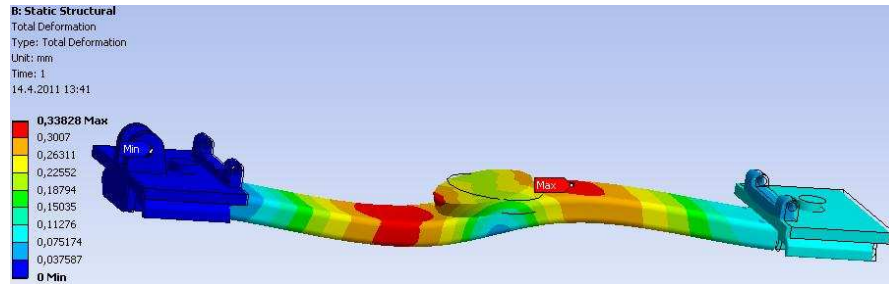
Kiinnityssysteemin konstruktion mallista suoritettiin alustavat staattisen tilanteen lujuustarkastelut hyödyntäen Ansys 13 Fem-ohjelmaa. Tarkasteluissa ei ollut tavoitteena saada mahdollisimman tarkkoja tuloksia, vaan ainoastaan varmistus siitä, että peruslevy ja kiinnitysmekanismi ovat sellaisenaan mahdollisia toteuttaa.

Kuvassa 28 olevaan peruslevyn keskellä sijaitsevaan navan pintaan on asetettu vaikuttamaan iskulaitteen niskakappaleen keskiöviivaa kulkeva syöttösylinterin nurjahtamisen mitoituksessa käytetty voima 40 kN. Peruslevy on tuettu sylinterin kiinnityskohdasta radiaalisesti. Takapään levy on tuettu kiskojen kosketuskohdalta sekä liukupalojen sivupinnoilta kitkattomasti muun liikkeen ollessa mahdollista kiskojen suuntaisesti. Etupään levy on tuettu kitkattomasti liukupalojen liukupinnoilta sallien liukuminen kiskojen suunnassa. Kuviossa 21 on esitetty VVEH-vertailujännityksen tasa-arvokäyrästä, josta todetaan maksimiarvon sijoittuvan pistemäisesti etupään liukupalaan. Itse peruslevynä käytetty palkkiin kohdistuvat jännitykset jäävät vain reiluun 100 Mpa. Käytettäessä standardin mukaista S355 rakenneteräksestä tehtyä 140x60x6,3 putkipalkkia lujuu- den kanssa ei tule ongelmia.



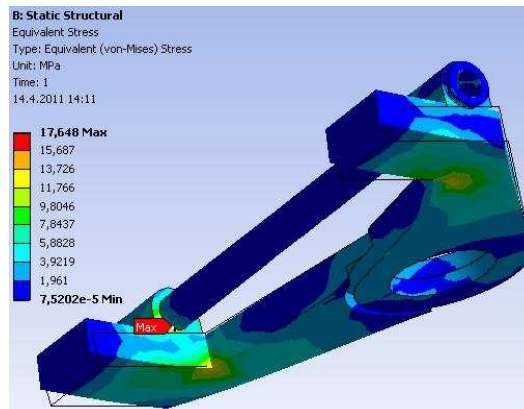
KUVA 28. Peruslevyn VVEH-vertailujännityksen tasa-arvokäyrästä (Luutikivi 2011)

Kuvassa 29 näkyy vastaavalla kuormituksella ja tuennalla tapahtuva muodonmuutos, jonka maksimikohta esiintyy voiman välittävän navan etupuolella. Muodonmuutoksen maksimiarvo jää alle 0,4 mm joka voidaan rakenteeseen sallia välysten ollessa muualla rakenteessa samaa luokkaa.

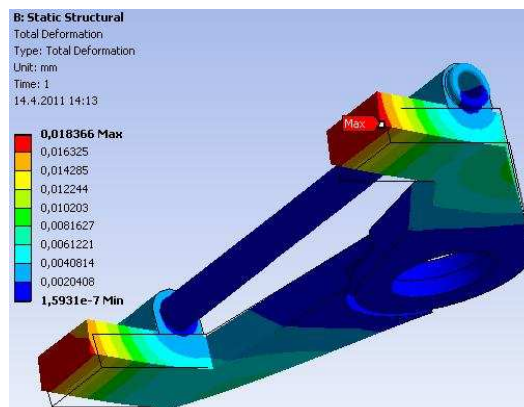


KUVA 29. Peruslevyn resultantti muodonmuutos tasa-arvokäyrästä (Luutikivi 2011)

Kuvissa 30 ja 31 on esitetty jännityksien sekä muodonmuutosten jakauma kiinnityssysteemin hakasiin ja holkkiin. Hakaset ovat tuettu radiaalisesti ja akselin suuntaisesti etu reiästään sekä holkin viereiset sisäsivut holkin suuntaisesta liikkeestä. Kuormituksena molempiin hakasten sovitusslevyä koskettaviin osiin on asetettu ylöspäin suuntautuva 1,2 kN voima, joka johtuu syöttösynterinin ja pyöriityksen momenttivaikutuksista. Kuviosta huomataan että jännitykset ja muodonmuutos jäävät pieniksi levyn ollessa 20 mm paksu ja holkin halkaisija 20 mm ja seinämävahvuus 2 mm



KUVA 30. Kiinnityksen VVEH-vertailujännityksen tasa-arvokäyrästä (Luutikivi 2011)



KUVA 31. Kiinnityksen resultantti muodonmuutos tasa-arvokäyrästä (Luutikivi 2011)

5 KEHITYSEHDOTUKSET

Seuraavat kehitysehdotukset voitaisiin ajatella toteutettavaksi pikakiinnityssysteemin kanssa tuleviin sekä jo käytössä oleviin testipenkkeihin tai huomioitavaksi uusien iskulaittemalleja suunnitellessa.

5.1 Muut käytettävyyttä ja ergonomiaa parantavat tekijät

Testipenkin 3D-malliin tutustuttaessa kävi selväksi, että pelkällä iskulaitteen pikakiinnityssysteemillä ei saada työskentelyergonomiasta parasta mahdollista. Erinäisistä syistä testipenkin syöttöpalkin korkeus on jouduttu nostamaan melkein normaalimittaisen ihmisen hartiakorkeudelle. Työskentelyaseman saaminen optimi korkeuteen vaatisi testipenkin sivuille rakennettavia tasuja, joille testaushenkilö voisi vaivattomasti nousta liikuttaessaan sovituslevy-iskulaitepakettia nostimella. Toinen vaihtoehto olisi tehdä testipenkin alle lattiaan upotus, joka laskisi syöttöpalkin asemaa ergonomisemmalle korkeudelle.

Hydrauliletkujen kiinnityksessä iskulaitteeseen on paljon parannettavaa, mutta myös hankalia haasteita. Pikaliittimillä toimiva kiinnitysmalli vähentäisi pakotettuja ja vartalon kiertämistä vaativia työasentoja letkujen kiinnittäessä, jos käsin kiintoavaimella tapahtuva kiristys saataisiin poistettua. Myös siisteys testipenkissä ja sen lähiympäristössä auttaisi saamaan turvallisemman ja ergonomisemman työskentelytilan.

Sovituslevyjen tunnistamisongelmat voitaisiin ratkaista niiden värityksen muuttamisella helposti huomiota herättäväksi. Värin tosin pitää olla joku muu kuin Tamrockin oranssi, koska nyt on kallionporauslaitteissa käytössä sen värisiä iskulaitteen kelkkoja. Iskulaittekohtainen tyyppimerkintä puuttuu nykyisistä sovituslevyistä. Oikean sovituslevyn löytämistä helpottava tyyppimerkintä voitaisiin toteuttaa stanssaamalla, koneistamalla tai hitsaamalla se sovituslevyyn näkyvälle paikalle. Nostokorvakkeet sovituslevyn nostamiseksi vaakatasossa ja pystysuorassa olisivat tervetulleita lisäämään käsittelyn helpoutta sekä turvallisuutta. Samalla voitaisiin tehdä kunnollinen ohjeistus tarvittavien nostojen tekemiseen.

5.2 Testauksen valmisteluiden huomioon ottaminen iskulaitteen suunnittelussa

Iskulaitteiden testipenkin ollessa huolto-organisaatioiden huoltopisteille suuri investointi, pitäisi iskulaitteita pystyä testaamaan tauotta. Tauottomuus pätee myös koekäyttöön iskulaitteiden tuotantomäärien kasvaessa. Valmisteluihin kuluva aika testipenkkiä käytettäessä tulisi olla mahdollisimman lyhyt, jotta laitteen vaihtaminen kävisi mahdollisimman nopeasti. Siksi valmistelut kannattaa siirtää mahdollisissa määrin suoritettavaksi testivaiheiden läpikäymiseen kuluneella ajalla. Testipenkissä kuluneeseen valmistelu-aikaan voidaan vaikuttaa tämän opinnäytetyön kaltaisilla pikakiinnityssysteemeillä ja hydrauliletkujen pikaliittimillä, mutta muihin valmisteluihin voidaan vaikuttaa huoltopisteen järjestelyillä sekä kaiken alkupisteestä eli iskulaitteiden suunnittelusta käsin.

Kuten tässä opinnäytetyössä on todettu, vaihtelevat eri iskulaitetyyppien muodot hyvin paljon toisistaan, joka lisää käytettävien sovitussosien määrää. Uuden mallin suunnittelun yhteydessä tulisi kiinnittää huomiota jo olemassa olevien tyyppien kiinnitysruuvien kohtiin. Mikäli on mahdollista suosia samoja kiinnityskohtia, voidaan vanhojen mallien sovituslevyjä käyttää hyväksi, mikä pienentää varastointitilaa ja ehkäisee sekaannuksia levyjen valinnassa. Kuitenkin on hyvin todennäköistä, että kiinnityskohtia ei pystytä mielivaltaisesti määrittämään ja joudutaan suunnittelemaan uusi sovituslevy. Tavoitteeksi kannattaa ottaa yhteensopivuus eri testi-, koekäyttö- sekä asennuspenkkien kanssa. Itse asiassa kartoittaminen eri penkkien kiinnitysominaisuuksista kannattaisi suorittaa ennen yhdenkään uuden sovituslevyn suunnittelua, jotta välttyttäisiin turhalta työltä suunnitellessa uusia levyjä jokaiselle penkille. Kiinnityskohdissa olisi hyvä pystyä käyttämään mutterinväännintä tai pystyä vääntämään mahdollisimman suuria kulmia kiintoavaimella.

Ihanteellinen tilanne valmisteluiden kannalta olisi sovituslevyttömyys, joka tarkoittaisi kirjaimellisesti testipenkin peruslevyn olemista peruslevy, johonka kaikki eri iskulaite-tyypit sopivat. Tällöin peruslevyn ei tarvitsisi olla litteä levy vaan iskulaitteen tiettyjä ulkoisia olakkeita tai koloja myötäilevä muotti, johon iskulaite lasketaan ylhäältä alaspäin. Tällöin voitaisiin jopa luopua kiinnitysruuveista kokonaan, koska testitilanteessa iskulaitetta ei käännellä kuten oikeassa kallionporauksessa. Iskulaite pysyisi painovoiman ansiosta pystysuunnassa paikallaan. Tosin toiset testipenkit toimivat vaakasuorassa ja toiset pystysuorassa.

Iskulaitteiden nostokohtien paikka korostuu jouduttaessa tekemään nostoja ja laskuja tiettyjen olakkeiden, joita joudutaan käyttämään pikakiinnityssysteemeissä, määräämiin kohtiin. Piironginlaatikkoefektin eli kiilautumisen estämiseksi nostopisteen on suunniteltava mahdollisimman lähelle iskulaitteen painopistettä, johon tällöin tulisi huomioida myös sovitusslevy massajakauma.

Hydrauliletkujen liittimien paikoissa iskulaitteessa ei tulisi olla tiettyä järjestystä letkujen liittämisen suhteen, joka pakottaa kaikkien letkujen irrottamisen jos yksi keskeltä pitää vaihtaa. Irrotustilanteessa liittimen osoittaminen ylöspäin verrattuna alas on parempi öljyn vuotamisen eston kannalta, koska valunut öljy sotkee paikat ja liukastaa lattiat. Myös selkeät merkit eri letkujen paikoille edistävät nopeutta, varsinkin harvoin testattavien laitteiden osalta ja uusien testaushenkilöiden opastamisen kannalta. Tarvitavien kierresovituskappaleiden määrä on hyvä pitää pienenä, jotta vältytään turhalta etsiskelyyn asentamiseen kuluneelta ajalta.

6 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön aiheena oli testipenkin käytettävyyden parantaminen, mistä ongelma-kohtien tarkastelun jälkeen havaittiin iskulaitteen kiinnityssysteemin tarvitsevan uudelleensuunnittelua. Kiinnityssysteemistä tuli saada nopeampi ja helpompi käyttää testaushenkilökunnalle. Tärkeänä heti työn alussa nähtiin, että suunnittelussa kiinnitettäisiin erityisesti huomiota työskentelyergonomian kohentamiseen ja turvallisuuteen.

Ergonomisiin näkökohtiin koneen suunnittelussa syvennyttiin tutkimalla asiaan liittyvää lähdekirjallisuutta ja standardeja. Itse pikakiinnityssysteemin teknistä vaativuu-ustasoa pyrittiin selkeyttämään tutustumalla iskuporausmenetelmään ja iskulaitteen toimintaan. Testipenkkiä ei päästy näkemään tai kokeilemaan muuten kuin tietokoneen näytön ta-kaa, 3D-mallia pyörittelemällä sekä kuvia ja työpiirustuksia tutkimalla. Tästä ei aiheu- tunut suurta haittaa, koska omakohtaista tietoa ja kokemusta iskulaitteiden koekäytöstä oli kertynyt monelta aikaisemmalta kesätyö- ja työharjoittelujaksolta iskulaitetehtaalta.

Teorian soveltaminen suunnitteluprosessiin antoi hyvät lähtökohdat työn onnistumisel- le. Nykyiset ergonomiset epäkohdat pystyttiin tunnistamaan vanhasta mallista ja uusia suunnitellessa niitä pystyttiin välttämään. Vaikka pieniä hairahduksia välillä tapahtuikin fyysisen voiman tarpeen osalta, kääntämällä tapahtuvan lukituksen omaavissa pikakiin- nytys ideoissa ja luonnoksissa. Lopputulokseksi saatiin aikaiseksi toteutuskelpoinen pikakiinnitysmalli, jonka käyttöön ottamalla pystytään muuttamaan testaustapahtuman valmisteluiden suoritus järjestystä niin, että saadaan yksi ylimääräinen työvaihe karsit- tua pois. Täten fyysinen työ vähenee ja suoritus aika lyhentyy. Lisäksi päähuomion aihe eli ergonomian parantuminen saatiin sovitettua hyvin yhteen uuden pikakiinnityssys- teemin kanssa.

Ongelmakohdiksi työn edetessä huomattiin testattavien iskulaitetyyppien suuri luku- määrä ja niiden vaihteleva ulkomuoto. Esimerkiksi sovitusslevyjen variaatioiden määrän karsiminen osoittautui mahdottomaksi vaikka sitä olisi toivottu. Työskentelykorkeuteen ei pelkällä pikakiinnityssysteemillä pystytty vaikuttamaan, joten paras mahdollinen rat- kaisu testipenkin käytettävyyden parantamiseen ergonomian kannalta on suunnitellun

pikakiinnityssysteemin ja muiden edellisessä luvussa esiteltyjen asioiden yhdistetty toteutus.

Ajatellen tulevaa, nyt on saavutettu hyvät lähtökohdat pikakiinnityssysteemin fyysiseen toteuttamiseen. Pikakiinnityksen ratkaisumalli on saatu suunniteltua ja siitä on myös tehty 3D-malli ja alustavat lujuustarkastelut, minkä jälkeen seuraavana vaiheena olisi edessä työkuvien teko. Työkuvat saadaan tehtyä varsin helposti jo olemassa olevista osamalleista. Kuitenkin materiaalin käytön optimoiminen kulutuksen ja standardiosien kannalta on mielekästä suorittaa loppuun ennen prototyypin valmistamista kustannuksien alentamiseksi, koska siihen ei tässä opinnäytetyössä riittänyt aika. Prototyypin valmistuttua päästään pikakiinnityssysteemin todellista toimivuutta kokeilemaan iskulaitteen testaustapahtumassa. Tällöin voidaan todeta toimintaa haittaavat seikat, joita ei tietokoneen ruudulta tai paperilta suunnittelua tehdessä havaitse ja ryhtyä niiden uudelleen suunnitteluun.

LÄHTEET

- Hakapää, A. & Lappalainen, P. 2011. Kaivos- ja louhintatekniikka. 2. tarkistettu painos. Helsinki: Opetushallitus
- Huotakari, P., Laitakari-Svärd, I., Laakko, J., Koskinen, I. 2003. Käyttäjakeskeinen tuotesuunnittelu. julkaisu B 74. Helsinki: Taideteollinen korkeakoulu
- Hydraulic Rock Drill HL 1560T, 1560ST Operation & Maintenance Instructions. Tampere: Sandvik Mining and Construction Oy
- Hämäläinen, M. 2008. Koelaitteen kehittäminen kallioporakoneen komponenttien testaukseen. Tampereen teknillinen yliopisto. Konetekniikan koulutusohjelma. Diplomityö
- Jokinen, T. 2001. Tuotekehitys 500. kuudes korjattu painos. Helsinki: Otatieto Oy
- Nieminen, T. 2008. Hydraulisten iskulaitteiden koekäyttöjärjestelmä. Tampereen teknillinen yliopisto. Automaatiotekniikka. Diplomityö
- Rantala, E. 1997. Iskuporauksen dynamiikan simulointi. Tampereen teknillinen yliopisto. Konetekniikan osasto. Diplomityö
- Rock Excavation Handbook. for civil engineering. 1999. Tampere: Sandvik Tamrock Corp.
- SFS-EN 1005-2 + A1. Koneturvallisuus. Ihmisenfyysinen suorituskyky. Osa 2: koneen ja sen osien manuaalinen käsittely
- SFS-EN 614-1 + A1. Koneturvallisuus. Ergonomiset suunnitteluperiaatteet. Osa 1: terminologia ja yleiset periaatteet. 2009. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto
- Siirilä, T. 2008. Koneturvallisuus. EU-määräysten mukainen koneiden turvallisuus. 2. uudistettu painos. Helsinki: Inspecta Koulutus Oyj
- Top Hammer Rock Drill Training CD-Rom. 2006. Tampere: Sandvik Mining and Construction Oy

LIITTEET

Liite 1: Vaatimuslista