

Peruskeilin valmistettavuuden kehittäminen

Oskari Levy

Opinnäytetyö

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Oskari Levy	
Työn nimi Peruskeilin valmistettavuuden kehittäminen	
Päiväys 24.4.2012	Sivumäärä/Liitteet 43
Ohjaaja(t) Tomi Piironen / pt. tuntiopettaja	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Junttan Oy / laatuinsinööri Juha Huovinen	
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli kehittää ratkaisu Junttan Oy:n valmistaman PMx-sarjan paalutuskoneen peruskeilin ja telekeilin välisen välyksen hallintaan. Nykyisen peruskeilin välykseen telekeiliin pyritään minimoimaan valmistusvaiheessa, mikä on todella vaikeaa peruskeilin rakenteen takia. Välyksen vaihtelu pidentää kokoonpanoaikaa, heikentää koneen käytettävyyttä sekä aiheuttaa peruskeilin kulumista käytössä. Kaikki edellä mainitut seikat nostavat paalutuskoneen valmistuskustannuksia ja täten pienentävät myyntikatetta.</p> <p>Työssä selvitettiin, miksi nykyinen peruskeili on niin hankala valmistaa piirustusten mukaisesti. Syitä selvitettiin vierailulla peruskeilin valmistajan Transtech Oy:n tiloissa sekä tutkimalla kirjallisuuslähteitä.</p> <p>Työn tuloksena saatiin 3D-malli peruskeilistä, joka sisältää verrattain yksinkertaisen ehdotuksen välyksen säädölle. Säädettävässä peruskeilissä on otettu huomioon valmistustekniset näkökohdat.</p>	
Avainsanat valmistettavuus, valmistuskustannukset, teräsrakenteet	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Oskari Levy			
Title of Thesis Development of Manufacturability of Basic Leader			
Date	April 24, 2012	Pages/Appendices	43
Supervisor(s) Mr Tomi Piironen, Full-time Teacher			
Client Organisation/Partners Junttan Oy / Mr Juha Huovinen, Quality Engineer			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to develop a solution for clearance control of the basic leader and the telescopic leader of the PMx-series pile driving rig manufactured by Junttan Oy. The clearance of the existent basic leader to the telescopic leader is aimed to be minimised during the manufacturing process, which is really hard because of the structure of the basic leader. Alteration of the clearance increases assembly time, reduces the usability of the machine and causes excessive wear in the basic leader. All the above mentioned factors increase the manufacturing costs and thus reduce the sales margin.</p> <p>The study was carried out by defining first why the basic leader is currently so challenging to manufacture according to the drawings. The reasons were studied at a visit to the current manufacturer of the basic leader, Transtech Oy, as well as by studying literary references.</p> <p>The result of the study was a 3D-model of basic leader which includes relatively simple suggestion for clearance adjusting. The manufacturing aspects were taken into account in the adjustable basic leader.</p>			
Keywords manufacturability, manufacturing costs, steel structures			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	TYÖN TAUSTAT	7
2.1	Junttan Oy	7
2.2	Paalutuskoneen toiminta.....	9
2.2.1	Keilin liikkeet.....	10
2.2.2	Tele- ja peruskeili	12
2.3	Tele- ja peruskeilin välys.....	14
2.3.1	Nykytilanne.....	15
2.3.2	Valmistettavuus.....	15
2.3.3	Kokoonpantavuus	16
2.4	Ongelman syyt.....	16
2.4.1	Särmäys	16
2.4.2	Särmäyksen epätarkkuus.....	17
2.4.3	Materiaalin vaikutus särmäykseen	17
2.4.4	Lämpötila.....	18
2.5	Vanhan mallin peruskeili ja kokemuksen vaikutus tuotteen laatuun.....	18
2.6	Hankinnan vaikutus tuotteen laatuun	19
2.6.1	Sopimusvalmitajat	19
2.6.2	Transtech	19
3	VALMISTUSKUSTANNUKSET.....	21
3.1	Materiaali	21
3.2	Osavalmistus	22
3.2.1	Leikkaus	23
3.2.2	Särmäys	23
3.2.3	Osien koneistus	24
3.3	Kokoonpano	24
3.3.1	Silloittaminen ja paikoittaminen	24
3.3.2	Hitsaus	25
3.4	Oionta.....	25
3.5	Koneistus	26
3.6	Pintakäsittely	26
3.7	Peruskeilin kustannukset.....	26
4	TOTEUTUS	28

4.1 Teknisesti rajoittavat tekijät.....	28
4.1.1 Painokriittisyys.....	28
4.1.2 Tilanahtaus.....	28
4.1.3 Kestävyys.....	29
4.2 Tavoite	29
4.3 Ideat	30
4.3.1 Kiila	30
4.3.2 Sylinterisäätö.....	31
4.3.3 Avattava rakenne	32
4.3.4 Koneistettavat irto-osat.....	34
4.4 Ideoiden vertailu	34
5 DETALJISUUNNITTELU.....	36
5.1 Luistipronssit.....	36
5.2 Luistilevyjen kiinnitys	38
5.3 Paikoituslovet.....	38
5.4 Johdepinnan toleranssi.....	40
6 YHTEENVETO	42
LÄHTEET	43

1 JOHDANTO

Junttan Oy on kasvanut vajaan 40 vuoden historiansa aikana pienyrityksestä maailman johtavaksi hydraulisten paalutusjärjestelmien toimittajaksi. Suurin osa Junttanin liikevaihdosta koostuu tela-alustaisista lyöntipaalutuskoneista, jotka varustetaan hydraulitoimisilla järkäleillä. Paalutuskoneen osien pääasiallinen valmistusmenetelmä on hitsaus. Koneen verrattain suuret dimensiot liikkuvissa osissa yhdistettynä hitsauksen epätarkkuuteen aiheuttavat ongelmia koneen käytössä.

Tarkat hitsatut rakenteet asettavat haasteita valmistajalle. Suunnittelijalla on kuitenkin iso rooli tuotteen onnistumisessa: Kokenut suunnittelija osaa huomioida erilaisien valmistusmenetelmien mahdollisuudet ja rajoitteet. Junttanin PMx-sarjan paalutuskoneiden särmätyssä peruskeilissä on ilmennyt valmistusteknisiä ongelmia. Peruskeilin rakenne yhdistettynä tiukkoihin toleransseihin on osoittautunut haastavaksi ja kalliiksi valmistaa. Suurin ongelma on peruskeilin johdepinnan mitoissa pysyminen.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on selvittää syyt telekeilin ja peruskeilin välisen välyksen vaihteluun ja tarjota ratkaisua ongelman poistamiseksi. Työssä on myös mainittu valmistuskustannusten jakautuminen eri osa-alueille, mutta euromääräisiä summia ei yrityksen toiveesta käsitellä.

2 TYÖN TAUSTAT

2.1 *Junttan Oy*

Junttan Oy on maailman johtava hydraulisten paalutusratkaisujen valmistaja ja markkinoija. Ensimmäinen hydraulinen paalutuskone valmistui 1979. Pentti Heinosen perustama Savonvarvi – niminen yritys teki ensimmäisen koneen omaan käyttöön Maansiirto Heinoselle. (Nurminen 2010, 8.)



KUVA 1. Ensimmäinen Junttanin valmistama hydraulinen lyöntipaalutuskone. (Junttanin kuva-arkisto)

Ensimmäiset paalutuskoneet tehtiin kaivinkonealustoille (kuva 1), mutta nopeasti ymmärrettiin, että kilpailukykyinen toiminta vaatii kokonaan paalutukseen suunnitellun koneen. Ensimmäinen täysin paalutukseen suunniteltu kone, PM20, valmistui 1983.

Vienti lähti vetämään heti seuraavana vuonna, kun PM20-paalutuskone myytiin Ruotsiin. Junttanin päämarkkina-alueita ovat Venäjä, Pohjois- ja Etelä-Amerikka, Australia sekä Eurooppa. (Nurminen 2010, 6.)

Nykyään Junttanin valmistamia paalutuskoneita ja järkäleitä on käytössä lähes kaikilla mantereilla yli 45 eri maassa. Yli 95 % valmistetuista tuotteista menee vientiin. (Nurminen 2010, 2.)



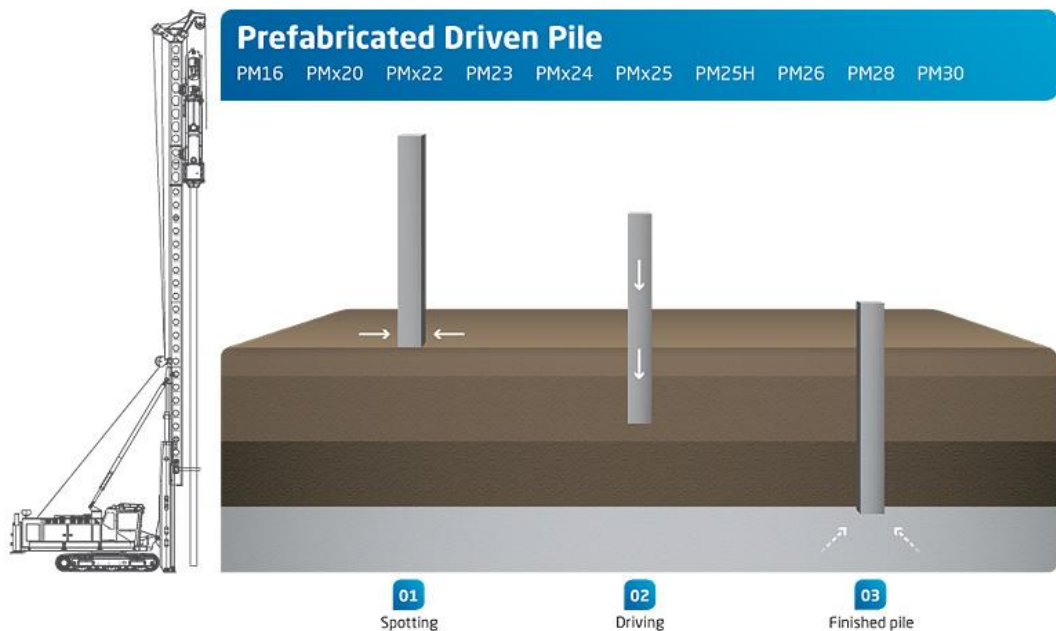
KUVA 2. PMx24 ja Shark järkäle (Junttanin kuva-arkisto)

Junttan lanseerasi vuonna 2010 uuden SHK "shark" -järkäleen ja vuotta myöhemmin uuden tela-alustaisen X-sarjan paalutuskoneen (Company Presentation short 2011).

2.2 Paalutuskoneen toiminta

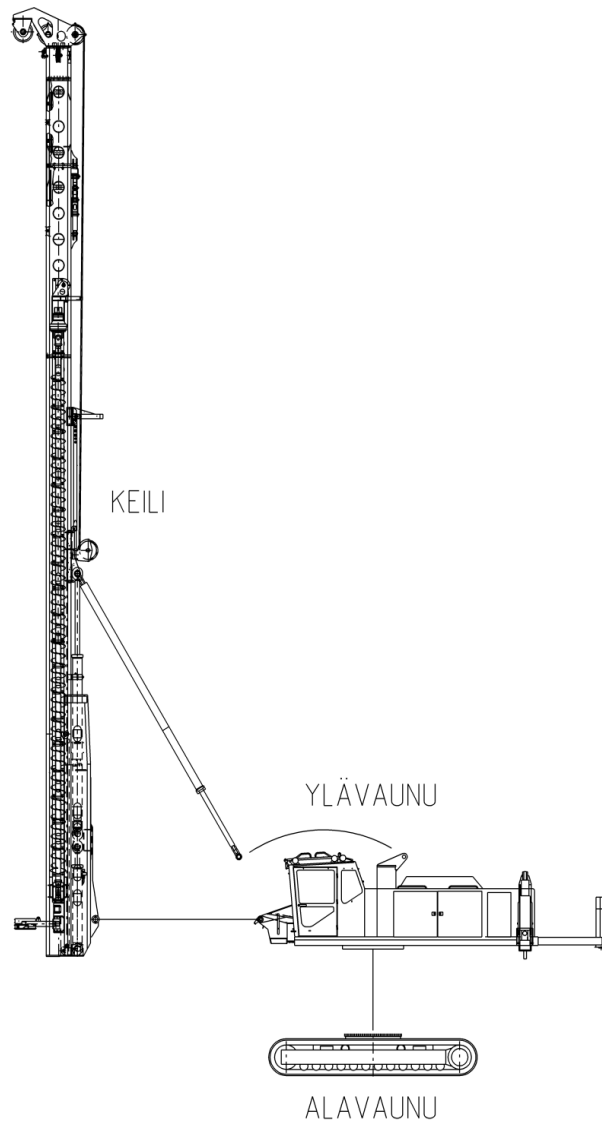
Paalutusta käytetään rakennusten ja teiden perustana. Tarkoituksena on tukevoittaa maaperää vaihtamatta suuria määriä maa-ainesta. Tyypillisesti paalutukseen käytetään pyöreää teräsputkea tai neliön muotoista teräsbetonipaalua. Muita vaihtoehtoja ovat mm. erilaiset teräsprofiilit, kuten I-palkit. Paalujen koot vaihtelevat tarkoituksen mukaan alle 200 millimetrisestä teräsputkesta aina yli 2-metrisiin teräsputkiin. Paalutuskoneen tehtävä on saada paalut maahan mahdollisimman tehokkaasti. Junttan käyttää lyöntipaalutuksessa hydraulisia järkäleitä. Kuvassa 3 on esitetty tyypillinen lyöntipaalutuksen työkierto.

Paalu vedetään hydraulisella paaluvinsillä järkäleen alle, minkä jälkeen järkäle lasketaan paalun päälle oman painonsa varaan. Tämän jälkeen järkäleen juntaussylinteri liikuttaa järkäleen liikkuvaa massaa ylös ja lyö sen alas paalun päälle, jolloin paalu uppoaa maahan. Paalu voidaan paaluttaa suoraan tai vinoon tarpeen mukaan.



KUVA 3. Lyöntipaalutuksen työkierto. (Junttan Oy)

Paalutuskoneen pääosat ovat ylä- ja alavaunu sekä keili. Paalutuskoneen pääosat on esitetty kuvassa 4. Ylävaunu kiinnittyy alavaunuun kääntökehällä ja keili kiinnittyy ylävaunuun vaakapuomilla ja hydraulisylinterillä.



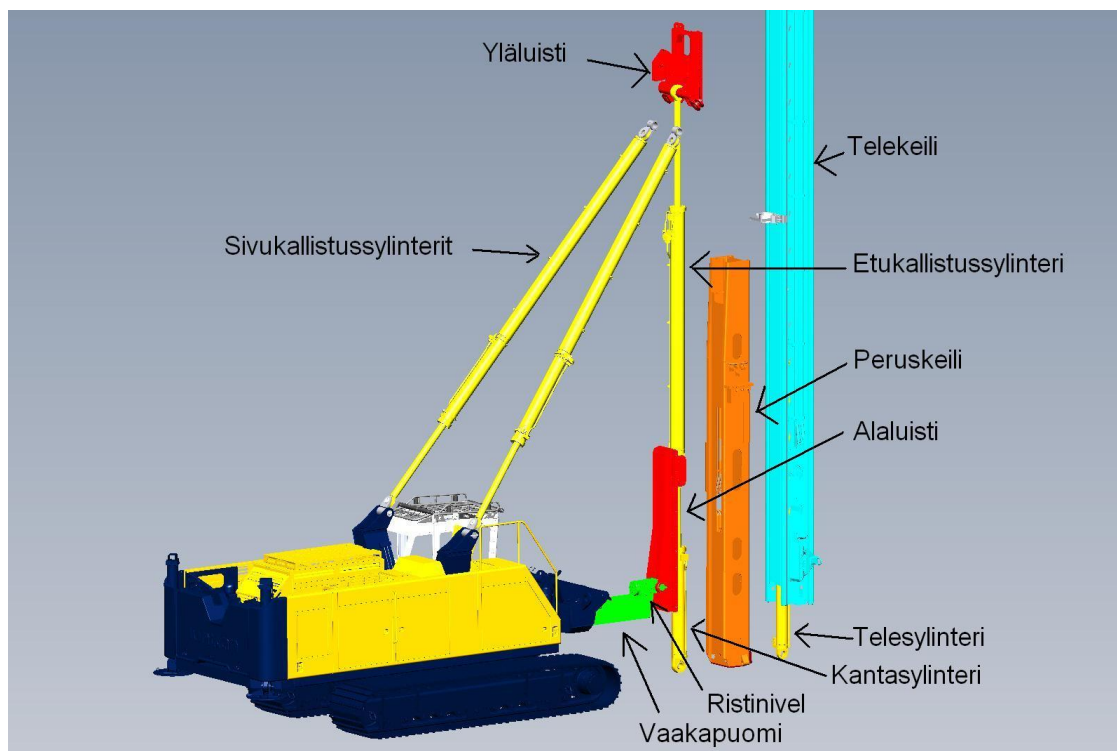
KUVA 4. Paalutuskoneen pääosat. (Junttanin kuva-arkisto)

Paalutuskone sisältää paljon suhteessa toisiinsa liikkuvia osia. Keiliä pitää pystyä kallistamaan kaikkiin suuntiin, keilin pituutta pitää pystyä jatkamaan ja se pitää saada kaadettua koneen päälle kuljetusasentoon. Jotta nämä kaikki toiminnot täytyisivät, on koneessa oltava valtava määrä niveliä ja liukupintoja.

2.2.1 Keilin liikkeet

Keilin liikkeet saadaan aikaan hydraulisylintereillä. Sylinterit liikuttavat vaakapuomia, ristniveltä, peruskeiliä ja ylä- ja alaluistia.

Vaakapuomi sijaitsee paalutuskoneen ylävaunun etuosassa puomin tupessa liukupalojen päällä. Vaakapuomi liikkuu 1500 millimetriä koneen pitkittäissuunnassa vaakapuomin sylinterillä. Vaakapuomin päässä on ristinivel, joka kiinnittyy alaluistiin. Ristinivel mahdollistaa keilin kallistuksen kaikissa suunnissa. Alaluisti on peruskeilin takapuolisilla johteilla. Peruskeilissä on takapuolella lovi, josta alaluistin korvakko tulee läpi. Tähän korvakkoon kiinnittyy kantasylinteri ja etukallistussylinteri. Kantasylinterin alapää on kiinni kantalevyssä, joka on puolestaan kiinteästi kiinni peruskeilin alapäässä. Etukallistussylinterin yläpää on kiinni yläluistissa. Kantalevyssä on kiinni myös telesylinteri, jonka yläpää on kiinni telekeilissä.



KUVA 5. Keilin liikkeisiin vaikuttavat osat räjäytyskuvassa. (Junttan Oy mukaillen Oskari Levy)

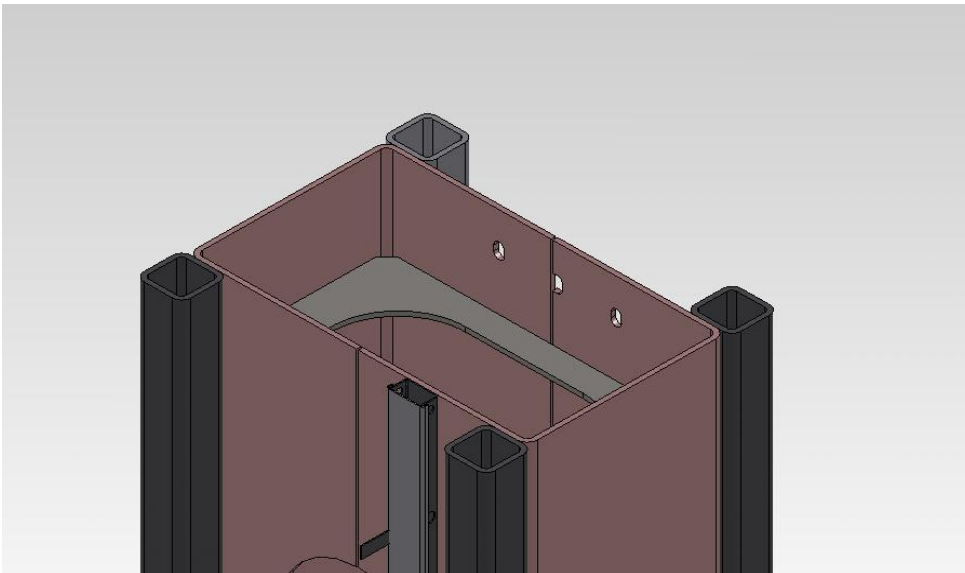
Näiden lisäksi ylävaunusta lähtee sivukallistussylinterit, jotka kiinnittyvät yläpäästä yläluistiin. Ne muodostavat kolmiomaisen rakenteen ja nimensä mukaisesti mahdollistavat keilin kallistamisen sivusuunnassa. Tyypillinen maksimisivukallistus on noin 6 astetta. Kallistusvaroihin vaikuttaa mm. keilin pituus, koneen tyyppi, käytettävä järkäle tai kaira ja paalun koko, tyyppi sekä pituus. Näillä sylintereillä saadaan aikaan seuraavat toiminnot:

- Vaakapuomin sylinteriä jatkamalla keili liikkuu kauemmaksi ylävaunusta. Keiliin saadaan ulottuvuutta eikä paalua tarvitse paikoittaa tarkasti ajamalla teloilla.
- Telesylinteriä jatkamalla telekeili liikkuu ylöspäin suhteessa peruskeiliin ja ylävaunuun. Tämä mahdollistaa pidemmän paalun pituuden.
- Kantasylinteriä jatkamalla peruskeilin kantalevy ajetaan maata vasten. Tällä saadaan kone vakaammaksi.
- Etukallistussylinteriä jatkamalla saadaan keili kallistettua taaksepäin ja lyhentämällä eteenpäin.

Komponenttien paikat toisiinsa nähden on esitetty kuvassa 5. Kuvatunlainen rakenne on käytössä Junttanin uuden sukupolven PMx20, PMx22 ja PMx24 -koneissa sekä vanhemmissa PM20, PM22 ja PM25 -koneissa. X-konesarja poikkeaa perinnekoneista teknisiltä ratkaisuiltaan, mutta pääperiaate on sama.

2.2.2 Tele- ja peruskeili

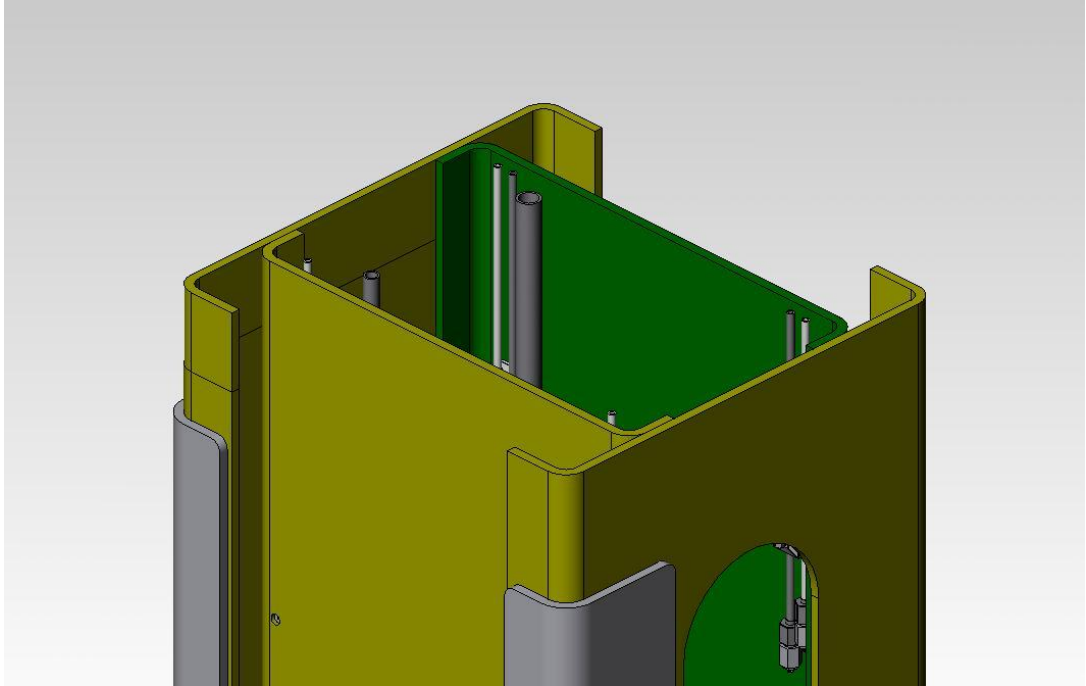
Telekeili koostuu nurkissa olevista 80 x 80 neliöputkista, jotka toimivat samalla johdepintoina peruskeilille, yläluistille ja järkäleluisteille. Keili on koteloitu kahdella särmätyllä levyllä, joiden hitsisauma on keilin kyljessä. Telekeilin leikkaus on esitetty kuvassa 6.



KUVA 6. Telekeilin poikkileikkaus (Junttan Oy, mukaillen Oskari Levy)

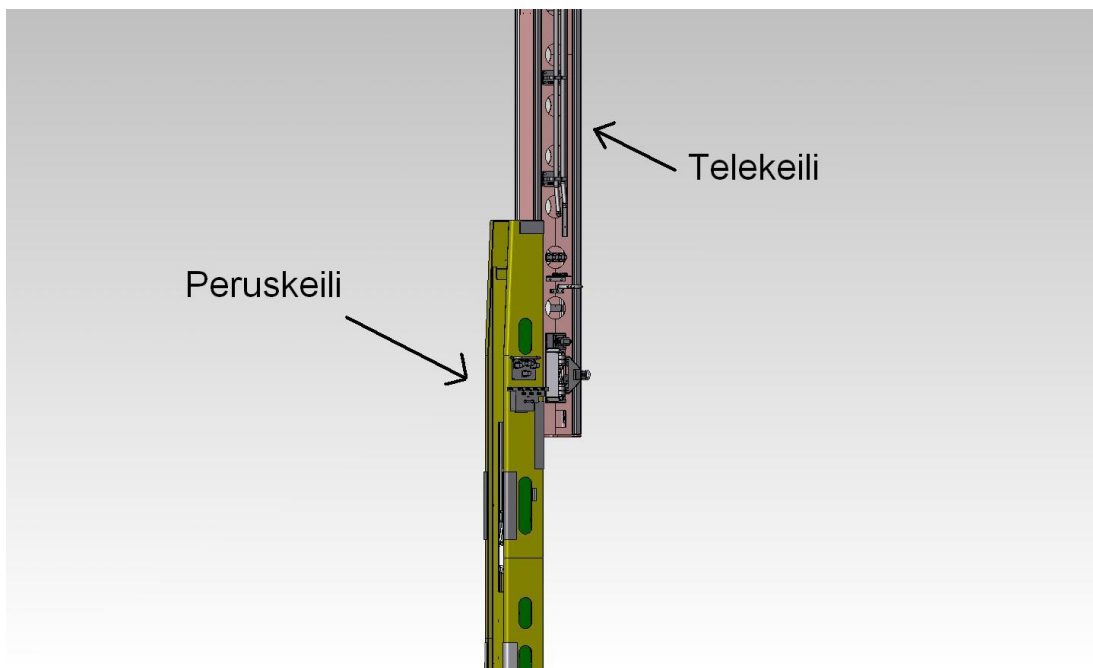
Lisäksi telekeilissä on jäykistelevyjä ja erilaisia kiinnikkeitä. Telekeilin päässä on kiinnitysreiät köydenohjaimelle, jonka kautta järkäle- ja paaluvainssin vaijerit kulkevat keilin etupuolelle.

Peruskeilin pääprofiili on valmistettu hitsaamalla neljästä särmätystä levystä. Peruskeilissä on myös jäykistelevyjä ja erilaisia kiinnikkeitä. Peruskeilin poikkileikkaus on esitetty kuvassa 7.



KUVA 7. Peruskeilin poikkileikkaus (Junttan Oy, mukailen Oskari Levy)

Telekeilin takimmaisiet neliöputket liukuvat peruskeilin etummaisilla johdepinnoilla. Kuvassa 8 on esitetty telekeilin asema peruskeiliin nähden, kun telekeili on ajettu ylös. Telekeilin vakio-osa on 13,8 metriä korkea ja siihen kiinnitetään koneen käyttötarkoituksen mukaan erimittaisia jatkoja. Yhden jatkon mitta on 1,2 metristä 6 metriin ja niitä voidaan kiinnittää useita. Telekeilin mitta jatkojen kanssa voi helposti nousta yli 20 metrin, jolloin koneen kokonaiskorkeus työkunnossa lähentelee 30:tä metriä.



KUVA 8. Telekeili suhteessa peruskeiliin maksimikorkeudella (PMx24) (Junttan Oy, mukailten Oskari Levy)

2.3 Tele- ja peruskeilin välyys

Paalutuskoneessa on siis valtava määrä suhteessa toisiinsa liikkuvia osia. Kun osia on paljon, on myös sovitteiden oltava tarkkoja. Pieni välyys jokaisessa liitoksessa kertyy valtavaksi liikkeeksi pitkän telekeilin päässä. Liikkuminen sinällään ei haittaa olennaisesti paalutustyön tarkkuutta, koska paalun paikalla ei ole millimetrin tarkkoja vaatimuksia. Välyksien aiheuttama liike pienissä määrin onkin lähinnä mukavuustekijä. Kun välykset kasvavat suuremmiksi, alkaa lonksuminen aiheuttamaan liiallisia rasituksia rakenteisiin. Suuret välykset hankaloittavat myös keilin kallistuksen hallintaa, minkä vuoksi pahimmassa tapauksessa kone voi kaatua.

Sylintereiden korvakkeet on helppo koneistaa tarkasti, ja niissä käytetään liukulaakereita, mikä mahdollistaa niiden välyksien helpon hallinnan ja minimoinnin. Ristinivel on laakeroitu myös vaakapuomissa olevaan laakeripesään. Ylä- ja alaluistien välyksiä johteisiin säädetään asentamalla luistipronssien alle sopivia säätölevyjä. Levyjä laitetaan tyypillisesti 0 - 3 millimetriä.

Tässä työssä keskitytään peruskeilin ja telekeilin välisen välyksen minimointiin. Liitos on luetelluista haastavin, koska siinä johdeputus on huomattavasti suurempi kuin muissa osissa. Luistit ovat pisimmillään noin 2,5 metriä, kun telekeili ja peruskeili menevät konemallin mukaan 6 - 6,5 metriä sisäkkäin. Kun telekeili ajetaan

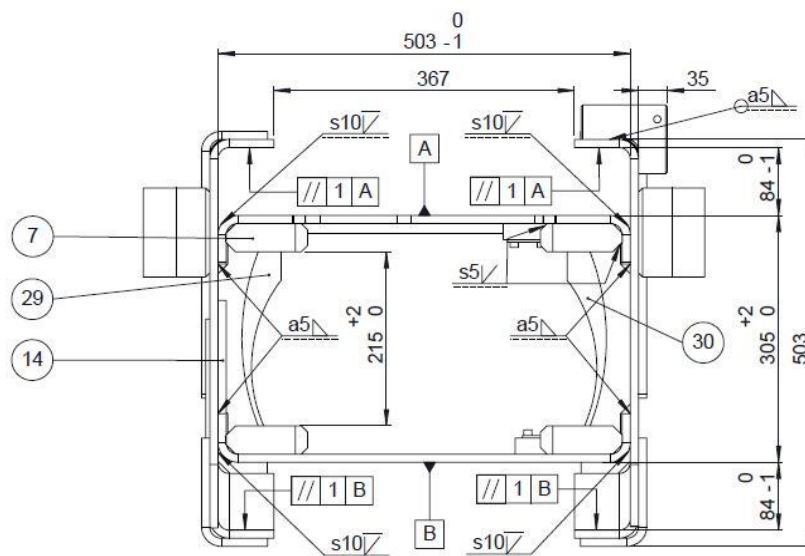
yläasentoon, ovat keilit 2 - 2,5 metriä sisäkkäin. Juuri tässä asennossa liian suuri välys ilmenee telekeilin kolisemisena.

2.3.1 Nykytilanne

Nykyisin telekeilin ja peruskeilin välinen välys pyritään minimoimaan osien valmistusvaiheessa. Tämä on kuitenkin hankalaa peruskeilin rakenteen vuoksi. Peruskeilissä tai telekeilissä ei ole minkäänlaisia kulutus- tai liukupaloja, joten välystä ei voi myöhemmin säätää. Kun keilit kuluvat esim. 10 vuoden aikana, on välyksen säätämiseksi vaihdettava koko peruskeili tai poistettava terästä peruskeilin yläpäästä ja hitsattava uudet osat.

2.3.2 Valmistettavuus

Paalutuskoneen kestävyys kannalta on olennaista, että peruskeilin välys telekeiliin olisi mahdollisimman pieni, varsinkin peruskeilin yläpäässä. Peruskeilin johdepinnoille on asetettu +0 -1 mittatoleranssi ja 1 mm samansuuntaisuustoleranssi. Peruskeilin toleranssit ja hitsit on esitetty kuviossa 1. Kuviossa näkyvät mitat 84 ja 503 ovat johdepintojen mittoja. Tarkka mittatoleranssi yhdistettynä samansuuntaisuustoleranssiin hitsatussa rakenteessa asettaa suuria haasteita valmistukselle. Kahdeksan peruskeilin koko pituuden mittaista hitsiä aiheuttaa helposti aaltoilua ja muita muodonmuutoksia teräslevyissä.



KUVIO 1. Peruskeilin poikkileikkauksen mitoitus. (Junttan Oy)

Käytännössä vaadittuihin toleransseihin pääseminen suoraan hitsaamalla on todella vaikeaa. Peruskeili vaatiikin vaihtelevan määrän oikomista hitsauksen jälkeen. Tyypillisissä tilanteissa oikominen vie aikaa noin viikon, mikä kasvattaa keilin kustannuksia ja toimitusaikaa huomattavasti.

2.3.3 Kokoonpantavuus

Keilin kokoonpanovaiheessa peruskeili vedetään kyljellään olevan telekeilin päälle. Peruskeili on vaikea asentaa koska peruskeilin johdepinta on yleensä tiukka. Optimitalanteessa peruskeili liikuu paikoilleen ristiinvedolla. Ristiinvedossa peruskeilin päähän kiinnitetään teräsketju, jonka toinen pää kiinnitetään telekeiliin. Ketjua nostetaan nosturilla keskeltä, jolloin peruskeili pyrkii liukumaan telekeiliä pitkin. Jos johdeväli on liian tiukka, peruskeili jumiutuu ja sekä perus- että telekeili nousevat ilmaan. Jos peruskeili ei liu'u paikoilleen ristiinvedolla, täytyy se vetää sylinterillä paikoilleen. Alaluistin asennuksessa on sama ongelma. Tämä hidastaa kokoonpanoa huomattavasti ja kasvattaa tuotannon läpimenoaikaa ja kustannuksia.

2.4 Ongelman syyt

Peruskeilin rakenne sisältää useita valmistusteknisesti haastavia ratkaisuja. Niistä suurimpia ovat pitkien ja lujien teräslevyjen särämäys, sekä hitsauksesta aiheutuvat muodonmuutokset. Peruskeilissä on useita koko keilin mittaisia hitsisaumoja, jotka aiheuttavat johdevälillä mitan vaihtelua.

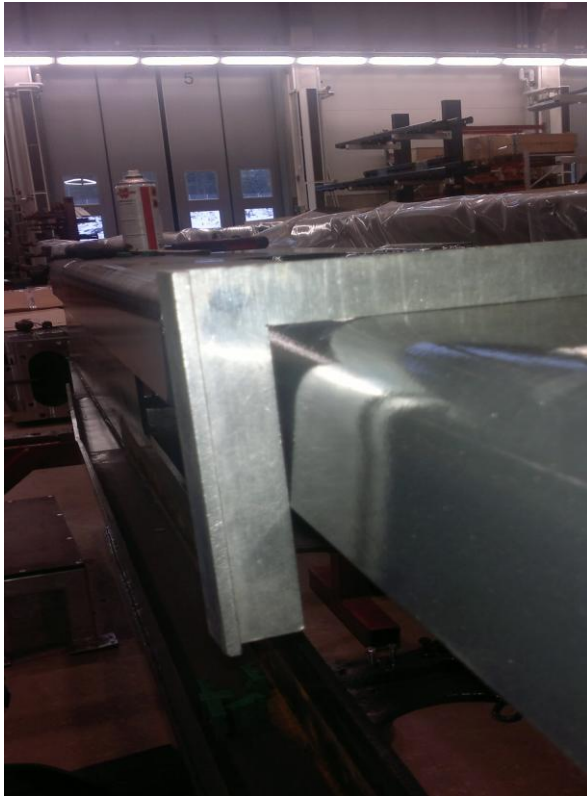
2.4.1 Särämäys

Särämäys on viimeaikoina yleistynyt kehittyneiden laitteiden ansiosta. Särämäys on yleensä halvempi valmistusmenetelmä kuin hitsaus, mutta sillä on omat rajoitteensa. Särämäys asettaa vaateita valmistettavan osan muodolle. Säräämällä ei voi valmistaa täysin teräviä kanteja ja särämäyksen paikalle levyn reunan suhteen on myös omat vaatimuksensa.

Särämäyksen ongelma etenkin lujissa teräslevyissä on takaisinjousto. Lujan levyn särämäys pitkällä matkalla vaatii paljon voimaa. Takaisinjousto voidaan ennakoida taittamalla levy yli halutusta kulmasta. Pitkällä matkalla mm. materiaalin

epähomogeenisuus aiheuttaa erilaista takaisinjoustoja levyn eri kohdissa. (Matilainen, Parviainen, Havas, Hiitelä & Hultin 2011, 245.)

2.4.2 Särmäyksen epätarkkuus



KUVA 9. Peruskeilin levyn auki jäänyt särmäys. (Valokuva Timo Vaulo)

6 metriä pitkän peruskeilin sivut valmistetaan yhdestä levystä särmäämällä. Särmäyspituus on siis todella pitkä, mikä asettaa erilaisia haasteita tarkkuudella. Pitkissä särmäyksissä varsinkin lujilla materiaaleilla törmätään usein ns. veneilmiöön. Särmäyspuristimen leuat alkavat myötämään eniten keskeltä leukoja, jolloin saumaus jää keskeltä särmää vajaaksi. (Matilainen ym. 2011, 244.)

2.4.3 Materiaalin vaikutus särmäykseen

Peruskeilin levyt on valmistettu Ruukki Optim 650 MC levystä. Ne on särmätty 14 millimetrin sisäpuolisella taivutussäteellä, mikä on Ruukin ohjeen antama minimitaivutussäde. Ohjeen mukaan myös ”lujimpien terästen muovattavuuden täysi hyödyntäminen edellyttää hyvää konepajaosaamista”. Käytetty materiaali vaatii siis

tekijältä taitoa ja koneilta huomattavasti enemmän voimaa kuin yleinen S355 rakenneteräs. (Ruukki Oy, 2011, 7).

Peruskeilissä käytetty särmätyn laipan pituus yhdistettynä lujaan materiaaliin aiheuttaa omat ongelmansa. Kuviossa 1 esitetty mitta 367 ei voi olla pienempi, koska muutoin levyn reunat törmäisivät telekeiliin. Koska särmättävän reunan mitta on niin lyhyt, joudutaan levyt särmäämään ennen katkaisua. Levyaihiot siis leikataan suuremmiksi kuin lopullinen levy, särmätään ja vasta tämän jälkeen leikataan oikeaan mittaan. Tämä tuo ylimääräisen työvaiheen, joka osaltaan kasvattaa valmistuskustannuksia.

2.4.4 Lämpötila

Junttanin valmistamia paalutuskoneita on käytössä ympäri maailman. Australian kuumilta erämailta Venäjän kylmille tundrille lämpötilaero voi olla jopa yli 60 astetta. Lämpötilan nousu aiheuttaa lämpölaajenemista. Vaikka lämpölaajenemisen aiheuttamat muodonmuutokset ovatkin pieniä, on muistettava, että jo alle yhden millimetrin ero peruskeilin johdevälyksessä näkyy suurena liikkeenä pitkän telekeilin päässä.

2.5 Vanhan mallin peruskeili ja kokemuksen vaikutus tuotteen laatuun

Ennen muuttoa Kylmämäkeen uuteen tehtaaseen, Junttanilla oli oma osavalmistus. Tämä osaltaan paransi laatua ja helpotti laadunvarmistusta kun osat valmistettiin samojen tekijöiden toimesta. Kun hitsarilla on kokemus sama osan valmistamisesta vuosien ajalta, osaa hän huomioida hitsauksen aiheuttamia muodonmuutoksia paremmin. Tekijällä on myös käsitys mihin ja miten osaa tullaan käyttämään. Myös palaute saatiin välittömästi.

Muuton myötä lanseerattiin myös uusi X-sarjan paalutuskone, jossa käytetään tässä työssä käsiteltyä särmättyä peruskeiliä. Niin sanotuissa perinnekoneissa käytetty peruskeili valmistetaan neljästä suorasta levystä ja nurkkiin hitsattavista neliöputkista. Särmäys on siis verrattain uusi työstömenetelmä peruskeilin valmistuksessa ja siitä ei ole pitkä kokemusta.

2.6 Hankinnan vaikutus tuotteen laatuun

Hankinta kilpailuttaa osien valmistusta eri sopimusvalmistajilla. Valmistaja voi muuttua lähes milloin vaan ja kokemus jää entiseen paikkaan. Toimittajaa voidaan vaihtaa usean eri kriteerin perusteella, kuten muun muassa hinta ja toimitusaika. Toimittajien vaihtelu heikentää laatua, koska kokemus ei siirry valmistajalta toiselle.

2.6.1 Sopimusvalmitajat

Junttanilla ei nykyään ole omaa osavalmistusta, vaan Kylmämäen tehdas toimii ainoastaan kokoonpanotehtaana. Särmätty peruskeili kehitettiin samoihin aikoihin tehtaan muuton kanssa, joten Junttan ei ole koskaan itse valmistanut särmättyä peruskeiliä.

2.6.2 Transtech

Transtech on Otanmäessä sijaitseva euroopan johtava kiskokaluston valmistaja ja teräsrakenteiden sopimusvalmistaja. Transtechillä on järeä ja moderni konekanta, sekä pitkä kokemus vaativista teräsrakenteista. (Transtech kotisivut)

Transtech on valmistanut tähän mennessä kaikki käytössä olevat peruskeilit. Transtechillä oli aiemmin kokemusta vanhan mallin putkipalkillisesta peruskeilistä ja he ovat harvoja valmistajia, joiden konekanta soveltuu peruskeilin valmistukseen. Suurin yksittäinen tekijä on kuusi metriä pitkän lujan teräslevyn särmäys, joka vaatii suuren särmäyspuristimen.

Junttan on verrattain pieni asiakas Transtechille. Särmättyjen peruskeilien menekki on riippuvainen X-mallisarjan koneiden myynnistä, joka vaihtelee suuresti maailman taloustilanteen mukaan. Särmättyjä peruskeilejä valmistetaan kuitenkin nykyään vuosittain alle kymmenen kappaletta.

Suurilla toimittajilla ei välttämättä ole mielenkiintoa panostaa vaikeiden teräsrakenteiden opetteluun jos niiden menekki on pieni. Opettelusta aiheutuvat kustannukset ovat niin suuret, että niiden kuoletuksessa kestää useita vuosia. Todennäköisesti Transtechillä olisi kapasiteettia tarkempien peruskeilien

valmistukseen, mutta se ei ole heillä välttämättä kannattavaa edellä mainituista syistä.

3 VALMISTUSKUSTANNUKSET

Pääasiassa hitsaamalla valmistettavan teräsrakenteen valmistuskustannukset koostuvat useista osa-alueista. Tässä osiossa on käyty läpi eri osa-alueiden vaikutusta valmistuskustannuksiin. Tässä osiossa esitetyt prosenttiosuudet peruskeilin valmistuskustannuksista perustuvat Transtech Oy:n tarjoukseen. Tarjous on siis tehty ennen yhdenkään särmätyn peruskeilin valmistusta ja siinä ei ole huomioitu mm. oikomisen aiheuttamia kustannuksia. Transtechillä onkin ollut peruskeilin valmistuksen hinnankorotuspaineita, koska alkuperäisen arvion mukaan valmistaminen ei kannata.

3.1 *Materiaali*

Hitsattujen rakenteiden materiaalikustannukset ovat yleensä pienet verrattuna valmistuskustannuksista. Suuremmissa teräsrakenteissa, jotka sisältävät verrattaen vähän hitsausta, mutta suuria yksinkertaisia osia, voivat materiaalikustannukset nousta jopa yli puoleen koko rakenteen valmistuskustannuksista.

Erilaiset työstämistä varten suunnitellut teräkset ja normaalia rakenneterästä lujemmat teräkset ovat tyypillisesti maksimissaan kaksi kertaa kalliimpia kuin normaali rakenneteräs. Hintojen vertailu kilohinnan perusteella antaa kuitenkin harhaan johtavan kuvan todellisista kustannuksista. Rakenteen vähemmän rasitetuissa kohdissa voidaan lujemmalla materiaalilla käyttää pienempää ainevahvuutta. Pienemmät ainevahvuudet myös keventävät rakennetta, mikä on yleensä hyvä asia, paitsi lopulliseen käyttöön, se myös helpottavaa osan käsittelyä kokoonpanossa.

Helpommin työstettävä materiaali puolustaa myös paikkaansa, kun valmistaminen helpottuu olennaisesti. Esimerkiksi paremmin lastuttavat materiaalit voivat mahdollistaa huomattavasti nopeammat lastuamisnopeudet ja/tai suuremmat lastunpaksuudet. Koneistusaikaa, eli koneistuskustannuksia, voidaan siis vähentää huomattavasti oikealla materiaalivalinnalla.

Teräksiä on myös kehitetty soveltuvaksi paremmin erilaisille leikkausmenetelmille. Oikein valittu materiaali esim. laserleikkaukseen mahdollistaa jopa 20% suuremman leikkuunopeuden. (Ruukki Oy, 2012, 5)

Paremmat materiaalit mahdollistavat myös rakenteita, joita normaalista S355 rakenneteräksestä ei välttämättä voida valmistaa. Esimerkiksi särmäystä silmällä pitäen suunnitellut materiaalit mahdollistavat pienemmän taivutussäteet, jolloin niitä voidaan käyttää paikoissa, joissa suuremmat taivutussäteet eivät ole mahdollisia ja liitos on tehtävä esimerkiksi hitsaamalla. Paremmiin särmättäviin materiaaleihin tarvitaan yleensä myös vähemmän voimaa särmäyspuristimelta, jolloin osia voidaan valmistaa kevyemmällä koneilla.

Materiaalin valinnassa tulisi siis ottaa huomioon, miten tuote valmistetaan. Oikeilla materiaalivalinnoilla tuotteesta saadaan paitsi parempi myös halvempi. Väärillä valinnoilla taas kustannukset nousevat ilman minkäänlaista hyötyä.

Peruskeiloin valmistuskustannuksista noin 25 % koostuu materiaalikustannuksista. Materiaalin osuus on verrattavan suuri rakenteen suuren koon takia. Raskaimmat yksittäiset levyt painavat useita satoja kiloja ja niitä työstetään osavalmistuvaiheessa melko vähän.

3.2 Osavalmistus

Hitsatun rakenteen teräsosia voidaan valmistaa useilla menetelmillä. Tässä osassa ei ole tarkoitus luetella kaikki olemassa olevia valmistusmenetelmiä, vaan esitellä tyypillisimmät menetelmät ja niiden vaikutus tuotteen valmistettavuuteen ja kustannuksiin.

Liian tarkka valmistaminen ennen hitsausta on turhaa lämmön aiheuttamien muodonmuutosten takia. Esimerkiksi ennen hitsausta tarkkaan toleranssiin koneistettu holkki, joka hitsataan levyyn kiinni, voi menettää muotonsa tai mittansa. Myös osien asemoinnissa voi olla niin paljon epätarkkuutta, että tarkasta valmistamisesta ei ole mitään hyötyä. Esimerkiksi tappilinjan holkit voidaan koneistaa tarkoiksi irrallaan, mutta ne on hankala asemoida riittävän samankeskisesti siten, että tapin saa paikoilleen vielä hitsauksen jälkeenkin.

Usein jos rakenne joudutaan koneistamaan hitsauksen jälkeen, kannattaa osavalmistuvaiheessa koneistusta vähentää. Edellä mainitut holkit voidaan sahata ainesputkesta ja koneistaa oikeaan mittaan hitsauksen jälkeen, jolloin samankeskisyys ei muodostu ongelmaksi. Esikoneistukselta vältytään ja kustannukset laskevat valmistustarkkuuden kärsimättä.

Osien valmistaminen sopimattomalla tavalla, liian tarkalla tai epätarkalla, nostaa valmistuskustannuksia. Tuotteet pitäisi myös pyrkiä suunnittelemaan siten, että osia olisi mahdollisimman vähän. Nykyaikaisilla valmistusmenetelmillä voidaan tehdä kohtalaisen monimutkaisia kappaleita ilman merkittävää kustannusten nousua.

Peruskeiloin valmistuskustannuksista noin 15 % koostuu osavalmistuksesta.

3.2.1 Leikkaus

Terästä voidaan leikata useilla erilaisilla menetelmillä, kuten esim. mekaanisesti, polttoleikkaamalla, laserleikkaamalla tai vesileikkaamalla. Edullisin menetelmä määräytyy käytettävän materiaalin ja vaaditun tarkkuuden ja pinnankarkeuden mukaan.

Laserleikkaus on tuntihinnaltaan kohtuullisen kallis menetelmä. Tästäkin huolimatta laserleikkaus on laskenut leikkauksesta aiheutuneita kuluja. Suurin syy tähän on laserin hyvä tarkkuus ja pinnan laatu. Useista leikattavista osista on pystytty poistamaan koneistaminen kokonaan, kun laserilla on päästy riittävän tarkkoihin tuloksiin.

3.2.2 Särmäys

Nykyään tuotteita pyritään suunnittelemaan siten, että hitsejä voidaan korvata särmäyksellä. Särmäys on yleensä nopeampaa kuin hitsaaminen ja se ei aiheuta aineeseen epäjatkuvuuskohtia. Särmäämällä ei kuitenkaan pystytä valmistamaan niin teräviä nurkkia kuin hitsaamalla, varsinkaan suuremmilla ainevahvuuksilla.

3.2.3 Osien koneistus

Koneistaminen, varsinkin jyrsiminen, on kallis valmistusmenetelmä. Useissa paikoissa kuitenkin vaaditaan tarkkuutta, johon muilla valmistusmenetelmillä ei päästä, jolloin koneistaminen kannattaa. Hitsattavan kokoonpanon osien esikoneistus kannattaa harkita tarkkaan. Irtonaisten osien koneistaminen on halvempaa kuin koko hitsatun kokoonpanon, mutta osien asemoinnissa voi helposti syntyä epätarkkuuksia, jolloin esikoneistuksesta ei ole mitään hyötyä.

3.3 *Kokoonpano*

Kokoonpano aiheuttaa tyypillisesti paljon kustannuksia teräsrakenteille. Huonosti suunnitellut, paljon liian isoja hitsejä sisältävä rakenne vie moninkertaisen ajan verrattuna oikein suunniteltuun, sopivilla hitseillä varustettuun rakenteeseen.

Hitsatun rakenteen kokoonpano sisältää kaksi vaihetta. Ensimmäisessä vaiheessa aiemmin valmistetut osat kootaan ja tarvittaessa silloitetaan. Silloittaminen tarkoittaa hitsattavan rakenteen kokoonpanoa pienillä hitseillä, jotka pitävät osat kiinni toisissaan. Silloitushitsit poistetaan yleensä ennen varsinaista hitsausta.

Peruskeilin valmistuskustannuksista noin 10 % koostuu kokoonpanosta.

3.3.1 Silloittaminen ja paikoittaminen

Silloittaminen on välttämätöntä kokoonpanoissa, joissa osat eivät muuten kestä paikoillaan. Hyvin suunniteltu teräsrakenne sisältää erilaisia paikoituslovia ja olakkeita, jolloin kokoonpanon aikana ei optimitilanteessa tarvita mittaa ollenkaan. Osat kasautuvat yhteen kuin lego-palikat ja rakennetta ei voi koota väärin.

Silloittamista tarvitaan myös estämään hitsauksen aiheuttamia muodonmuutoksia. Tyypillisesti osa silloitetaan ympäriinsä lyhyillä hitseillä ennen saumojen varsinaista hitsausta.

3.3.2 Hitsaus

Teräsrakenteissa on yleensä liian paljon ja liian suuria hitsejä. Usein hitsejä ei lasketa lainkaan. Särmitystä peruskeilistä on kuitenkin tehty tarkat lujuustarkastelut, joten voidaan todeta, että siinä ei ole liian suuria hitsejä.

Peruskeilin valmistuskustannuksista noin 25 % koostuu hitsauksesta.

3.4 Oionta

Hitsaus aiheuttaa aina muodonmuutoksia. Yleensä ne voidaan kuitenkin ennakoida valmistuksessa, jolloin lopullinen tuote on halutunlainen. Vaativissa teräsrakenteissa, joissa on tarkkoja toleransseja, ei oikomiselta voida kuitenkaan yleensä välttyä. Oikominen on aikaa vievää ja kokemusta vaativaa työtä.

Kaksi tyypillisintä oiontamenetelmää ovat mekaaninen oikaisu ja lämmöllä oikaisu. Mekaniisesti oikaistaessa kappaleeseen kohdistetaan ulkoista voimaa haluttuun kohtaan, jolloin kappaleen pinnoilla tapahtuu venymistä ja puristumista. Voiman täytyy olla riittävän suuri materiaalin myötörajan ylittämiseksi, jotta muodonmuutokset jäävät pysyviksi, eli kappale jää haluttuun muotoon. (Matilainen ym. 2011, 367.)

Mekaanista oikomista käytetään vähemmän suuremmille rakenteille, koska ne vaativat todella suuria voimia. Enemmän käytetty oikaisumenetelmä suuremmille teräsrakenteille on lämmöllä oikominen. Kappaletta kuumennetaan paikallisesti, jolloin se pyrkii lämpölaajenemaan. Ympäröivä kylmempi rakenne kuitenkin estää laajenemisen, jolloin lämmitettävä kohta tyssääntyy. Kun tyssääntynyt teräs alkaa uudelleen jäähtymään, se pyrkii vetäytymään kasaan, jolloin kappaleeseen aiheutuu voimakasta vetojännitystä. Tämä jännitys aiheuttaa kappaleeseen pysyvän muodonmuutoksen. (Matilainen ym. 2011, 368.)

Lämmöllä oikominen on vaativaa ja sitä tulee soveltaa harkitusti. Suuret lämpötilat voivat heikentää etenkin erikoisterästen lujuusominaisuuksia. Lämmittäminen aiheuttaa muutoksia teräksen kiderakenteeseen ja se jättää rakenteeseen sisäisiä jännityksiä. (Matilainen ym. 2011, 368.)

3.5 Koneistus

Suurempiin teräsrakenteisiin koneistetaan tyypillisesti tasopintoja erilaisia kiinnityksiä varten, sekä reikiä tapeille. Hitsattuun rakenteeseen jää yleensä sisäisiä jännityksiä, jotka vaikeuttavat koneistusta. Usein onkin tarpeellista suorittaa jännitystenpoistohehkutus, mikä helpottaa koneistusta.

Peruskeilin valmistuskustannuksista noin 10 % koostuu koneistuskustannuksista.

3.6 Pintakäsittely

Teräsrakenteet pintakäsitellään korroosiosuojan ja ulkonäön takia. Tyypillinen teräsrakenteen pintakäsittely on maalaus. Myös erilaiset sähkökemialliset pinnoitukset, kuten keltapassivointi tulevat kysymykseen.

Peruskeilin valmistuskustannuksista noin 10 % koostuu pintakäsittelystä eli jauhemaalauksesta.

3.7 Peruskeilin kustannukset

Peruskeilin kustannuksista noin puolet koostuu materiaalin hinnasta ja hitsauksesta. Toinen puolikas koostuu osavalmistuksesta, kokoonpanosta, koneistuksesta ja maalauksesta. Kustannusten likimääräinen kustannusjakauma on esitetty taulukossa 1. Taulukko on koostettu Transtech Oy:n tekemän tarjouksen perusteella ja se on tehty pitkälti vanhan mallin peruskeilin kokemuksen pohjalta. Käytäntö on kuitenkin osoittanut, että särmätty peruskeili on huomattavasti vaikeampi valmistaa, mikä nostaa osavalmistuksen, kokoonpanon ja hitsauksen osuutta kustannuksissa suhteessa muihin osa-alueisiin.

Materiaalit	25 %
Osavalmistus	15 %
Kokoonpano	10 %
Hitsaus	25 %
Koneistus	10 %
Maalaus	10 %
Muut kulut	5 %
	100 %

Taulukko 1. Peruskeilin kustannusjakauma

Taulukossa esitetyt muut kulut sisältävät muun muassa pakkaus ja lähetyskuluja sekä tarvittavista pientarvikkeista aiheutuvia kuluja.

4 TOTEUTUS

Tässä osiossa on esitetty erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja peruskeilin ja telekeilin välisen välyksen säätöön. Aluksi kuitenkin kuvataan rajoittavat tekijät. Lopuksi ratkaisuja on verrattu keskenään.

4.1 *Teknisesti rajoittavat tekijät*

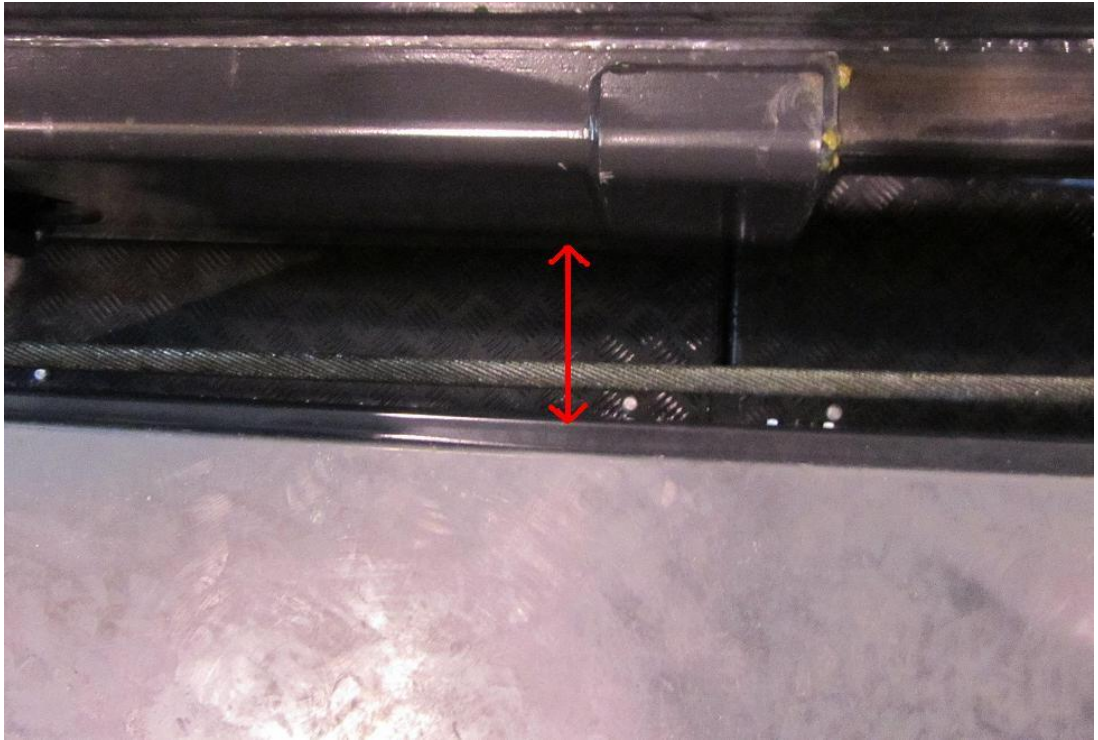
Kuten aiemmin todettu, paalutuskoneessa on paljon suhteessa toisiinsa liikkuvia osia. Osien ulkomittojen muuttuessa on tehtävä törmäystarkasteluja, joissa huomioidaan kaikki koneen eri asennot. Paalutuskoneessa on myös muita rajoitteita kuten massa, joista tarkemmin seuraavassa.

4.1.1 Painokriittisyys

Paalutuskoneen painopiste tulisi pitää niin alhaalla kuin mahdollista. Matala painopiste mahdollistaa muun muassa pidemmän keilin ja paalun, suuremman järkäleen tai suuremman keilin kallistuksen. Keili on koneen korkein osa ja siinä painon vaikutus painopisteeseen korostuu.

4.1.2 Tilanahtaus

Keili tulee mahtua kaatumaan koneen päälle kuljetusasennossa. Tilaa on peruskeilin kylkilevyistä sivullepäin noin 150 millimetriä. Väli on mitattu valmiista PMx20 koneesta (kuva 10). Tilanpuute ja painokriittisyys rajaavat monimutkaiset johteidensäätösystemit pois.



KUVA 10. Peruskeilin ja ylävaunun pellityksen väli kuljetusasennossa on noin 150 millimetriä. (Valokuva Oskari Levy)

4.1.3 Kestävyys

Käytössä oleva peruskeili on mitoitettu tarkasti kestämään siihen kohdistuvat kuormat. Käytännössä ensin on suunniteltu peruskeilin profiili, joka on esitetty kuvassa 6. Sen jälkeen on laskettu rasitukset todellisilla kuormilla ja lisätty tarvittavat tukilevyt heikkoihin kohtiin. Rakennetta ei siis voi heikentää, mutta toisaalta kaikki ylimääräinen paino on liikaa.

Keiliin kohdistuu käytössä dynaaminen kuormitus, joka osaltaan asettaa vaatimuksia rakenteelle ja hitsausliitoksille.

4.2 Tavoite

Työn päätarkoitus oli perus- ja telekeilin välisen välyksen säädön helpottaminen. Nykyisen käytännön mukaan peruskeili valmistetaan tarkkaan mittaan. Rakenne on hankala valmistaa, kallis ja lähes mahdoton korjata.

4.3 Ideat

Yksinkertaisin idea oli peruskeilin ainevahvuuksien kasvattaminen johteiden kohdalta ja koneistaminen oikeisiin mittoihin. Peruskeilin muoto todettiin kuitenkin hankalaksi tätä varten, koska siinä olisi pitänyt ns. koneistaa taskuun.

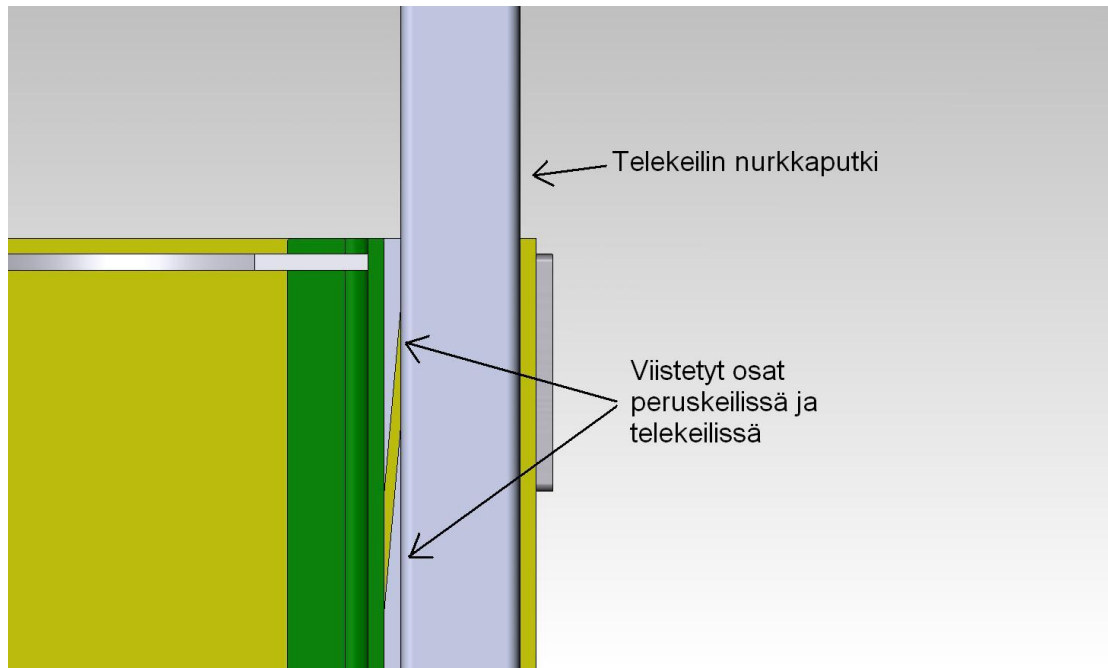
Vaikka koneistuksella olisikin saatu peruskeilin mitta tarkaksi, ei välystä edelleenkään voisi säätää. Lisäksi hiekkapuhalluksessa ja jauhemaalauksessa mahdolliset jännitysten laukeamiset voivat muuttaa peruskeilin muotoa, jolloin koneistaminen olisi ollut aivan turhaa.

Peruskeilin rakenteen muuttamiseksi mietittiin myös muunlaisia vaihtoehtoja, mutta nopeasti tultiin siihen tulokseen, että erillinen säätö on välttämätön. Hitsaamalla valmistettu rakenne on joka tapauksessa haastava, kun peruskeilin johdeväli on toleroitu tiukaksi. Koko matkalta koneistaminen on todella kallista eikä välttämättä sinällään ratkaise ongelmia.

Ongelman ratkaisemiseksi pidettiin useita aivoriihiä suunnittelijoiden ja asentajien kanssa. Kaikkia mietittyjä ideoita ei ole tässä työssä esitelty, koska suurin osa hylättiin nopeasti eikä niitä mietitty pidemmälle.

4.3.1 Kiila

Telekeilin kylkeen lisätään lattaraudat, jotka viistetään yläpäästä kiilamaisiksi. Vastaava muoto negatiivisena tehdään peruskeiliin, jolloin telekeili voidaan ajaa jumiin peruskeilin yläpään telesylinterillä (Kuva 11).



KUVA 11. Kiila perus- ja telekeilissä (Junttan Oy, mukailen Oskari Levy)

Telekeilin jumiin ajaminen peruskeilin yläpäähän ei kuitenkaan helpota välyksiä missään muualla kuin telekelin ääriasennossa. Telekeili voi myös jäädä oikeasti jumiin, jos sylinterissä ei riitä voima vetämään sitä takaisin. Aiemmin vanhemmissa PM-sarjan koneissa, joissa oli käytössä 1-toiminen telesylinteri, oli ongelmia telekeilin saamiseksi ala-asentoon. Peruskeilin ja telekeilin välys oli liian pieni ja telekeilin oma paino ei riittänyt painamaan sitä alas asti. Nykyisin käytetään 2-toimisia sylintereitä, joten vastaavaa ongelmaa ei ole, koska telekeili voidaan vetää alas sylinterillä.

Kiila on myös lujuusteknisesti huono ratkaisu, koska se aiheuttaa kovia voimia rakenteisiin. Kiilaus vaatisi peruskeilin reilua vahvistamista ja tarkkoja lujuustarkasteluja.

4.3.2 Sylinterisäätö

Hydraulisesti sylinterillä tapahtuva säätö mahdollistaa välyksen säädön kaikissa tilanteissa välittömästi. Hydrauliseen säätöön voisi myös helposti tehdä ohjausjärjestelmällä erilaisia automaattisia toimintoja. Välykset voisi esimerkiksi painaa kokonaan pois aina kun telesylinteri ei liiku, jolloin kuljettajan ei tarvitsisi huolehtia välyksen säädöstä.

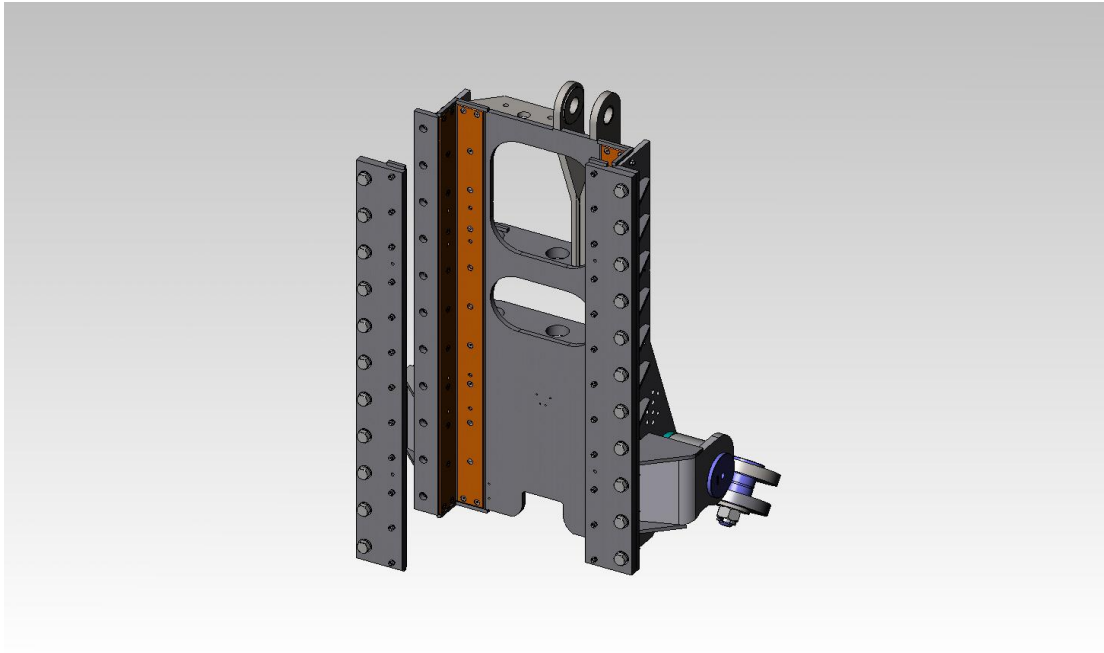
Sylinterisäädön suurin ongelma on tilanahtaus. Käytännössä sylinteri pitäisi saada vetämään telekeiliä peruskeiliä kohti, koska ulospäin työntävä sylinteri rasittaa peruskeilin heikompa puolta. Pahimmassa tapauksessa peruskeilin johteet väsyvät ja murtuvat, jolloin telekeili pääsee kaatumaan eteenpäin ja kaataa koko koneen samalla.

Sylinterisäätö vaatii lähes kaikissa tapauksissa muutoksia myös telekeiliin. Telekeilin keskeltä, johdeputkien välistä vetävä sylinteri vaatii telekeilin takalaidan aukaisun liikematkalta. Telesylinterin korvake telekeilin sisällä tulisi myös muuttaa. Nykyisessä mallissa korvakkeeseen kohdistuvat voimat on johdettu keilin etu- ja takalaitaan. Sylinterin säätömekanismin takia korvake tulisi irrottaa takalaidasta ja voimat saada johdettua muualle, esimerkiksi kylkilevyihin.

Joka tapauksessa sylinteri vaatii niin suuria muutoksia telekeiliin, että sylinterisäätöistä peruskeiliä ei voida myydä varaosana aikaisemmin tehtyihin koneisiin. Suuret muutokset sekä perus- että telekeilissä aiheuttavat paljon kustannuksia. Sylinteri yksinään tuo jo huomattavan lisähinnan. Lisäksi uuden sylinterin lisääminen vaatii aina muutoksia koneen hydraulikkaan ja ohjausjärjestelmään.

4.3.3 Avattava rakenne

Avattava rakenne on jo nykyisellään käytössä yläluisteissa. Luisti voidaan laskea keilin päälle, minkä jälkeen luistilevyt pultataan luistiin kiinni. Luistissa ja luistilevyissä on luistipronssit, joita voidaan säätää laittamalla niiden alla välyksensäätölevyjä. Avattavan yläluistin rakenne on esitetty kuvassa 12.



KUVA 12. Avattava yläluisti (Junttan Oy mukailten Oskari Levy)

Peruskeiliä ei ole mahdollista tehdä etulaidasta purettavaksi koko matkalta ilman suurempia muutoksia muualla koneeseen, kuten pystyynnostolaitteeseen. Kuljetusasennossa keilin sivulle ei jää paljoa tilaa, joten luistilevyjen tilankäyttö on tutkittava tarkkaan.

Peruskeilin ja telekeilin välinen välys on suurin haitta silloin, kun ne ovat sisäkkäin vain 2 – 2,5 metriä. Tekemällä 2 metrin avattavat luistilevyt peruskeiliin, voidaan välys säätää kriittisimmässä kohdassa. Avattava rakenne mahdollistaisi myös luistipronssien käytön paikassa, jossa kuluminen on yleensä suurinta. Näin peruskeilin käyttöikä kasvaisi huomattavasti.

Peruskeilin liu'uttaminen paikoilleen kokoonpanon aikana helpottuu, kun luistilevyt voidaan kiinnittää vasta tämän jälkeen. Vedettävä matka on siis luistilevyn verran lyhempi.

Luistipronssien käyttö vaatii koneistetut pinnat niiden alle. Purettu peruskeili olisi kuitenkin koneistettavissa kohtuullisella vaivalla, aivan kuten avattavat yläluistit.

4.3.4 Koneistettavat irto-osat

Telekeilin nurkkaputket korvattaisi alapäästä noin kahden metrin matkalta koneistetulla umpiteräksellä. Tämä osa voitaisiin tarpeen mukaan koneistaa ennen tai jälkeen paikoilleen hitsaamista, jolloin telekeilin johteesta saataisi juuri halutun paksuinen. Tämä ratkaisu vaatii verrattain paljon koneistusta.

Telekeilin muokkaaminen ei ota kantaa peruskeilin toleransseissa pysymiseen, vaan ongelmaa lähdetäisiin korjaamaan tekemällä valmiille peruskeilille sopiva telekeili. Telekeilin koneistaminen ei kuitenkaan auta, jos peruskeilin johdeväli vaihtelee yli annetun samansuuntaistoleranssialueen.

Osien vaihtokelpoisuus huononee myös huomattavasti tällä ratkaisulla. Telekeilin koneistetut mitat voidaan kyllä kirjata ylös, jolloin varaosana toisen samanlaisen toimitus on helppoa. Jos taas asiakas tarvitsee uuden peruskeilin, joutuisi hän välttämättä ottamaan sille sovitettun telekeilin.

4.4 Ideoiden vertailu

Ideoinnin aikana kävi selväksi, että yksinkertaisella ratkaisulla, kuten kiilalla, ei päästä eroon peruskeilin valmistettavuuden ongelmista. Vaikka telekeili saadaankin välyksettömäksi yläasennossa, tulisi peruskeili valmistaa siitä huolimatta aiemmin määritettyihin toleransseihin, jotta keilin liikkeet pysyisivät hallinnassa myös muissa asennoissa.

Sylinterisäätö vaikuttaa paperilla hyvältä, mutta sen käytännön toteutus on tilanahtauden takia vaikeaa. Sylinterisäätö vaatii myös pitkän testausjakson, jotta voidaan varmistua, että rakenne ei väsy käytössä. Ideoista kerättiin taulukko johon on vertailtu eri ratkaisujen ominaisuuksia.

	Valmistet- tavuus	Kokoon- pantavuus	Välyksen säätö	Yksinker- taisuus	Vaihto- kelpoisuus	Yht.
Kiila	+1	+2	-2	+1	+1	+3
Sylinteri	-1	+2	+3	-2	+1	+3
Avattava	+1	+2	+2	0	+1	+6
Koneistettu telekeili	0	0	+1	0	-1	0

Taulukko 2. Luonnosten ominaisuudet verrattuna olemassa olevaan peruskeiliin.

Jatkokehitettäväksi ratkaisuksi päädyttiin valitsemaan avattava peruskeili. Avattava rakenne on toiminut hyvin yläluisteissa, joka osaltaan kannatti tätä vaihtoehtoa. Avattava rakenne mahdollistaa kulutusosien käytön, helpottaa valmistusta ja on riittävän yksinkertainen.

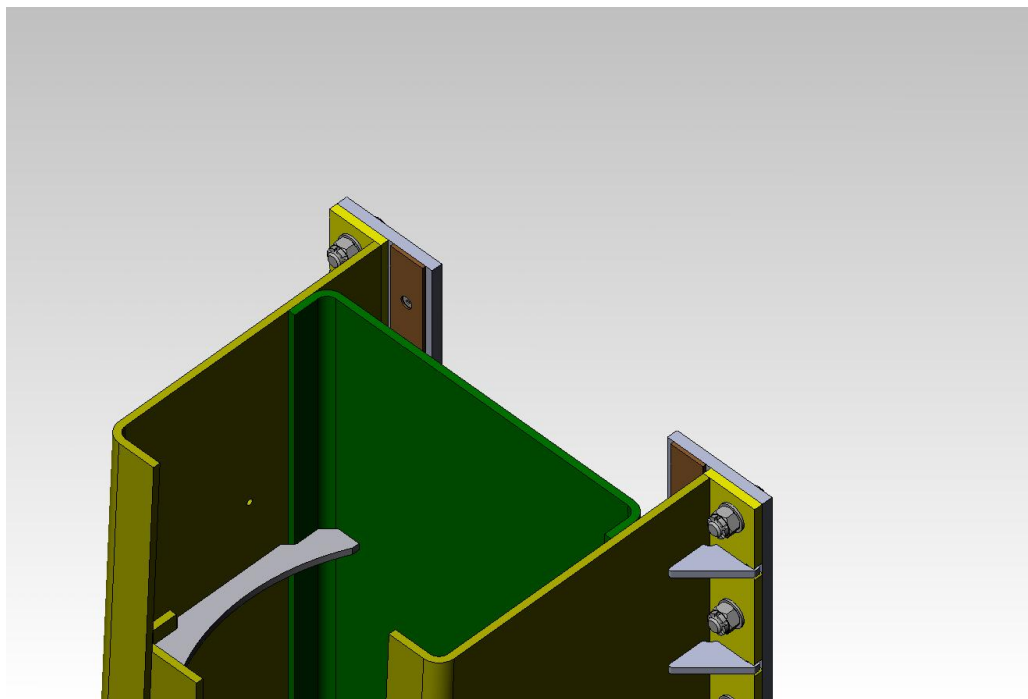
5 DETALJISUUNNITTELU

Tässä työssä ei ole tarkoitus suunnitella valmista peruskeiliä piirustuksineen, mutta tiettyihin valmistettavuuden kannalta olennaisiin yksityiskohtiin otetaan kantaa.

5.1 Luistipronssit

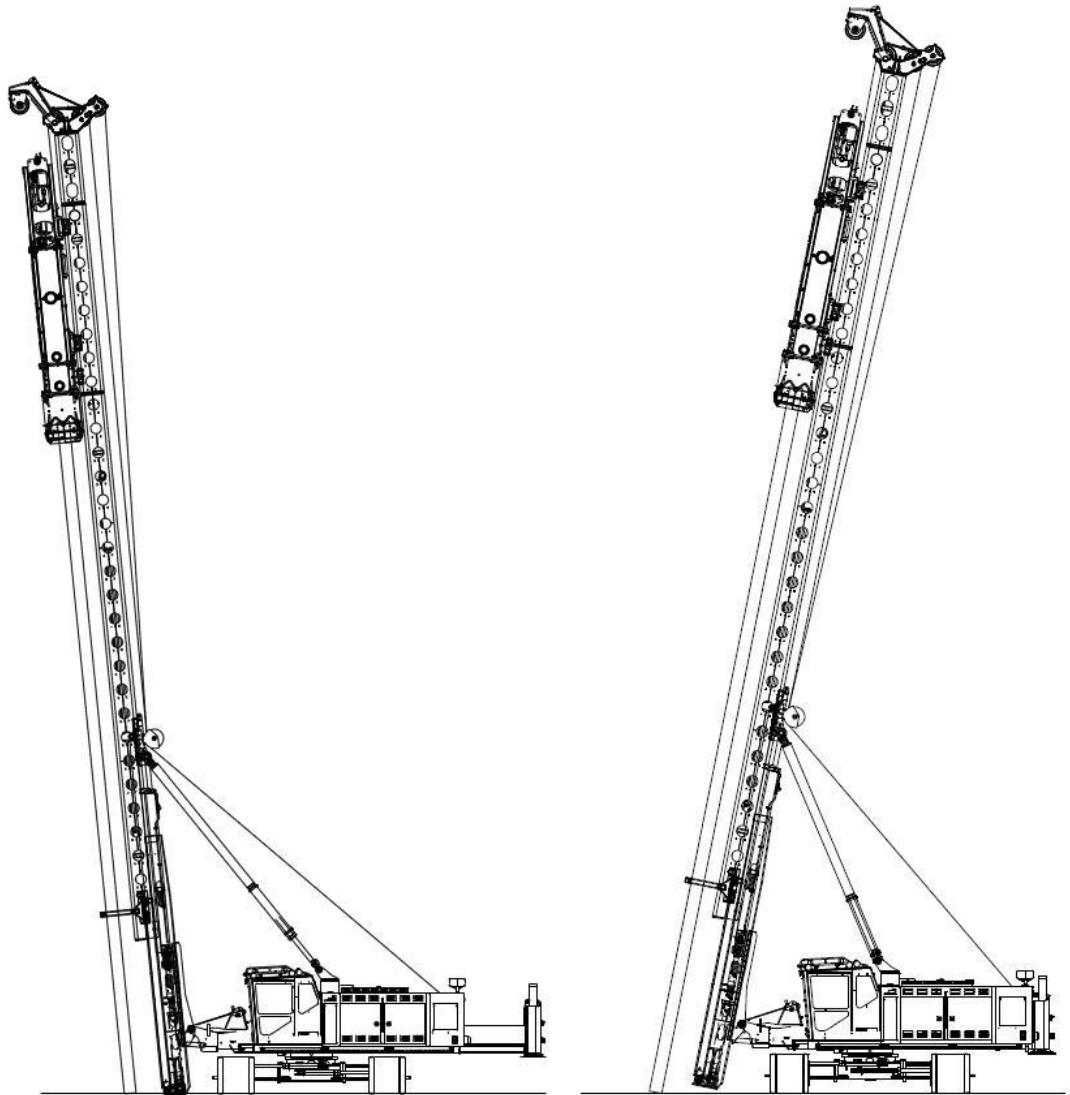
Yläluistien kaikilla sivuilla käytetään luistipronssia (kuva 12). Peruskeiliin luistipronssia ei kuitenkaan välttämättä kannata laittaa kaikille kanteille. Nykyisessä peruskeilissä ei ole ollut ongelmia sivusuuntaisessa välyksessä. Suurin ongelma on, kun siirrytään etukallistuksesta takakallistukseen tai toisinpäin, kun keilin painopiste siirtyy välyksien yli toiselle puolelle. Välyksen säätö on siis olennaista eteen- taaksesuunnassa.

Eteen ja taaksesuunnan välys voidaan säätää yhdellä tai kahdella luistipronssilla. Pelkästään toiselle puolelle laitettava luistipronssi sinällään riittää jo välyksen säätöön. Kuvassa 13 on esitetty peruskeilin leikkaus, jossa luistipronssi on vain irto-osassa.



KUVA 13. Avattava peruskeili, jossa luistipronssit irto-osissa. (Junttan Oy mukailen Oskari Levy)

Peruskeili rasittuu kuitenkin eri paikoista keilin asennon mukaan. Takakallistuksessa peruskeilin yläosan takapuoli ja alaosan etupuoli ovat kovimmassa rasituksessa. Etukallistuksessa toisinpäin. Kuvassa 14 on esitetty tyypilliset etu- ja takakallistukset. Kuvassa esitetyn koneen maksimietukallistus kuvan mukaisella varustuksella on noin 10 astetta ja takakallistus noin 20 astetta



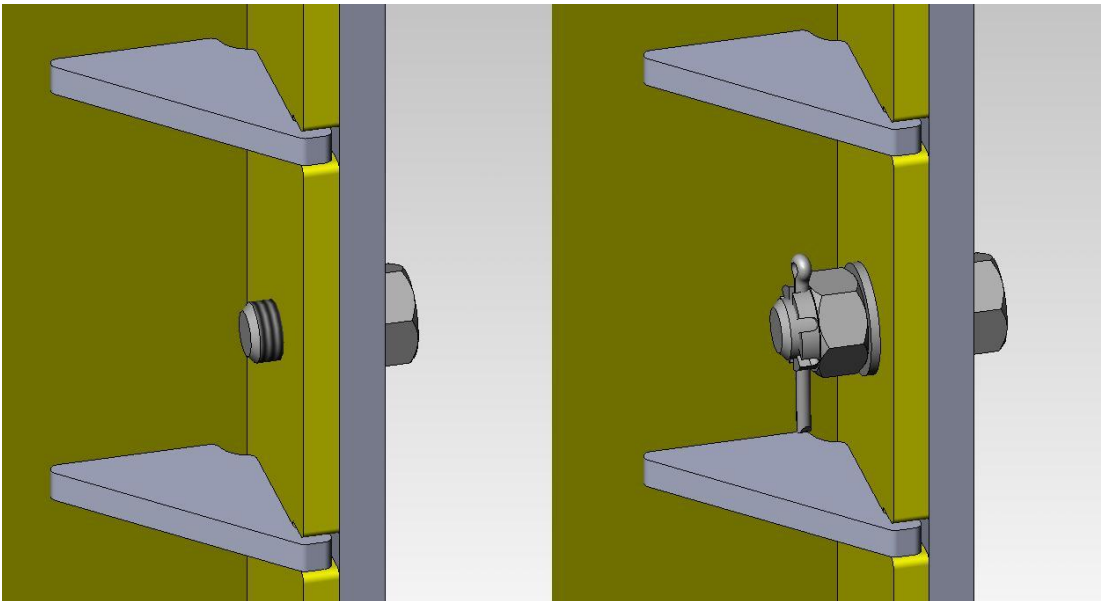
KUVA 14. PMx24:n etu- ja takakallistus. (Junttan Oy)

Laittamalla molemmille puolille luistipronssit saadaan kuluville pinnoille vaihdettavat kulutusosat. Vaikka pronssit ja niiden asennuspintojen vaatimat koneistukset nostavatkin peruskeilin valmistuskustannuksia, jatkuu käyttöikä merkittävästi. Koneistus on tuntihinnaltaa kalliimpaa kuin oikominen, mutta siihen menee vähemmän aikaa, joten kokonaiskustannukset voivat jopa pienentyä.

5.2 Luistilevyjen kiinnitys

Yläluisteissa käytetään 11 kappaletta M20-ruuvia koko yläluistin matkalla. Ruuveja on siis noin 100 millimetrin välein. Ruuvit lukitaan kruunumuttereilla ja saksisokilla. Yläluistin luistilevyjen kiinnitystä vastava liitos on esitetty kuvassa 16. Tällainen liitos on kuitenkin kokoonpanon kannalta hyvin työläs, koska sokkien kaikki reiät täytyy porata asennuksen yhteydessä.

Peruskeilin luistilevyjen kiinnitykseen tarvitaan todennäköisesti samankaltainen ruuvijako kuin yläluisteissa. Kruunumutteri ja sokka voitaisiin kuitenkin korvata lukitusaluslevyllä ja ruuvilukitteella. Tekemällä peruskeilin puolelle kierteet muttereita ei tarvita ollenkaan. Molemmat vaihtoehdot on esitetty kuvassa 15.



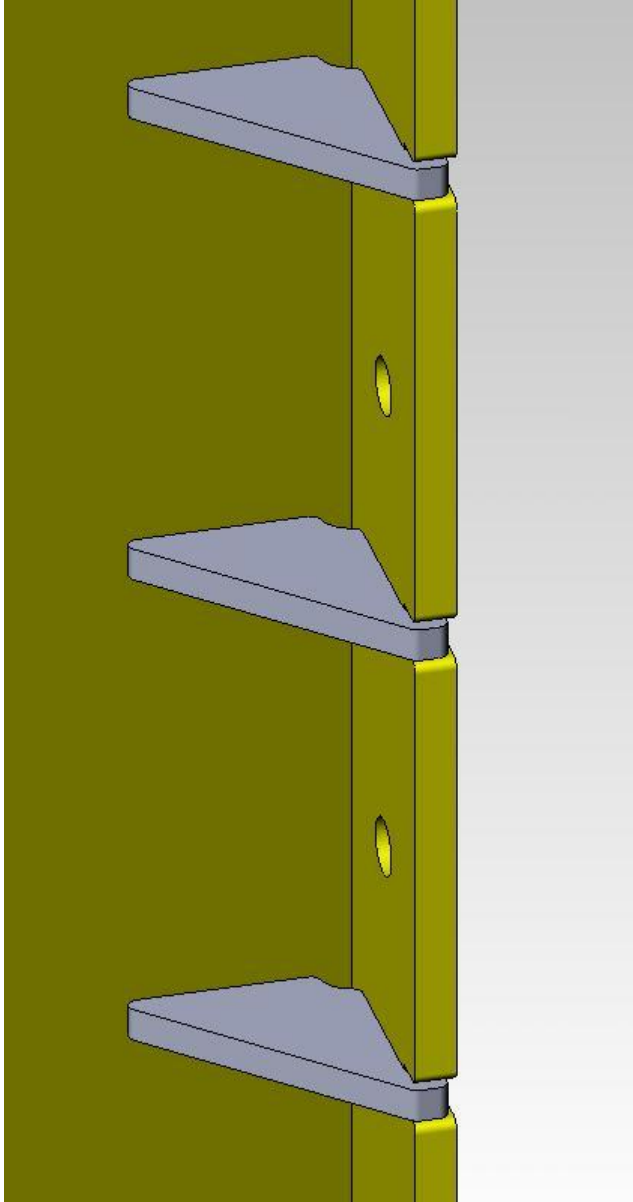
KUVA 15. Luistilevyjen kiinnitys peruskeiliin ruuviliitoksella

5.3 Paikoituslovet

Nykyiset tietokoneohjatut leikkausmenetelmät mahdollistavat erilaisten paikoitusloviin ja korvakkeiden käytön. Pienet poikkeamat suoralta leikkausviivalta eivät maksa käytännössä mitään, mutta voivat nopeuttaa kokoonpanoa oleellisesti.

Etenkin osissa, joiden paikan tarkkuudella ei ole merkitystä tuotteen toiminnan kannalta, kannattaa käyttää paikoituslovia. Kuvassa 16 on esitetty peruskeilin ruuvattavan luistilevyn vastapuoli. Tukilevyt paikoitetaan kolojen avulla, jolloin hitsarin ei tarvitse mitata levyjen paikkoja. Etenkin tällaisissa osissa paikoituslovet

nopeuttavat valmistusta huomattavasti. Lovien hitsaamisessa on noudatettava erityistä huomiota, jotta hitsiin ei jää virheitä ja jotta kolot täyttyvät hitsausaineesta. Vajaaksi jääneet kolot heikentävät rakenteen kujuutta, koska ne ovat murtumien alkamiskohtia.

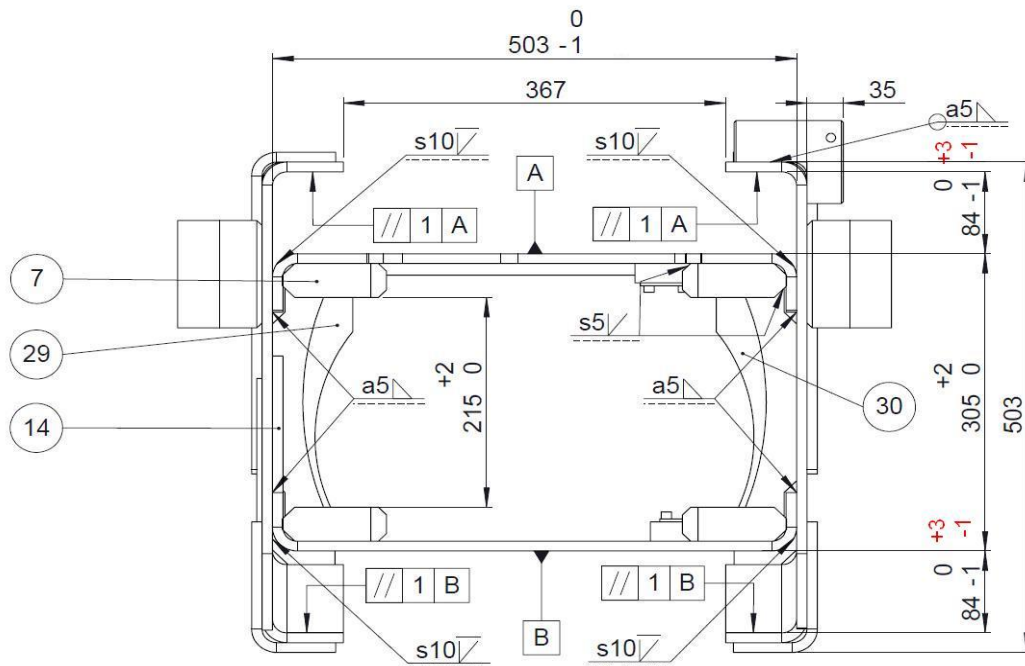


KUVA 16. Paikoituslovet tukilevyissä

Tarkemmissa kohdissa voidaan myös käyttää paikoituslovia jättämällä lovet reilusti väljiksi, jolloin osat voidaan asettaa tarkasti paikoilleen kokoonpanon yhteydessä.

5.4 Johdepinnan toleranssi

Kuten on tullut useasti todettua, perus- ja telekeilin välinen välys on pahinta kun telekeili on ajettu ylös. Alhaalla ollessaan peruskeilissä mahdollisesti oleva välys ei juuri haittaa, koska tällöin keilit ovat koko peruskeilin matkalta sisäkkäin ja telekeili pääsee liikkumaan vain hyvin vähän. Näin ollen olisi mahdollista väljentää johdepinnan toleranssi jäljelle jäävältä särmätyltä alueelta. Kuviossa 2 on esitetty vaihtoehdotiset toleranssit johdepinnoille.

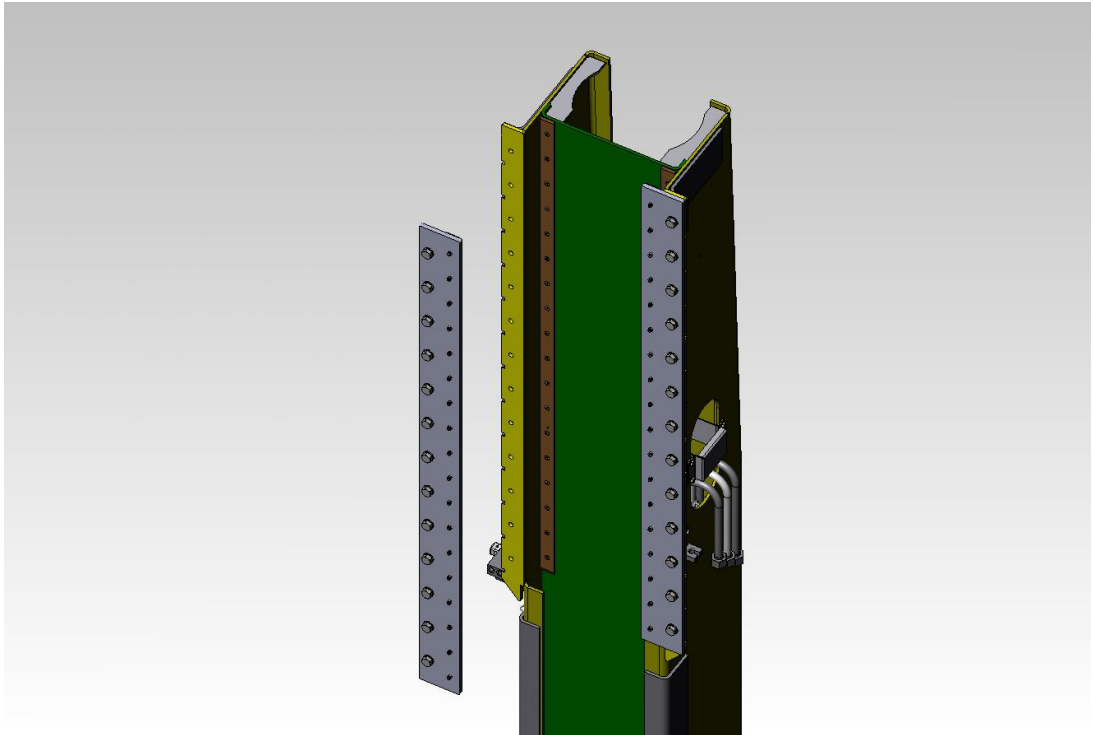


KUVIO 2. Peruskeilin väljennetty toleranssi. Uusi toleranssi merkitty punaisella. (Junttan Oy mukailleen Oskari Levy)

Peruskeilin osavalmistus ja kokoonpano helpottuu väljentämällä 84 perusmitan toleranssia. Särmätyjen sivulevyjen ei tarvitse olla millin tarkkoja kuten tähän asti. Transtechillä on joissain tapauksissa jouduttu koneistamaan särmätyistä levyistä ainevahvuutta pois. Levy on jäänyt liian leveäksi ja sitä on pitänyt kaventaa, jotta vaadittuihin toleransseihin päästäisiin. Toleranssin väljennyksellä särmätyksien ei tarvitse olla yhtä tarkkoja. (Korhonen. 2012)

Laittamalla luistipronssit myös sivuille, voitaisiin 503 perusmitan toleranssia myös kasvattaa. Tässä mitassa ei kuitenkaan ole esiintynyt yhtä paljon ongelmia kuin sivusuunnassa, joten sivusuuntaiselle säädölle ei välttämättä ole tarvetta. Sivuille asennettavat luistipronssit vaatisivat lisää koneistusta ja lisää luistipronsseja.

Keilin johdepintojen samansuuntaisuustoleranssi voisi mahdollisesti myös väljentää ainakin yhden millimetrin, jos väli on tarpeeksi väljä. Tähän asti väli on pyritty pitämään tarkasti mitassa koko peruskeilin matkalla. Lustilevyillä välyksen säätö mahdollistaa välin kasvattamisen ja myös johdepitojen välin vaihtelun entistä paremmin. Riittävän väljä toleranssi johteissa poistaa oikomisen tarpeen kokonaan, jolla säästetään kustannuksia, sekä nopeutetaan toimitusaikaa olennaisesti.



KUVA 17. Avattava peruskeilin rakenne kahdella luistipronssilla.

Kuvassa 17 on esitetty kahdella luistipronssilla varustettu avattava peruskeili. Peruskeilin leveys kasvaa minimissään 60 millimetriä puolelleen. Sen pienempään tilaan riittävän kestävä ruuviliitos ei mahdu. Kuljetusasennossa tilaa jää vielä noin 90 millimetriä puolelleen.

6 YHTEENVETO

Välyksen säädön puute on vaivannut Junttanin paalutuskoneita särmätyn peruskeilin käyttöönnotosta asti. Tässä työssä pohdittiin syitä olemassa olevan peruskeilin ongelmiin ja esitettiin erilaisia vaihtoehtoja ongelman ratkaisemiseksi. Työ osoittautui huomattavan hankalaksi, eikä sellaista ratkaisua löytynyt, jolla välyksen säädöstä olisi saatu helppo ja yksinkertainen sekä rakenteesta edullinen.

Ehdotettu avattava rakenne helpottaa valmistusta ja asennusta sekä todennäköisesti pidentää peruskeilin käyttöikää. Tarkkaa kustannusarviota ei tässä työssä tehty, mutta Junttanin asiantuntijoiden yleisen kokemuksen mukaan peruskeilin valmistuskustannukset pysyvät lähes samana mutta ominaisuudet parantuvat. Väljentämällä peruskeilin johdeväliä helpottuu asentaminen olennaisesti, kun peruskeiliä ei tarvitse enää vetää paikoilleen sylinterillä.

Tele- ja peruskeilin välisen välyksen säätöä on Junttanilla pohdittu jo kauan vanhan peruskeilin aikaan. Ideat eivät kuitenkaan koskaan ole jalostuneet toteutuksen asteelle. Tämän työn tekemisen jälkeen on helppo ymmärtää miksi: hyvän ja edullisen säädön keksiminen on todella vaikeaa.

Avattavan peruskeilin hyödyt ja haitat on tarkoitus esitellä yritykselle, minkä jälkeen tehdään päätös, jalostetaanko prototyyppi. Työn tuloksena saatiin 3D-malli, jota voidaan käyttää peruskeilin lujuuslaskentaan. Jos rakenne todetaan riittävän kestäväksi, voidaan mallista suoraan tehdä valmistuspiirustukset prototyypin valmistusta varten.

LÄHTEET

Junttan Oy. *Company presentation short*. [Viitattu 10.4.2012] Ei julkisesti saatavissa.

Junttan Oy. Yityksen www-sivu. [viitattu 10.4.2012]. Saatavissa: <http://www.junttan.com/>

Korhonen, T. Myynti-insinööri. Transtech Oy. Peruskeilin valmistettavuuden kehittäminen [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Oskari Levy. Lähetetty 29.3.2012. [viitattu 30.3.2012.]

Lepola, P., Makkonen, M. 2009. *Hitsaustekniikat ja teräsrakenteet*. 4. painos Helsinki: WSOYpro Oy.

Matilainen, J., Parviainen, M., Havas, T., Hiitelä, E., Hultin, S., 2011. *Ohutlevytuotteiden suunnittelijan käsikirja*. Helsinki: Teknologiateollisuus.

Nurminen, S. 2010. *Yritysesittely*. Junttan Oy. Sisäinen tiedote.

Ruukki Oy. 2012. *Ruukki Laser Rakenneteräkset* [verkkodokumentti, PDF] [viitattu 11.4.2012] Saatavissa: <http://www.ruukki.fi/Tuotteet-ja-ratkaisut/Terastuotteet/Kuumavalssatut-terakset/Rakenneterakset/Ruukki-Laser-rakenneterakset#>

Ruukki Oy. 2011. *Ruukki – Särmäysohje – Kuumavalssatut teräkset* [verkkodokumentti, PDF] [viitattu 2.4.2012]. Saatavissa: <http://www.ruukki.fi/~media/Finland/Files/Terastuotteet/Ruukki-Kuumavalssatut-teräkset-Särmäysohje.pdf>

Transtech Oy. Yrityksen www-sivu. [viitattu 5.4.2012]. Saatavissa: <http://www.transtech.fi/>

