

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Tuotekehitys

Tutkintotyö

Jukka Myllymäki

**LEUKAMURSKAIMEN HIHNA- JA VAUHTIPYÖRÄNSUOJIE  
TUOTEKEHITYSPROJEKTI**

Työn ohjaaja  
Työn teettäjä  
Tampere 2008

tekn. toht. Marko Mäkilouko  
Metso Minerals (Tampere) Oy, valvojana ins. Mika Lyytikäinen

# TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Tuotekehitys

Myllymäki, Jukka      Leukamurskaimen hihna- ja vauhtipyöränsuojien tuotekehitysprojekti

Tutkintotyö              48 sivua + 5 liitesivua

Työn ohjaaja            tekn. tohtori Marko Mäkilouko

Työn teettäjä            Metso Minerals (Tampere) Oy, valvojana ins. Mika Lyytikäinen

Huhtikuu 2008

Hakusanat                koneturvallisuus, suojat, suojaimet, leukamurskain

## TIIVISTELMÄ

Tämä työ käsittelee tuotekehitysprojektia leukamurskaimen hihna- ja vauhtipyöränsuojien ominaisuuksien parantamiseksi. Leukamurskainten hihna- ja vauhtipyöränsuojat ovat haastava kehityskohde, sillä ne toimivat erittäin kovissa olosuhteissa ja joutuvat suurten räsitusten kohteiksi. Suojien tarkoitus on suojata vauhtipyörää ja vauhtihihnoja kiviltä ja pölyltä sekä murskaimen läheisyydessä olevia ihmisiä vaaratekijöiltä. Työssä käydään läpi tuotekehitysprojektin vaiheet esiselvityksestä suunnittelun kautta valmiiseen tuotteeseen.

TAMK University of Applied Sciences  
Mechanical and Production Engineering  
Research and Development

Myllymäki, Jukka

R&D-project for jaw crusher's belt and flywheel guards

Engineering thesis

48 pages, 5 appendices

Thesis Supervisor

Marko Mäkilouko (DSc)

Commissioning Company

Metso Minerals (Tampere) Oy. Supervisor Mika Lyytikäinen (BSc)

April 2008

Keywords

safety of machines, protections, guards, jaw crusher

## ABSTRACT

This thesis handles research and development project in order to improve jaw crusher's belt and flywheel guards. Jaw crusher's belt and flywheel guards are challenging object for development because they work under very hard circumstances with strong stresses. The function of guards is to protect flywheels and belts from rocks and dust and people around crusher from dangers.

This thesis includes phases of research and development project from researching and designing until ready product.

## ALKUSANAT

Tämä työ tehtiin Metso Minerals (Tampere) Oy:lle osana leukamurskaimen vuosimallimuutosta, koska päivitettyyn C160-leukamurskaimeen haluttiin vuosimallimuutos 2008:n mukana myös uudet hihna- ja vauhtipyöränsuojat. Työ vaikutti jo alunperin mielenkiintoiselta ja haastavalta, mutta todellisen haastavuutensa se osoitti vasta projektin edetessä. Leukamurskaimessa kiinni olevat suojat joutuvat käytössä todella koville tärinästä ja mahdollisista päälleputoavista kivistä johtuen. Kun tämä yhdistetään millintarkkoihin turvallisuusstandardeihin, vaatimukseen helposta asennettavuudesta ja valmistettavuudesta, sekä suojien soveltuvuuteen murskaimen erilaisille optioille ja asennoille, alkaa suunnittelutyön vaativuus hahmottua. Niinpä massattomat, hitsisaumoja ja pulttiliitoksia sisältämättömät, pomminkestävät, mutta hetkessä paikoilleen ja pois asennettavat – ja tietysti puoli-ilmaiset – suojat jäivät vielä odottamaan itseään.

Haluaisin kiittää työni ohjaajaa Marko Mäkiloukoa ja valvojaa Mika Lyytikäistä, sekä Jukka Jokirantaa, Sampsa Isoahoa ja muita leukamurskainten suunnittelutiimin jäseniä, jotka ovat auttaneet minua projektin aikana ja mahdollistivat projektin onnistumisen.

Tampereella 3.4.2008

---

Jukka Myllymäki

## SISÄLLYSLUETTELO

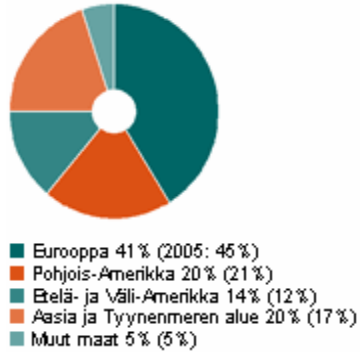
TIIVISTELMÄ	
ABSTRACT	
ALKUSANAT	
SISÄLLYSLUETTELO.....	5
1 JOHDANTO.....	6
1.1 Metso-konserni.....	6
1.2 Metso Minerals.....	7
1.2.1 Metso Minerals (Tampere) Oy.....	8
1.2.2 Historia.....	8
1.3 Työn tavoitteet.....	10
2 TEORIA.....	11
2.1. Leukamurskaimen hihna- ja vauhtipyöränsuojat.....	14
2.2 Standardit ja työturvallisuuslaki.....	15
3 TUOTEKEHITYSPROJEKTIN ALOITUS.....	17
3.1 Projektin lähtökohdat.....	17
3.2 Tuotekehitystarpeen kartoitus.....	21
3.3 Nykyisten suojien asennettavuus.....	24
4 UUSIEN HIHNA- JA VAUHTIPYÖRÄNSUOJIEN SUUNNITTELU.....	26
4.1 Konseptit.....	28
4.1.1 Konsepti A.....	28
4.1.2 Konsepti B.....	31
4.1.3 Konsepti C.....	31
4.1.4 Konseptien jatkokehityksestä ja hylkäämisestä päättäminen.....	33
4.2 Konseptien jatkokehitys.....	33
5 UUSIEN SUOJIEN OMINAISUUDET.....	34
5.1 Suojien rakenne.....	34
5.2 Valmistettavuus ja valmistustapa.....	44
5.3 Projektin päättäminen.....	45
6 YHTEENVETO.....	46
LÄHTEET.....	47
LIITTEET	
1 Tuotekehitysprojektin aloituspalaverin muistio	
2 Projektin määrittely	
3 Projektin välipalaverin muistio	
4 QFD-matriisi	

# 1 JOHDANTO

Metso on kansainvälinen teknologiakonserni, joka palvelee massa- ja paperiteollisuudessa, kiven- ja mineraalienkäsittelyssä, energiateollisuudessa sekä valituilla muilla teollisuudenaloilla toimivia asiakkaita. Metso-konserni koostuu kolmesta liiketoiminta-alueesta: Metso Minerals, Metso Automation, sekä Metso Paper, joilla kaikilla se kuuluu maailmanlaajuisiin markkinajohtajiin. Edellämainittuja ydinosaamisalueita tukee neljäs liiketoiminta-alue Metso Ventures, joka koostuu konsernin muita liiketoimintoja palvelevista yksiköistä sekä strategisen kehityksen alla olevista liiketoiminnoista. Metso Venturesiin kuuluu mm. Metso Lokomo Steels Oy. /1; 15/

## 1.1 Metso-konserni

Vuonna 2006 Metso-konsernin liikevaihto oli noin 5 miljardia euroa. Metsolla on toimintaa yli 50 maassa kaikilla mantereilla ja henkilöstöä yli 26 000. Metson päämarkkina-alueita ovat Eurooppa ja Pohjois-Amerikka, jotka muodostavat noin 60 prosenttia liikevaihdosta. Euroopan osuus Metson liikevaihdosta oli 41 prosenttia ja Pohjois-Amerikan 20 prosenttia vuonna 2006. Myös Aasian ja Etelä-Amerikan merkitys kasvaa jatkuvasti. Vuonna 2006 Aasian ja Tyynenmeren alueen osuus Metson liikevaihdosta oli 20 prosenttia ja samana vuonna Etelä- ja Väli-Amerikan osuus 14 prosenttia. Loput viisi prosenttia tuli muualta maailmasta. Kuvassa 1 on esitetty Metso-konsernin liikevaihto markkina-alueittain vuonna 2006. /1; 15/



**Kuva 1** Metso-konsernin liikevaihto markkina-alueittain vuonna 2006 /15/

## 1.2 Metso Minerals

Metso Minerals suunnittelee, valmistaa ja markkinoi tuotteita kiven ja mineraalien murskaukseen ja seulontaan maailmanlaajuisesti ja on alan johtava edustaja maailmassa. Metso Minerals palvelee louhoksia (kuva 2), kaivoksia, murskeentuotto- ja maanrakennusurakoitsijoita, sekä metallinkierrätysasiakkaita. /1; 15/



**Kuva 2** Locketrack-murskain kivilouhoksella

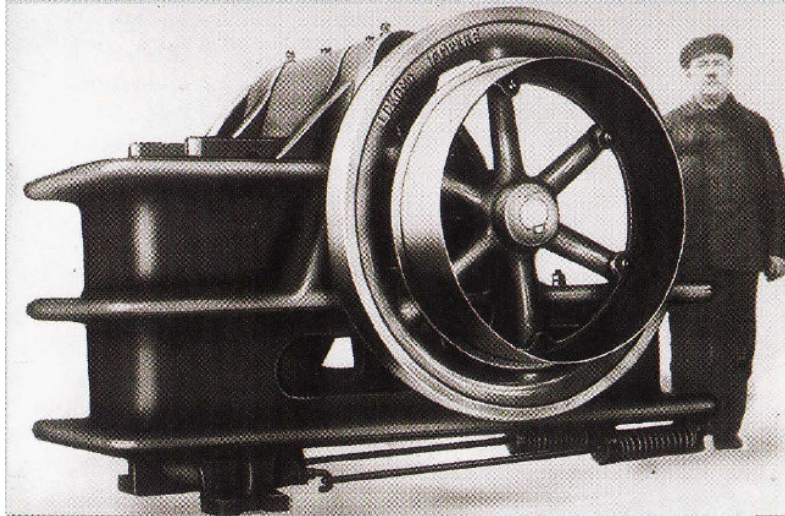
Metso Mineralsin tärkeimmät tuotantolaitokset sijaitsevat Suomessa, Ruotsissa, Saksassa, Ranskassa, USA:ssa, Etelä-Afrikassa, Brasiliassa ja Kiinassa. Metso Mineralsin liikevaihto vuonna 2006 oli 2 174 milj. euroa, joka oli 43 % konsernin liikevaihdosta. Metso Mineralsin palveluksessa on noin 9200 työntekijää ja sillä on myynti- ja huoltoverkosto lähes 150 maassa. /1; 15/

### 1.2.1 Metso Minerals (Tampere) Oy

Metso Minerals (Tampere) Oy:n päätuotteet ovat leuka- ja karamurskaimet, tela- ja pyöräalustaiset murskainyksiköt, kiinteät ja siirrettävät murskauslaitokset sekä syöttimet, seulat ja kuljettimet. Murskainten keskeiset valu- ja kulutusosat valmistaa myös Tampereen Hatanpäällä sijaitseva Metso Lokomo Steels Oy. Metso Minerals (Tampere) Oy:n valmistamia murskaimia ja murskauslaitoksia käytetään yli viidessäkymmenessä maassa kivilouhoksilla, rakennus- ja kaivosteollisuudessa sekä kiviperäisten materiaalien uusiomurskauksessa kuten rakennusten purkutyömailla. /1; 15/

### 1.2.2 Historia

Lokomo Oy Ab perustettiin veturitehtaaksi vuonna 1915 nykyiselle paikalleen Tampereella insinööri Jalmar Castrénin, lääkäri Juho Karvosen ja insinööri Werner Ryselin toimesta, joista viimeksi mainittu oli Tampellan veturitehtaan teknillinen johtaja. Oy Lokomo Ab:n johtokuntaan valittiin mukaan myös tehtailija Emil Aaltonen, joka oli aiemmin perustanut Tampereen Kenkätehtaan. Veturitehtaan yhteyteen perustettiin oma teräsvalimo vuonna 1916. Kivenmurskainten valmistus aloitettiin vuonna 1921. Kuvassa 3 on esitetty Lokomon ensimmäisiä leukamurskaintyyppejä 1920-luvulta. /1/



**Kuva 3** Lokomon ensimmäisiä leukamurskaintyypppejä 1920-luvulta

1930-luvulla Lokomolla valmistettiin mm. ”Ukko-Pekka”-pikajunavetureita, taottiin kiviäärinpiippuja ja tuotettiin aseterästä tykinputkia varten. Sotien vaikutukset näkyivät Lokomolla myös siten, että 1940-luvulla valmistettiin mm. vetureita ja venttiilejä sotakorvauksina Neuvostoliitolle. Lokomon vientitoimitukset käynnistyivät 1950-luvulla ja seuraavalla vuosikymmenellä avattiin ensimmäiset ulkomaiset tytäryhtiöt Kolumbiaan, Espanjaan, Ruotsiin ja Tanskaan. /1/

Emil Aaltosen suku luopui Lokomo Oy:stä ja myi sen Rauma-Repolalle 1970-luvulla, jolloin toteutui suuria kansainvälisiä nosturi-, maanrakennus- ja murskainkauppoja. Rauma-Repolan ostama Neles Oy osti Lokomon teräs-, murskain-, nosturi- ja meriteknologiatehtaat vuonna 1982. Kaksi vuotta myöhemmin Lokomon kaivukone-, tiehöylä- ja täryliiketoiminnot myytiin Lännen Konepajalle. /1/

Vuonna 1989 perustettiin Nordberg Group yhdistämällä Lokomo Oy, Bergeaud S.A. (Ranska), Nordberg Inc. (USA) ja Nordberg UK (Englanti). Rauma-Repolasta tuli näin Nordberg Group:n myötä maailman johtava murskainalan valmistaja ja markkinoija. /1/

Rauma-Repola ja Yhtyneet Paperitehtaat sulautuivat vuonna 1991 Repola Oy:ksi, joka jakautui paperiteollisuuden käsittäväksi Yhtyneiksi Paperitehtaiksi ja metalliteollisuuden käsittäväksi Rauma Oy:ksi. Rauma Oy:n yhdeksi toimialaksi tuli

Nordberg-ryhmä. Nordberg-ryhmän yritysten nimet harmonisoitiin kaksi vuotta myöhemmin siten, että kaikki alkoivat nimellä Nordberg, jolloin yrityksen nimeksi tuli Nordberg-Lokomo Oy. /1/

Nordberg-Lokomo liitettiin osaksi Valmetin ja Rauman fuusiossa syntynyttä Metso-konsernia vuonna 1999 ja seuraavana vuonna Metso Lokomo Steels eriytettiin Nordberg-Lokomosta omaksi yhtiökseen. Vuonna 2001 Nordberg-ryhmän nimi muutettiin Metso Mineralsiksi ja Nordberg-Lokomo Oy:stä tuli Metso Minerals (Tampere) Oy. Samana vuonna konserni fuusioitui Svedalan kanssa. /1/

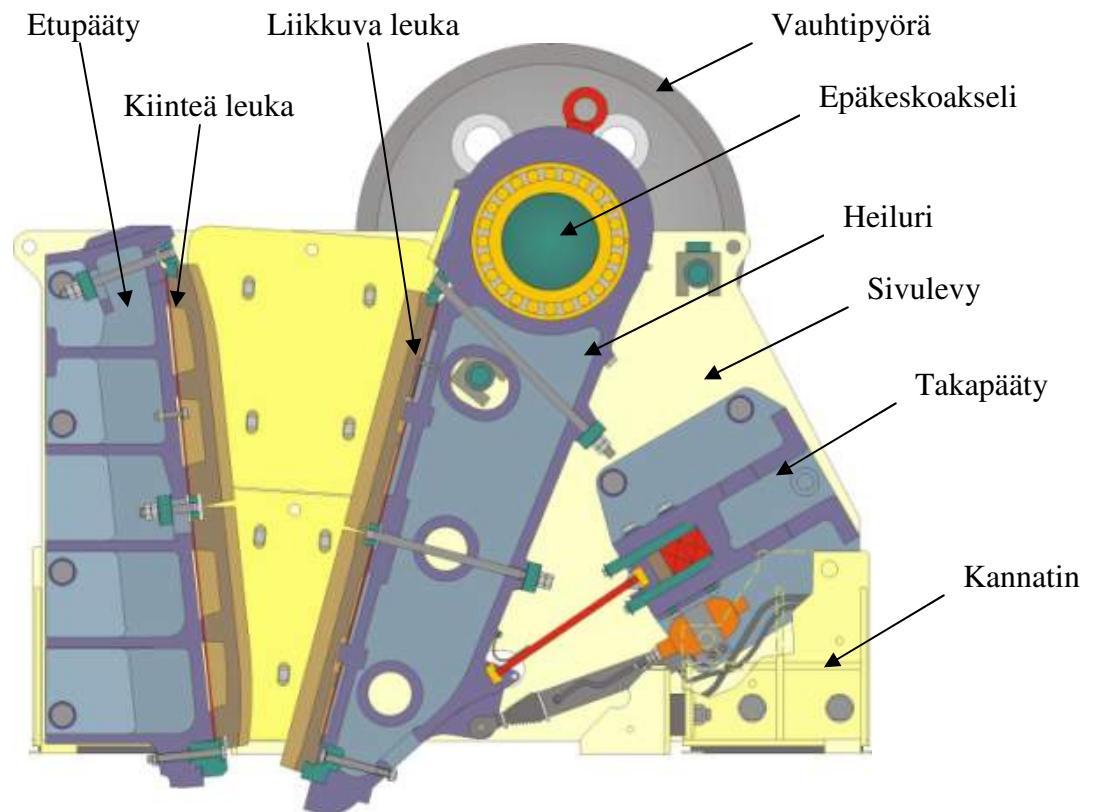
### **1.3 Työn tavoitteet**

Leukamurskaimen hihna- ja vauhtipyöränsuojat toimivat kovissa olosuhteissa, jossa ne altistuvat erittäin suurelle tärinälle ja kivien kolhimisille. Tästä johtuen suojat usein rikkoutuvat, niiden peltiset rakenteet halkeilevat ja pulttiliitokset löystyvät tärinän voimasta. Näin ollen suojat ovat hyvin haastava kehityskohde. C160-leukamurskaimeen haluttiin saada uudet hihna- ja vauhtipyöränsuojat vuosimallimuutoksen yhteydessä. Vuosimallimuutos tehdään, kun murskainta halutaan kehittää ja muuttaa kerralla enemmän ja julkaista tämän jälkeen uutena versiona markkinoille. Vuosimallimuutoksen yhteydessä C160-leukamurskaimeen haluttiin uudet hihna- ja vauhtipyöränsuojat, jotka olisivat entisiä paremmat ainakin asennettavuudeltaan ja kestävyydeltään.

Tämän työn tavoitteena on käydä läpi leukamurskaimen hihna- ja vauhtipyöränsuojien tuotekehitysprojekti projektin aloittamisesta valmiisiin uusiin suojiin tietyn aikataulun puitteissa. Tavoitteena on saada aikaan uudenlaiset suojat C160-leukamurskaimeen siten, että ne sisältäisivät mahdollisimman paljon suojilta haluttuja ominaisuuksia.

## 2 TEORIA

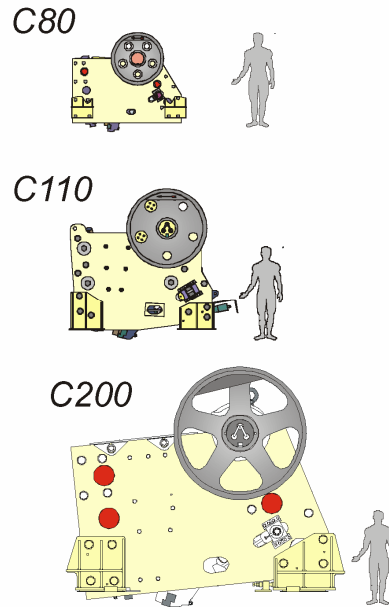
Leukamurskain on pääsääntöisesti esimurskaukseen käytetty murskain, jossa materiaalin murskautuminen tapahtuu puristusvoimalla kahden, kulutuskestävästä materiaalista valmistetun leuan välissä. Toinen leuoista on kiinnitetty kiinteästi murskaimen etupäättyyn ja toinen on kiinni liikkuvassa heilurissa. Heilurin liike aiheutuu pyörivästä epäkeskoakselista, jota pyörittää hihnavetoinen vauhtipyörä. Kuvassa 4 on esitetty leukamurskaimen pääosat. /2; 3/



**Kuva 4** Leukamurskaimen rakenne ja pääosat

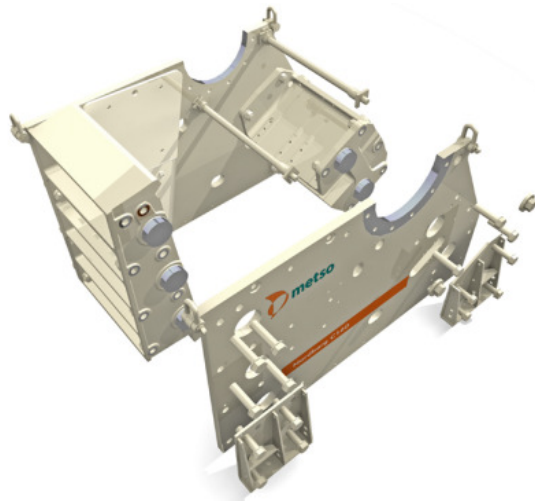
Metso Minerals valmistaa tällä hetkellä kahtatoista eri leukamurskainmallia, jotka perustoiminnaltaan ovat samantyyppisiä, mutta koossa (kuva 5) ja kapasiteetissa on eroja. Eri mallit on suunniteltu erilaisia käyttökohteita ja -tarpeita varten. Lisäksi

leukamurskaimiin on saatavissa erilaisia vaihdettavia leukoja. Leukojen valinta riippuu mm. murskattavasta materiaalista ja halutuista tuoteominaisuuksista. /2; 3/

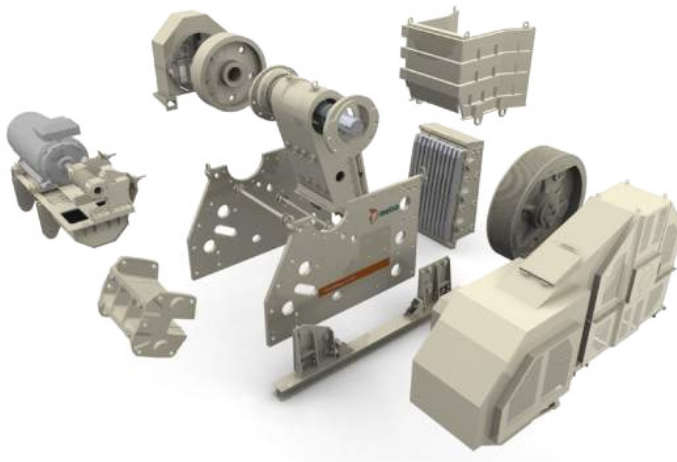


**Kuva 5** Leukamurskainmallit ovat erikokoisia.

Metso Mineralsin C-sarjan leukamurskaimet perustuvat modulaariseen runkorakenteeseen (kuva 6), jossa ei ole lainkaan hitsisaumoja. Leukamurskaimen runko koostuu valuteräksestä valmistetuista etu- ja takapäädystä sekä niihin tapeilla ja pulteilla kiinnitettävistä kuumavalssatuista teräksisistä sivulevyistä. Modulaarisella runkorakenteella saavutetaan murskaimelle korkea iskunkestävyys, koska rakenteessa ei ole hitsisaumojen kaltaisia rasituslinjoja. Modulaarisuuden ansiosta murskain on myös helppo purkaa osiin, kuljettaa ja koota taas käyttökohteessa. Näin murskain on kätevää kuljettaa esimerkiksi kaivokseen, johon suuren murskaimen kuljettaminen muuten olisi mahdotonta (kuva 7). /2/



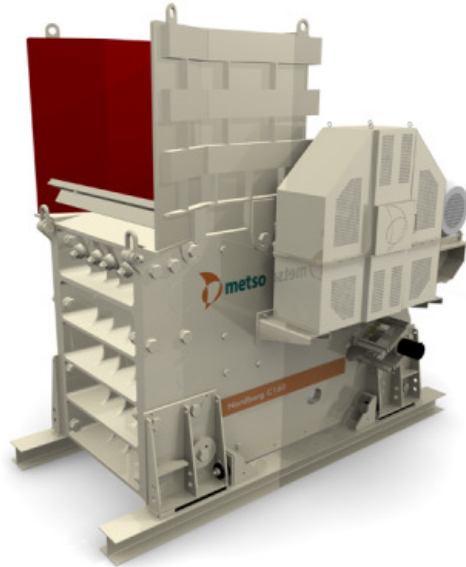
**Kuva 6** Leukamurskaimen rungossa ei ole hitsisaumoja.



**Kuva 7** Leukamurskain on helppo kuljettaa osina ja kasata kohteessa.

Leukamurskain C160 on Metso Mineralsin toiseksi suurin leukamurskainmalli. Pelkän murskaimen massa on 71 330 kg ja täysin varusteltuna 83 300 kg (kuva 8). Varusteluun kuuluu itse murskaimen lisäksi hydraulinen asetuksensäätö, vauhtipyörän suojat, kiinteä moottoripeti, syöttökouru, automaattinen voitelujärjestelmä sekä tyypillisesti sähkömoottori. C160-leukamurskaimen syöttöaukon leveys on 1600 mm ja syvyys 1200 mm. Sen tuotto on 430-1145 murskattua tonnia tunnissa, riippuen säädetyistä asetuksesta,

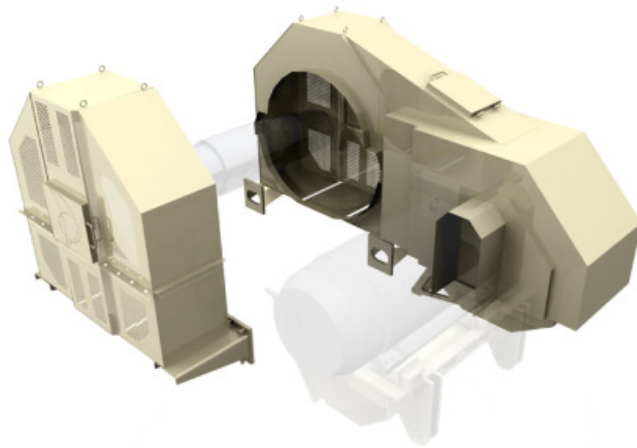
halutusta tuotekoosta ja syöttönopeudesta. C160-leukamurskain on suurin mahdollinen murskain Lockotrack-vaunusovellukseen. /2/



**Kuva 8** Leukamurskain C160 täysin varusteltuna

## ***2.1. Leukamurskaimen hihna- ja vauhtipyöränsuojat***

Leukamurskaimen hihna- ja vauhtipyöränsuojien tarkoitus on suojata murskaimen käyttäjää vaaratekijöiltä sekä vauhtipyöriä, hihnoja, hihnapyörää ja kytkintä kiviltä, pölyltä ja kolhiintumiselta. Suojat on kiinnitetty leukamurskaimen runkoon kiinteästi kannattimien avulla. Hihna- ja vauhtipyöränsuojat on valmistettu tyypillisesti teräslevystä taivutetuista osista, jotka on kiinnitetty toisiinsa hitsaamalla tai pulttiliitoksilla. Suojissa on luukkuja ja irrotettavia osia, jotta voidaan tarkastaa hihnojen kireys ja vaihtaa hihnat ilman, että suoja irrotetaan. Kuvassa 9 on C160-leukamurskaimen hihna- ja vauhtipyöränsuojat.



**Kuva 9** C160-leukamurskaimen nykyiset hihna- ja vauhtipyöränsuojat

## **2.2 Standardit ja työturvallisuuslaki**

Tilastojen mukaan noin neljäsosa työtapaturmista on koneiden aiheuttamia. Lainsäädäntöä, turvallisempia työmenetelmiä ja turvallista tekniikkaa kehittämällä on pyritty vähentämään tapaturmia. Parhaiten koneiden turvallisuuteen voidaan vaikuttaa niiden suunnitteluvaiheessa pyrkimällä poistamaan tuotteen vaarat luontaisesti turvallisen rakenteen suunnittelun avulla. Vasta toissijaisena keinona on suojaustekniikka, kuten esimerkiksi turvalaitteiden ja suojusten käyttö. Viimeisenä keinona jäännösriskien vähentämiseksi käytetään varoituksia ja ohjeita. Koska leukamurskaimen rakenteelle ei ole mahdollista tehdä muutoksia, eikä vaaratekijöitä voida poistaa, tulee kyseeseen ainoastaan kiinteät suojukset. Kiinteät suojukset soveltuvat myös sikäli hyvin, koska pääsyä suojien sisään ei tarvita käytön aikana. /4/

Tuotteiden suunnittelua koskevista turvallisuusvaatimuksista säädetään nykyisin lähes poikkeuksetta EU:n direktiiveissä ja ne toimeenpaneuvissa kansallisissa säädöksissä. EU:n konedirektiivin 98/37/EY ja kansallisen konepätöksen VNp 1314/1994 lähtökohdalla on, että valmistajan on tunnistettava tuotteeseen liittyvät vaarat ja arvioitava turvallisuusriskit. Turvallisuustoimenpiteistä päätetään riskin arvioinnin perusteella. /4/

Lisäksi suojusten suunnittelua käsittelee mm. seuraavat SFS-EN standardit:

SFS-EN 1088 KONETURVALLISUUS. SUOJUSTEN KYTKENTÄ KONEEN TOIMINTAAN. SUUNNITTELU JA VALINTA.

SFS-EN 953 KONETURVALLISUUS. SUOJUKSET, KIINTEIDEN JA AVATTAVIEN SUOJUSTEN SUUNNITTELUN JA RAKENTEEN YLEISET PERIAATTEET

SFS-EN 294 KONETURVALLISUUS. TURVAETÄISYYDET, JOILLA ESTETÄÄN YLÄRAAJOJEN ULOTTUMINEN VAARAVYÖHYKKEELLE

SFS-EN 811 KONETURVALLISUUS. TURVAETÄISYYDET, JOILLA ESTETÄÄN ALARAAJOJEN ULOTTUMINEN VAARAVYÖHYKKEELLE

Standardit sisältävät yksityiskohtaisia ohjeita ja määräyksiä turvallisten suojusten suunnittelemiseksi, kuten taulukoita turvaetäisyyksistä ulotuttaessa kädellä tai sormella aukkojen läpi.

Työturvallisuuslaki, L738/2002, velvoittaa työnantajan huolehtimaan työntekijöiden turvallisuudesta ja terveydestä työssä. Tähän kuuluu muun muassa turvallisista työoloista ja työergonomiasta huolehtiminen. Mikäli työntekijä kokee työn terveyttään vaarantavaksi, hän voi ilman seuraamuksia kieltäytyä tekemästä kyseistä työtä, kunnes vaaratekijät on poistettu. /16/ Tämä tulisi huomioida leukamurskaimen hihna- ja vauhtipyöränsuojia asennettaessa siten, että asennustyö tehtäisiin mahdollisimman turvallisesti. Nykyisten C160-suojien asennuksen ongelmana on se, että asentajat joutuvat useissa työvaiheissa kiipeämään murskaimen päälle ja työskentelemään siellä. Nämä työolosuhteet voitaisiin tulkita vaarallisiksi ja työergonomialtaan puutteellisiksi. Tämä pitäisi huomioida uusia suojia suunniteltaessa, jotta myös asennuksen työergonomiia saataisiin parannettua. Mikäli nykyisiä vaaralliseksi luokiteltavia työvaiheita ei saada poistettua, tulisi suojien asennusohjeissa ohjeistaa tapa turvallisen asentamisen suorittamiseen.

### 3 TUOTEKEHITYSPROJEKTIN ALOITUS

Suojien tuotekehitysprojekti aloitettiin pitämällä projektin aloituspalaveri. Palaverissa käytiin läpi projektin lähtökohdat, tavoitteet, aikataulu sekä rajoitteet. Aloituspalaverin jälkeen projekti sai puitteet, joiden perusteella voitiin tehdä projektisuunnitelma ja käynnistää suojien tuotekehitysprojekti. Projektisuunnitelma koostettiin projektin määrittelyn, osituksen, aikatalun ja riskien analysoinnin perusteella. Suunnitelmaan sisältyy myös projektiryhmän organisaatio ja raportointisuunnitelma. Aloituspalaverin muistio on esitelty liitteessä 1 ja projektin määrittely liitteessä 2. /5; 6; 7/

#### **3.1 Projektin lähtökohdat**

Projektin lähtökohtana oli C160-leukamurskaimen tehtävä vuosimallimuutos. Vuosimallimuutos tehdään silloin, kun murskainta halutaan muuttaa perusteellisemmin ja se päivitetään kerralla uudelle tasolle. Vuosimallimuutos C160 YMC2008:n yhteydessä murskaimen haluttiin uudet hihna- ja vauhtipyöränsuojat.

Kaikissa Metso Mineralsin valmistamissa leukamurskainmalleissa on erilaiset hihna- ja vauhtipyöränsuojat. Tämä johtuu toisaalta siitä, että kaikki murskaimet ovat erikokoisia ja osittain myös erimallisia ja toisaalta myös siitä, ettei yhtään kokonaisvaltaisesti miellyttävää ratkaisua suojiksi olla keksitty. Leukamurskaimen hihna- ja vauhtipyöränsuojat ovat erittäin haastava kehityskohde johtuen kovasta tärinästä ja iskumaisista rasituksista, joille suojat altistuvat.

Projektin tavoitteet

Projektin tavoitteena oli suunnitella C160-leukamurskaimen uudet hihna- ja vauhtipyöränsuojat, jotka olisivat nykyisiä suojia kestävämmät sekä turvallisemmat ja yksinkertaisemmat asentaa. Nykyiset C160-leukamurskaimessa olevat suojat ovat

erittäin massiiviset, ja ne koostuvat useista alikokoonpanoista ja sitäkin useammista osista ja pulteista.

#### Projektin aikataulu

Vuosimallimuutoksen mukaisesti valmistetun ensimmäisen C160-leukamurskaimen kokoamisajankohdaksi päätettiin huhtikuu 2008. Näin ollen uusien hihna- ja vauhtipyöränsuojien tulee olla Metso Mineralsilla asennettavana maaliskuun lopussa. Suojien valmistusta varten tulee varata vähintään kahdeksan viikkoa. Aikatauluun tulee lisätä myös varaa, mikäli ilmenee ongelmia tai tulee viivästyksiä projektin jossain vaiheessa. Lisäksi kuljetukseen on varattava oma aikansa. Jotta aikataulu olisi realistinen, on valmistuspiirustukset toimitettava valmistajalle tammikuun loppuun mennessä.

#### Projektin rajoitteet

Aloituspalaverissa projektin rajoitteiksi päätettiin, että suojien perusvalmistustavat, materiaali ja valmistaja pidetään entisellään. Projektin aikataulun ollessa suhteellisen tiukka olisi projekti kasvanut liian laajaksi, jos olisi haluttu suunnitella täysin eri materiaaleista tai eri valmistusmenetelmillä valmistetut suojat.

#### Projektin riskien ja ongelmien kartoitus

Leukamurskaimen hihna- ja vauhtipyöränsuojien tuotekehitysprojektiin liittyvät riskit ovat lähinnä teknisiä. Tekninen merkittävin riski tässä tapauksessa on, että ei pystytäkään valmistamaan sellaista toimivaa tuotetta, joka oli tavoitteena. Syynä voi olla mm. materiaali-, konstruktio-, tuotanto-, tai valmistusteknisiä esteitä, joita ei pystytäkään ratkaisemaan. Pahimmassa tapauksessa uusista suojusta voisi tulla jopa edeltäjiään huonommat, joka toisi huonoa mainetta yritykselle. Teknisiä riskejä voidaan pienentää ja ehkäistä tehokkaasti jatkuvalla yhteydenpidolla ja neuvottelulla suojien valmistajan,

murskaimen asentajien, muiden suunnittelijoiden, huoltoinsinöörien ja lujuuslaskijoiden kanssa. /5/

Uusia suojia suunnitellessa on huomioitava myös normatiiviset riskit, eli lainsäädäntö ja viranomaismääräykset, jotka yrityksen on täytettävä. Yksi keskeisimpiä normatiivisia riskejä suojien tuotekehityksen kannalta on tuotevastuulaki. Tuotevastuu tarkoittaa tuotteen valmistajan vastuuta sellaisista vahingoista, joita virheellisen tuotteen käyttö tai hallussapito aiheuttaa ostajalle tai tuotteen jollekin muulle käyttäjälle. Näin ollen teknisen riskin toteutuminen johtaa normatiiviseen riskiin. Tästä johtuen teknisten riskien pienentäminen minimiin on erittäin tärkeää myös normatiivisten riskien toteutumisen välttämiseksi. Normatiivisia riskejä voidaan välttää suunnittelemalla uudet suojat tarkasti suojien turvallisuusstandardien mukaan ja neuvottelemalla yrityksen turvallisuuspäällikön kanssa uusista suojaratkaisuista. /5/

### Vaiheluettelo

Vaiheluetteloon on suunniteltu työvaiheet siitä hetkestä alkaen, kun projekti aloitetaan aina siihen saakka, kun uudet suojat on asennettu murskaimeen kiinni. Näin ollen vaiheluettelo pyrkii kattamaan koko projektin tarkasti ja toimimaan pohjana aikataulusuunnitelmalle, sekä eräänlaisena muistilistana projektipäällikölle. Vaiheluettelossa (taulukko 1) työvaiheet on kerätty suurempien vaihekokonaisuuksien alle ja arvioitu kaikkien vaiheiden kestot. Vaiheluettelon vaiheet suunniteltiin järjestelmällisesti ja tarkasti, jotta mitään oleellista ei jäisi listasta puuttumaan. Mikäli jokin vaihe jäisi pois vaiheluettelosta, olisi vaarana unohtaa kyseisen vaiheen huomiointi kokonaan, koska jälkikäteen projektia seurataan vaiheluettelon ja aikataulusuunnitelman perusteella. /5; 6; 7/

**Taulukko 1** Tuotekehitysprojektin vaiheluettelo ja vaiheiden arvioidut kestot

C160 Leukamurskaimen hihna- ja vauhtipyöränsuojien tuotekehitysprojektin vaiheluettelo		
AIKATAULU	VAIHE	VAIHEEN ARV. KESTO (h)
	<b>Lahtokohtien selvitys</b>	
2.10.2007	Aloituspalaveri	2
LOKAKUU	Suojien tarkoituksen määrittely ja tärkeimpien ominaisuuksien kartoitus	5
	Projektsuunnitelman teko	8
	Tärkeimpien ominaisuuksien vertailu ja arvojärjestykseen asettaminen	5
	Rajoitteiden kartoittaminen	5
	Lakisääteisten rajoitusten selvittäminen, suojiin liittyvät standardit	8
	Lakisääteisten rajoitusten selvittäminen, työsuojelulaki suojien asennuksessa	8
	<b>Taustatiedon kerääminen, tuotekehitystarpeen selvittäminen</b>	
	Kaikkien leukamurskainmallien suojiin, sekä niiden suunnittelu- ja kehityshistoriaan tutustuminen	15
	C160 murskaimen ja suojien asentamisen valokuvaaminen	3
	Takuuvaatimushistoriaan tutustuminen	1
	Suojien elinkaarianalyysin selvittäminen	2
	Palautteen kerääminen asiakkailta	2
	Palautteen ja parannusehdotusten kerääminen murskainten asentajilta	2
	Palautteen ja parannusehdotusten kerääminen suunnittelijoilta	2
	Palautteen ja parannusehdotusten kerääminen murskainten huoltohenkilöstöltä	2
	Palautteen yhteenveto, hyvät ja huonot puolet	4
	Suojien valmistuksen valmistuskustannusten selvittäminen	2
	C160-murskainten tulevan volyymin selvittäminen	2
	C160-murskaimiin menevien suojien lukumäärän kartoitus	2
	Kilpailijoiden suojamalleihin tutustuminen	4
	<b>Valmistajan kanssa neuvottelu</b>	
	Yhteydenotto valmistajaan, tilanteen selvitys, vierailusta sopiminen	1
	Vierailu valmistajan luo, neuvottelu valmistajan kanssa suojien valmistukseen liittyen	8
	Neuvottelun tulosten yhteenveto	1
	<b>Uusien suojien suunnittelun rajaaminen</b>	
	Rajaavien tekijöiden yhdistäminen	4
	MARRASKUU	<b>Uusien suojien ideointi</b>
Alustavien konseptien kehitys		80
Esille tulleiden mallien ja ideoiden yhteenveto ja vertailu		6
Konseptien esittely projektiryhmälle		1
Konseptien hylkäämisestä/ jatkokehityksestä/ uusien konseptien suunnittelusta päättäminen		1
Uusien konseptien kehitys		80
<b>Mallivaihtoehtojen vertailu</b>		
Konseptien vertailu		6
Konseptien esittely teolliselle muotoilijalle, sekä parannusehdotusten kerääminen		1
Konseptien esittely valmistajalle		1
Konseptin esittely murskaimen asentajille		1
Konseptin esittely lujuuslaskijoille		1
Tarvittavien muutosten tekeminen suunnitelmiin		10
<b>Uuden suojakonseptin päättäminen</b>		
Konseptien esittely projektiryhmälle		2
Uuden suojakonseptin päättäminen vertailun, sekä saadun palautteen perusteella		2
Konseptin esittely ja hyväksyttäminen turvallisuuspäälliköllä		2
JOULU-TAMMIKUU	<b>Uusien suojien mallintaminen ja piirustusten teko</b>	
	Päätetyn suojakonseptin osien mallintaminen	120
	Osien piirustusten teko	40
	Suojien kokoonpanojen mallintaminen	40
	Kokoonpanopiirustusten teko	40
	Kuljetuspiirustusten teko	4
	Asennuspiirustusten teko	6
	Nimikkeiden tallentaminen tietojärjestelmään	2
	Valmistussertifikaattien liittäminen nimikkeille	1
Valmistuskuvien lähettäminen valmistajalle	1	
HELMI- MAALISKUU	<b>Uusien suojien valmistus</b>	
	Uusien suojien valmistus	300
	Valmistusaikataulun seuranta	300
	<b>Suojien kuljetus kokoonpantavaksi</b>	
Suojien kuljetus valmistajalta Metsolle kokoonpanoa varten	10	
HUHTI- KUU	<b>Uusien suojien kokoonpano</b>	
	Uusien suojien asennus murskaimeen	5
	Asennuksen seuranta, palautteen kerääminen	5
17.4.2008	<b>Projektin päättäminen</b>	

### **3.2 Tuotekehitystarpeen kartoitus**

Suojien kehitystarvetta kartoitettiin vertailemalla eri leukamurskainmallien suojia toisiinsa, haastatteleamalla asentajia, suunnittelijoita sekä huoltohenkilöstöä ja tutustumalla reklamaatiohistoriaan.

#### Leukamurskainten suojien vertailu

Eri leukamurskainmallien suojien vertailu osoitti, että C160:n suojat ovat huomattavasti monimutkaisempi kokonaisuus kuin missään muussa mallissa. Malleissa on eroja suojien muodon ja teknisten ratkaisujen välillä. Joissain malleissa suojat ovat hyvin pelkistetyt ja laatikkomalliset, mikä on valmistuksen kannalta hyvä ratkaisu, mutta muotoilu ja ulkonäköseikkoja ei ole kyseisen tyyppisissä suojissa huomioitu lainkaan. Joidenkin murskainmallien suojissa on panostettu paljon nimenomaan muotoiluun ja näyttävyyteen, mutta näiden mallien kanssa on taas kohdattu jatkuvasti vakavia kestämyysongelmia.

Pulttien määrä on C160:n suojissa suuri verrattuna muihin. Pultit löystyvät ja irtoilevat käytössä ja kokemus on osoittanut, että vaikka asiakasta kehoitettaisiin tarkkailemaan ja kiristämään pultteja välillä, jää se kuitenkin helposti tekemättä. Näin ollen pulttiliitosten määrää tulisi pienentää, koska tällöin asiakas saattaisi helpommin tarkastaa ja kiristää pultteja, jos tarkkailua vaativia kohtia olisi vain muutamia.

#### Reklamaatiohistoria

Reklamaatiohistoriaan tutustuminen osoitti, että C160-murskaimen hihna- ja vauhtipyöränsuojista ei ole tehty yhtään reklamaatiota. Asiakkailta on kuitenkin tullut viestejä rikkoutuneista suojista ja monissa kohteissa, joissa on vierailtu, suojat ovat olleet joltain osin hajalla tai vähintään pultteja on irronnut. Leukamurskaimen hihna- ja

vauhtipyöränsuojien takuu-aika on 2000 tuntia käytössä. Se, että reklamaatioita ei ole, on merkki joko siitä, että suojat ovat kestäneet kuitenkin takuu-aikansa kunnossa tai sitten asiakkaat eivät osaa tai eivät viitsi uusia suojia vaatia.

Palautteen kerääminen nykyisistä suojista ja eri suojamalleista

Palautteen kerääminen suoraan asiakkailta on aiemman kokemuksen perusteella osoittautunut hankalaksi. Asiakkaat tuskin olisivat vastanneet sähköpostiviesteihin ja puhelimitse asian selvittäminen olisi ollut erittäin hankalaa. Tästä johtuen palautteen keräämiseen käytettiin Metso Mineralsin huolto-/kehityshenkilöstöä, jotka asioivat paljon asiakkaiden luona asentamassa ja korjaamassa murskaimia. Näillä haastatteluilla saavutettiin kattavasti asiakkaiden keskuudesta tuleva palaute kiteytettynä. Lisäksi palautetta kerättiin leukamurskainsuunnittelijoilta ja murskainten asentajilta.

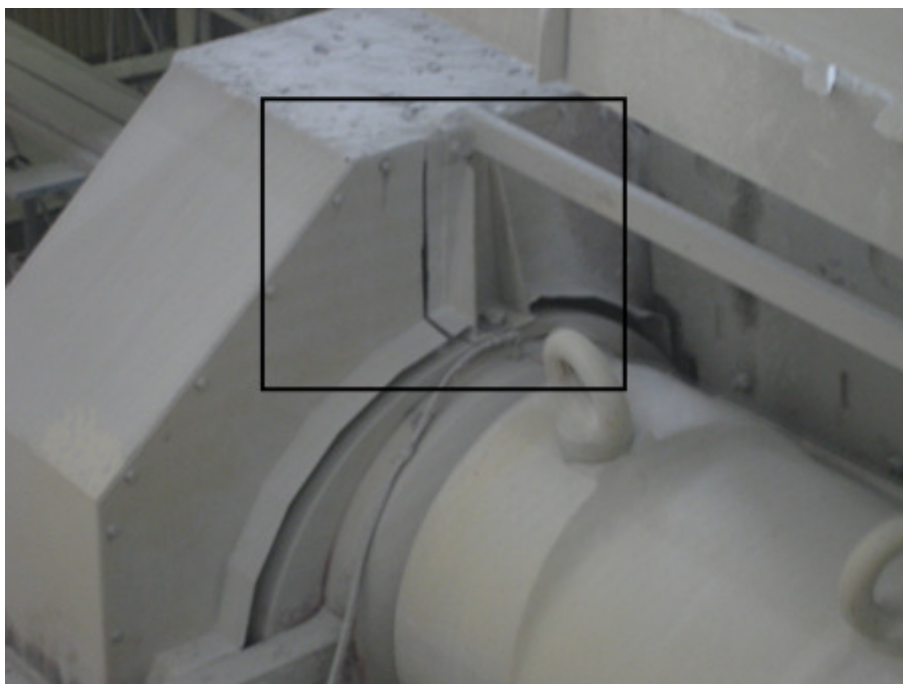
Kaikissa haastatteluissa toistui muutama pääasia; suojien tulisi olla yksinkertaisemmat, helpommat asentaa ja kestävät. Liitteessä 4 on palautteen perusteella tehty QFD-matriisi, jossa on kuvattu asiakkaan tarpeen ja teknisen toteutuksen välinen suhde. /9; 10; 11; 12; 13)

Nykyisissä suojissa havaittuja ongelmia

Nykyisissä C160 hihna- ja vauhtipyöränsuojissa on ollut ongelmia mm. pulttien irtoamisen ja hitsiliitosten ympäristöjen halkeamisen kanssa. Kuvissa 10 ja 11 näkyy suojien takalevyn halkeaminen molemmilta puolilta samasta kohdasta. Syynä kyseisille halkeamille lienee hitsisauma, jolla ylhäällä oleva kannatin on liitetty suojien takalevyyn kiinni. Hitsisauma on ilmeisesti karkaissut takalevyn ja halkeama on muodostunut karkaistuneen ja ei-karkaistuneen kohdan välille.



**Kuva 10** Vauhtipyöränsuojan takalevy haljennut molemmilta puolilta



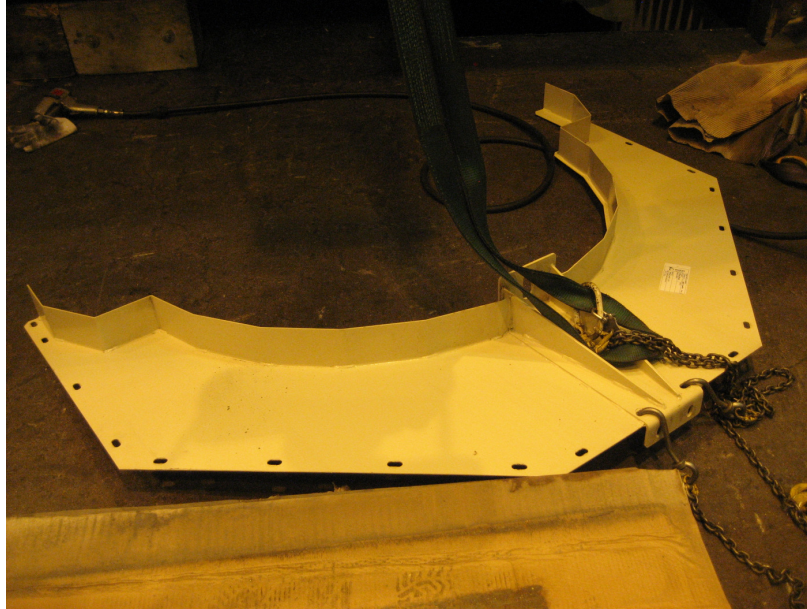
**Kuva 11** Vauhtipyöränsuojan takalevy haljennut molemmilta puolilta

### **3.3 Nykyisten suojien asennettavuus**

Nykyisten C160-kihna- ja vauhtipyöränsuojien asennettavuudesta saatu palaute on pääosin negatiivista. Suojien paikoilleen asentaminen on palautteen perusteella hankalaa ja sisältää vaikeita ja vaarallisia työvaiheita. Lisäksi suojien osien ja varsinkin pulttien ja mutterien suuri määrä tekevät asennustyöstä turhan hankalaa. /9; 10; 11; 12; 13/

Suojien sopivuus paikoilleen tarkistetaan Metso Mineralsilla ennen murskaimen lähettämistä asiakkaalle siten, että suojat asennetaan paikoilleen ja puretaan pois. Asennettavuuden tarkastus hyvissä olosuhteissa sisähallissa vie kahdelta ammattitaitoiselta asentajalta noin 3,5 tuntia aikaa. Tällöin ei kuitenkaan tarvitse pulttejakaan kiinnittää kuin juuri suojien paikallapysymiseen tarvittava määrä, jotta voidaan silmämääräisesti todeta suojien sopivuus murskaimeen. Suojien asennus murskaimeen kenttäolosuhteissa saattaa helpostikin viedä kokonaisen työpäivän kahdelta henkilöltä. /9; 10; 11; 12; 13/

Nykyisten suojien asennettavuutta haittaa huomattavasti muun muassa se, että vauhtipyöränsuojissa molemmilla puolilla oleva takalevy (kuva 12) tarvitsee erikseen asentaa paikoilleen sen jälkeen, kun itse vauhtipyörän suoja on kiinnitetty paikoilleen. Takalevyn asennus tapahtuu käytännössä siten, että toinen asentajista kiipeää murskaimen päälle ja pulttaa toisen asentajan nosturilla nostaman levyn paikoilleen (kuva 13). Murskaimen päällä työskentely on hyvin kyseenalaista työturvallisuuslaki huomioiden. Varsinkin kenttäolosuhteissa, jossa murskain voi olla likainen ja liukas, saattaa murskaimen päällä työskentely olla hengenvaarallista. Myös suojien välitangot asennetaan paikoilleen siten, että toinen asentajista ottaa toisen maasta ojentamaa välitankoa vastaan murskaimen päällä ja nostaa sekä pulttaa sen paikoilleen (kuva 14).



**Kuva 12** Vauhtipyöränsuojan takalevy



**Kuva 13** Asentajat murskaimen päällä kiinnittämässä suoja

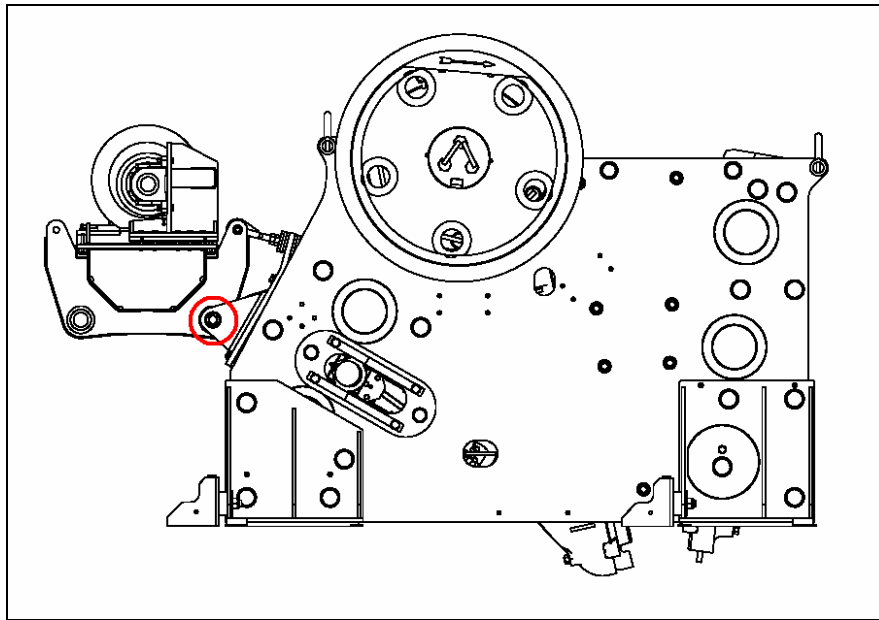


**Kuva 14** Asentaja murskaimen päällä kiinnittämässä välitankoja

## 4 UUSIEN HIHNA- JA VAUHTIPYÖRÄNSUOJIEEN SUUNNITTELU

Suunnittelun lähtökohdat olivat haastavat, koska suunnittelussa oli huomioitava monia tekijöitä. Mikäli hihna- ja vauhtipyöränsuojat suunniteltaisiin siten, että ne kiinnitettäisiin murskaimen runkoon todella lujasti kiinni suurella määrällä kannattimia, tukia ja pultteja, saattaisi rakenteesta tulla kestävä ja vakaa, mutta tällöin mm. asennettavuus kärsisi. Mikäli taas suojista halutaan tehdä erittäin helposti asennettavat paikoilleen ja pois paikoiltaan, saattaa niiden kestävyys heikentyä asennettavuuden kustannuksella. Lisäksi on huomioitava, että hihnojen vaihto tulee onnistua myös siten, että suojat ovat paikoillaan, joten tällöin tarvitsee olla luukkuja ja irtoavia osia, joka myös vaikuttaa suojien rakenteeseen ja kestävyys. Yksi merkittävä haitallinen lähtökohta on myös se, että asiakasta ei haluta velvoittaa minkäänlaiseen suojien huoltoon, kuten pulttien kireyden tarkastamiseen. Lisäksi suojien tulisi olla rakenteeltaan mahdollisimman yksinkertaiset, joten ne eivät saisi sisältää suurta määrää osia ja alikokoonpanoja.

Suuren haasteen suojiin rakenteelle asettaa leukamurskaimen moottoripedin rakenne ja liike sekä moottori- ja hihnapyörän erilaiset kokovaihtoehdot. Hihnojen kiristys tapahtuu moottoripetiä kallistamalla, joten se liikkuu akselinsa ympäri noin kymmenen asteen kulmassa (kuva 15). Moottorin akselin korkeus ja hihnapyörän koko voivat myös vaihdella valittujen optioiden mukaan.



**Kuva 15** Moottoripeti kääntyy akselinsa ympäri.

Edellämainitut lähtökohdat huomioonottaen on leukamurskaimen hihna- ja vauhtipyöränsuojien suunnittelu koneturvallisuusstandardien vaatimusten mukaisesti erittäin vaativa kokonaisuus, koska samojen suojiin tulisi soveltua murskaimen kaikille mahdollisille optioille yhtä hyvin.

## 4.1 *Konseptit*

Lähtökohtaisena tarkoituksena oli kehittää mahdollisimman monia - vähintään kolme - erilaista konseptia, joissa erilaisia ominaisuuksia yhdisteltäisiin eri tavoilla. Konsepteja voitaisiin asettaa paremmuusjärjestykseen vertailun perusteella. Kehittämällä erilaisia konsepteja saadaan mahdollisimman erilaisia vaihtoehtoja, eikä tyydytä vain ensimmäiseen keksittyyn ratkaisuun. /5/

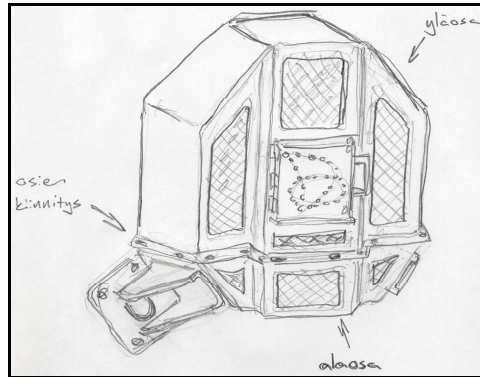
Konseptien suunnittelu

Konseptien kehittelyyn käytettiin esimerkkinä jo olemassa olevia eri murskainmallien suojamalleja ja niiden toimivuutta ja niihin pyrittiin myös tuomaan mahdollisia uusia piirteitä.

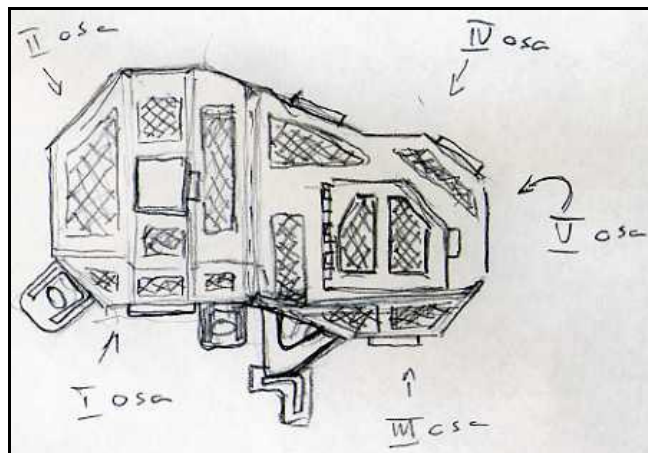
### 4.1.1 **Konsepti A**

Konseptissa A suojien rakenne on ulkonäöllisesti lähellä nykyistä mallia, mutta suojat on koottu erilaisista kokonaisuuksista. Tarkoituksena on, että suojat koostuvat helpommin asennettavista selkeistä kokonaisuuksista, jotka ovat nykyistä helpommat asentaa. Lisäksi voitaisiin tehdä parannuksia vanhoihin suojiin kuten tehdä suojista yksinkertaisemmat, vaihtaa pulttien kokoa suuremmaksi, vähentää pulttien määrää ja tehdä suojista ”mutterimalliset” (kuva 16), jolloin pölyä ei kertyisi suojien nurkkiin. Suojien etuna olisi se, että koska ne olisivat lähellä nykyistä mallia, olisi suunnittelutyö helppoa ja parannuksiin voitaisiin keskittyä yksityiskohtaisesti, koska koko suoja ei tarvitsisi suunnitella uudestaan. Lisäksi suojien valmistettavuuteen ei tällöin tulisi uusia ongelmakohtia. Konseptiin on pyritty kehittämään myös asennettavuutta siten, että käytön puolella vauhtipyöränsuojan ja hihnasuojan kiinnityksessä toisiinsa käytettäisiin esimerkiksi kiskoa (kuva 17, 18, 19), jonka avulla hihnasuoja olisi helppoa nostaa pois

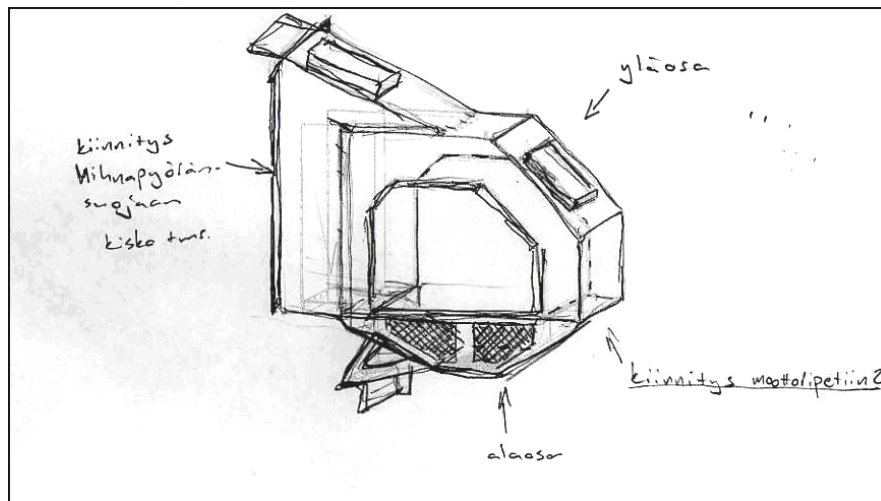
paikoiltaan hihnojen vaihdon ajaksi ja vaihdon jälkeen taas laskea paikoilleen. Kiskon ongelmana tosin on mahdollinen likaantuminen sekä tärinästä aiheutuva räminä suojien välillä. Lisäksi mikäli suojat saisivat kolhuja liitoksen kohdalle, saattaisi kiskon sovittaminen paikoilleen olla hankalaa.



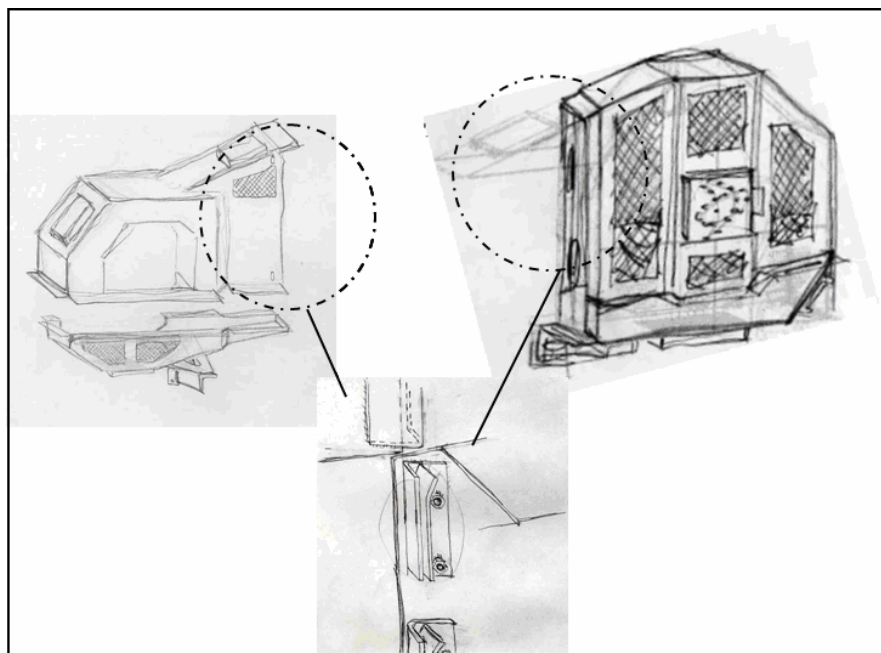
**Kuva 16** Konsepti A, vauhtipyöränsuoja



**Kuva 17** Konsepti A, hihna- ja vauhtipyöränsuoja, sekä hihnapyöränsuoja



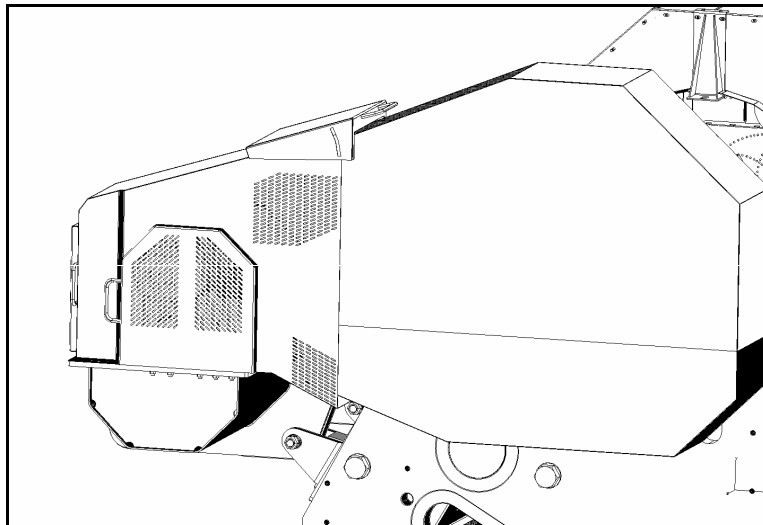
**Kuva 18** Konsepti A, hihnapyöränsuoja



**Kuva 19** Konsepti A, vaihtoehto hihnapyöränsuojan kiinnittämiseksi vauhtipyöränsuojaan

### 4.1.2 Konsepti B

Konsepti B on suunniteltu siten, että siinä on erikseen kiinteä suoja vauhtipyörän ympärillä, joka suojaa myös hihnoja osalta matkaa, sekä moottoripetiin kiinteästi asennettava suoja, joka suojaa hihnapyörää sekä hihnoja. Konseptin etuna on sen tukevuus, koska se on kiinteästi asennettu moottoripetiin. Ongelmana B-konseptissa tulee vauhtipyöränsuojan ja moottoripetiin asennettavan suojan liitoskohdan suunnittelu moottoripedin liikkeen takia. Kuvassa 20 konsepti B on suunniteltu siten, että moottoripetiin asennettuna suoja menee vauhtipyöränsuojan ympärille ja suojien liitoskohdassa on luukku, joka tilkitsee raon suojien välissä kaikissa mahdollisissa asennoissa.

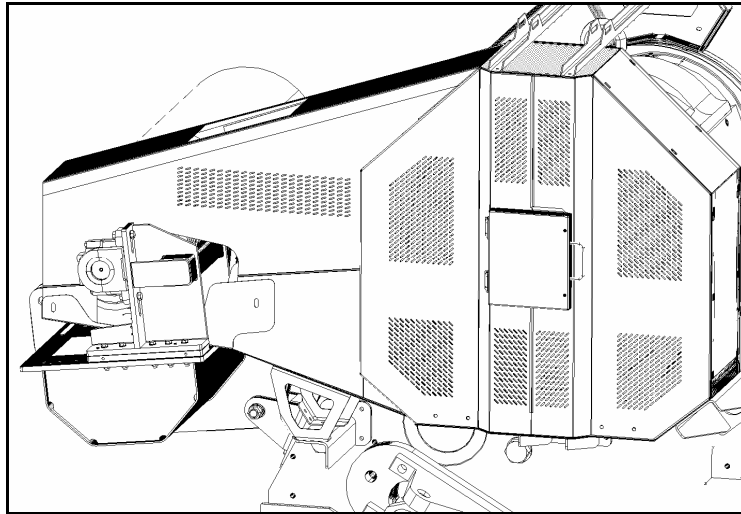


**Kuva 20** Suojien eri osien liitoskohtaa tiivistää säätyvä luukku

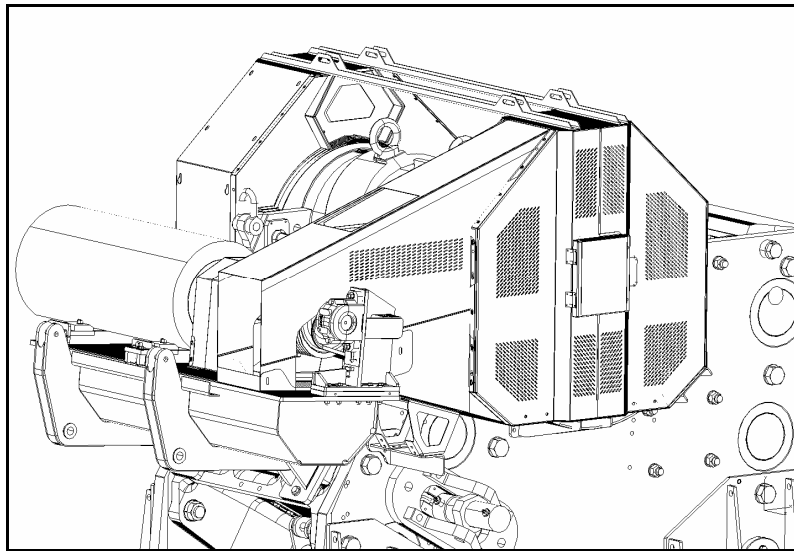
### 4.1.3 Konsepti C

Konseptin C suurin etu on rakenteen ylivoimaisesti pienin koko ja selkeys. Suojat on suunniteltu siten, että hihnasuojan yläosa lasketaan alaosan päälle ja se asettuu tukilaakeroinnin väliin. Tällöin sen sisällä on ainoastaan hihnapyörä ja hihnat ja rakenteesta saadaan tällöin mahdollisimman kapea. Suurimpana ongelmana kyseisellä

suojakonseptilla on moottoripedin nurkan ja hihnojen ahdas väli silloin, kun moottoripeti on kallistettu ääriasentoona taaksepäin (kuva 22). Tällöin pienikin epätarkkuus suojien valmistuksessa tai asennuksessa saattaisi aiheuttaa suojien ja hihnojen kosketuksen. Moottoripedin ollessa etuasennossa (kuva 23) tilaa suojien ja hihnojen väliin jää enemmän.



**Kuva 22** Konsepti C, moottoripeti taka-asennossa



**Kuva 23** Konsepti C, moottoripeti etuasennossa

#### **4.1.4 Konseptien jatkokehityksestä ja hylkäämisestä päättäminen**

Konseptien alustavan kehittelyn jälkeen pidettiin projektiryhmän kesken palaveri, jossa oli tarkoituksena päättää konseptien jatkokehityksestä tai hylkäämisestä. Palaverissa konsepti A hylättiin, konsepti B jätettiin mahdolliseksi vaihtoehdoksi, mutta kehityksen painoarvo päätettiin siirtää konseptiin C.

#### **4.2 Konseptien jatkokehitys**

Konseptin C jatkokehitys aloitettiin palaverin jälkeen. Konseptin ideana on, että suojat voitaisiin laskea paikoilleen pohjaosan päälle yhtenä kokonaisuutena ja ne olisi tällöin myös erittäin helpot nostaa pois paikoiltaan kokonaisuutena. Hihnoiden vaihto olisi tällöin erittäin helppoa.

Suojamallin suunnittelu oli muilta osin suhteellisen yksinkertaista, mutta hihnapyörän ja moottorin tukilaakeroinnin alueen suojaaminen tiiviisti osoittautui erittäin hankalaksi suurista liikeradoista johtuen. Suojaan täytyi tehdä suuri aukko moottoripedin ympärille, jotta kaikki mahdolliset liikkeet ja moottorivaihtoehdot sopisivat suojiin. Aukon tilkitseminen edellyttäisi useampia irtonaisia pulteilla kiinnitettäviä levyjä, joita tarvitsisi irroitella ja kiinnitellä, joten systeemistä tulisi liian hankalakäyttöinen.

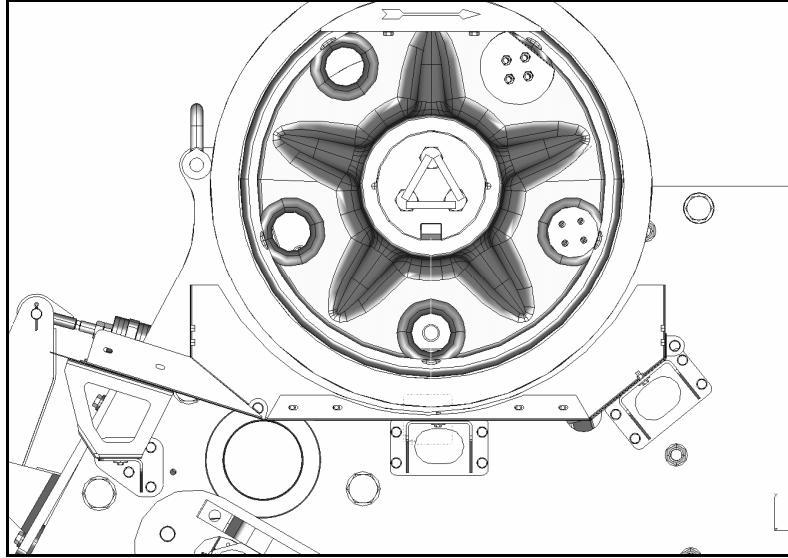
Koska konseptista C ei saatu toimivaa, miellyttävää ratkaisua aikaan kattavankaan suunnittelun jälkeen, päätettiin palata vaihtoehtoon B. Konsepti B:tä alettiin jatkokehittämään ja loppujen lopuksi päätettiin, että kokonaisuutena konsepti täyttää parhaiten kaikki halutut ominaisuudet, joten se valittiin tulevaksi suojakonseptiksi.

## 5 UUSIEN SUOJIEEN OMINAISUUDET

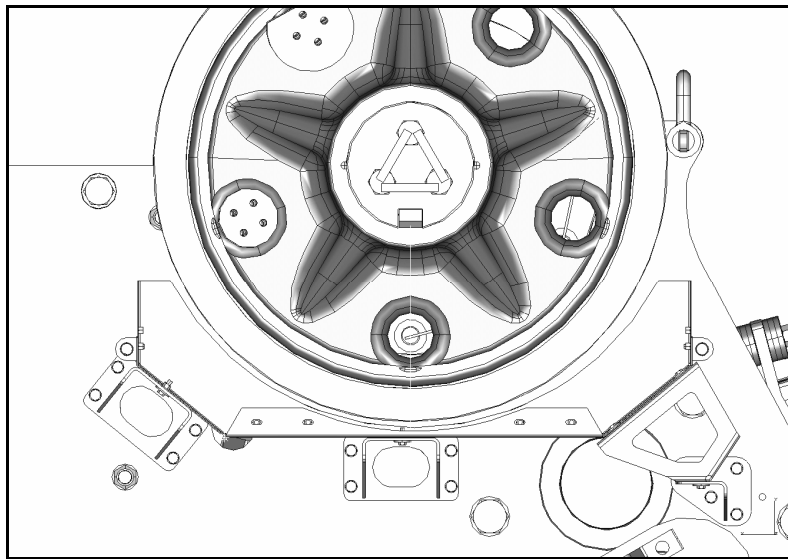
Ominaisuuksiltaan uudet suojat täyttävät tavoitteet helpommasta ja turvallisemmasta asennettavuudesta, koska osat on helppo nostaa paikoilleen ja kiinnittää toisiinsa. Lisäksi suojat ovat tukevammin kiinnitetty murskaimen runkoon kuin ennen, joten niiden tulisi olla myös aiempaa kestävämmät. Pulttien määrää on pienennetty niiden kokoa kasvattamalla, joten koneen käyttäjän on helpompi tarkkailla pulttien kireyttä ja kiristää niitä tarvittaessa.

### 5.1 Suojien rakenne

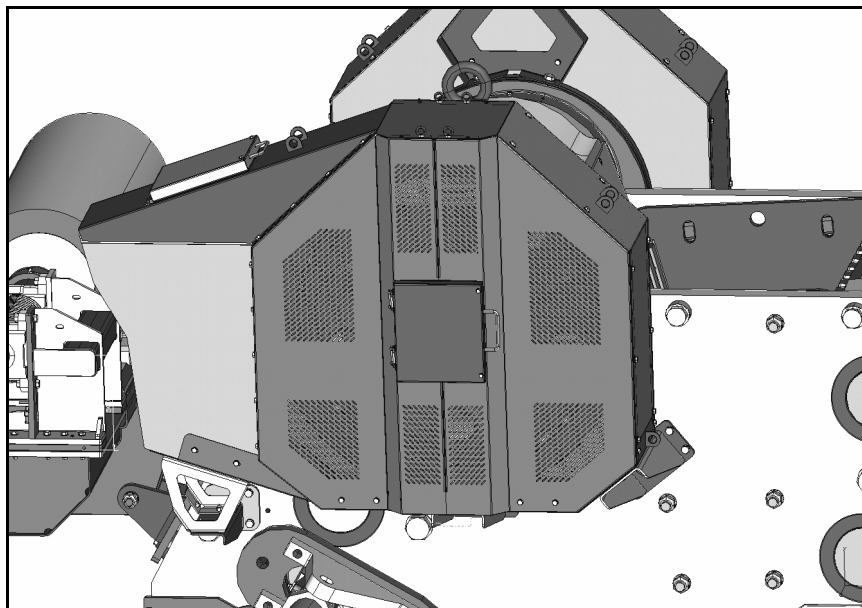
Suojien rakenteen suunnittelussa on pyritty huomioimaan palaute kaikilta osa-alueilta niin hyvin kuin mahdollista. Asennuksellisesti uudet suojat koostuvat käytön puolella alaosasta, joka asennetaan kannattimien päälle (kuva 24). Alaosan päälle asennetaan vauhtipyöränsuoja (kuva 26), sekä moottoripedin päälle hihnapyöränsuojasta (kuva 28). Lisäksi hihnapyöränsuojaan kiinnitetään kytkinsuoja (kuva 29). Toisella puolella on myös alaosa (kuva 25), jonka päälle lasketaan vauhtipyöränsuoja (kuva 27). Eri puolten suojat asennetaan ylhäältä toisiinsa kiinni tukevilla välitangoilla. Asennettavuudeltaan uudet suojat ovat paremmat kuin vanhat ja ennen kaikkea ne ovat turvallisemmin asennettavissa. Asennettaessa ei tarvitse enää kiivetä murskaimen päälle, koska suojien takalevy on jo vauhtipyöränsuojassa kiinni ja välitankoihin on tehty nostolenkit nosturia varten.



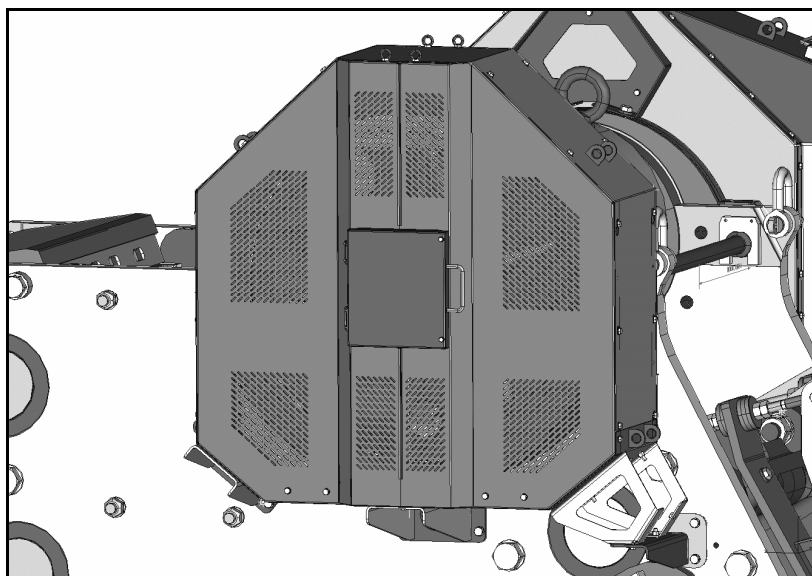
**Kuva 24** Alaosa asennetaan kannattimien päälle



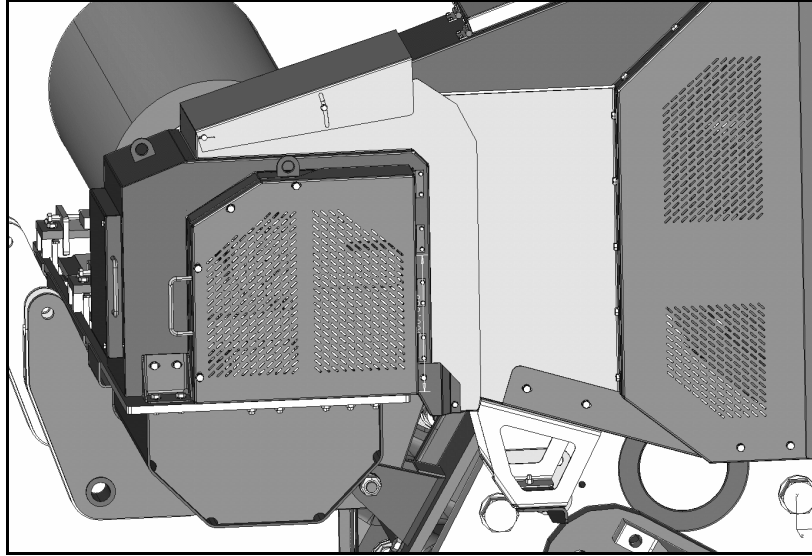
**Kuva 25** Alaosa asennetaan kannattimien päälle



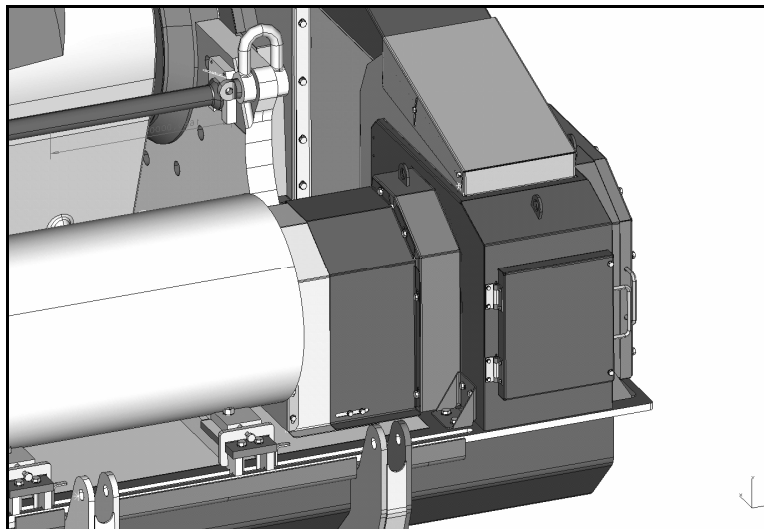
**Kuva 26** Yläosa lasketaan alaosaan päälle



**Kuva 27** Yläosa lasketaan alaosaan päälle

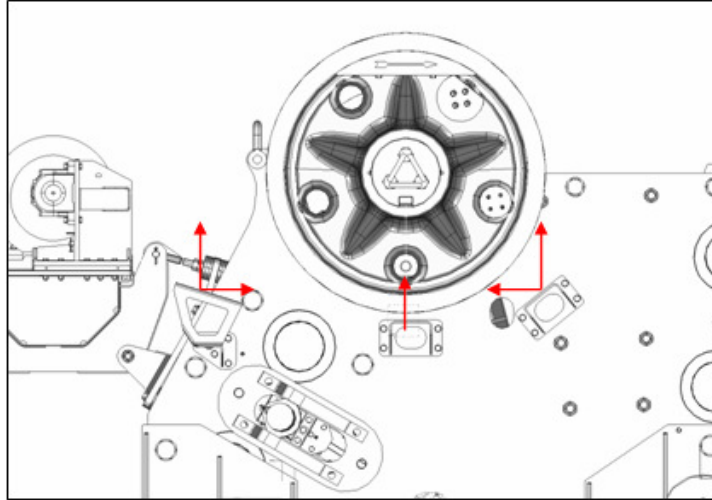


**Kuva 28** Hihnapyöränsuoja asennetaan kiinteästi moottoripedin päälle

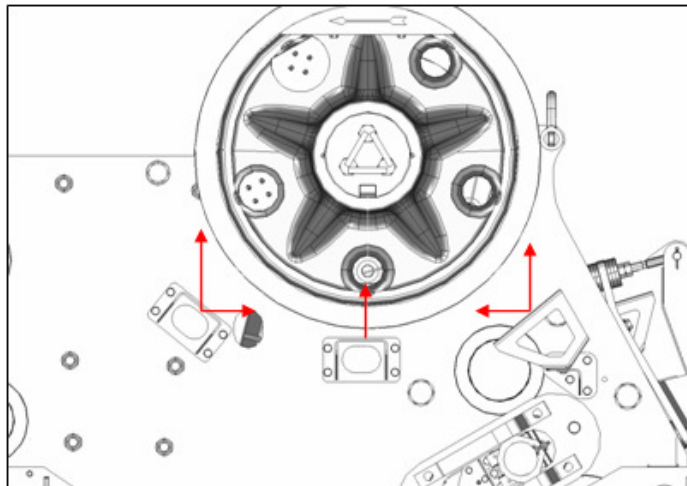


**Kuva 29** Kytkimen suoja on helppo irrottaa ja säätää

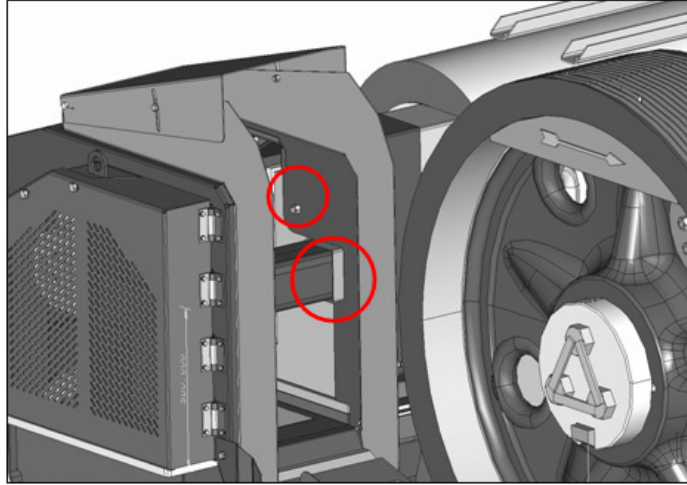
Suojien rakenteessa on huomioitu myös värinän ja liikkeen vaikutukset paremmin kuin vanhoissa suojissa. Kannakointi ottaa vastaan paremmin sekä x- että y-suuntaiset voimat (kuva 30, 31). Hihnasuoja on kiinni moottoripedissä kahdella kannattimella. Sen lisäksi se lukittuu muotonsa ansiosta tukilaakeroinnin välipalkin ympärille ja se pultataan tukilaakeroinnin sivulevyihin kahdella M16 pultilla (kuva 32). Näin hihnasuojan liike ja värinä on saatu minimoitua kaikkiin suuntiin.



**Kuva 30** Kannakointi ottaa paremmin vastaan sekä x- että y-suuntaiset voimat

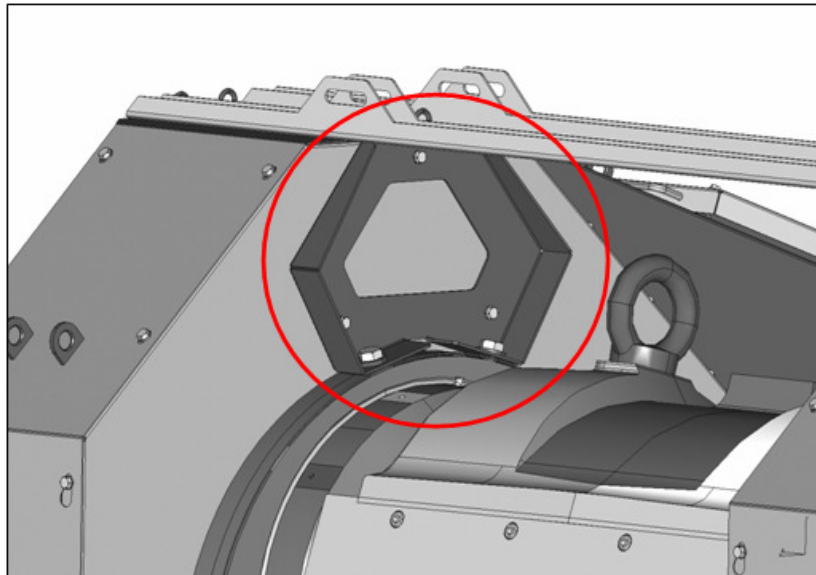


**Kuva 31** Kannakointi ottaa paremmin vastaan sekä x- että y-suuntaiset voimat



**Kuva 32** Hihnasuoja kiinnittyy kannattimien lisäksi muotonsa ansiosta tukilaakerointiin.

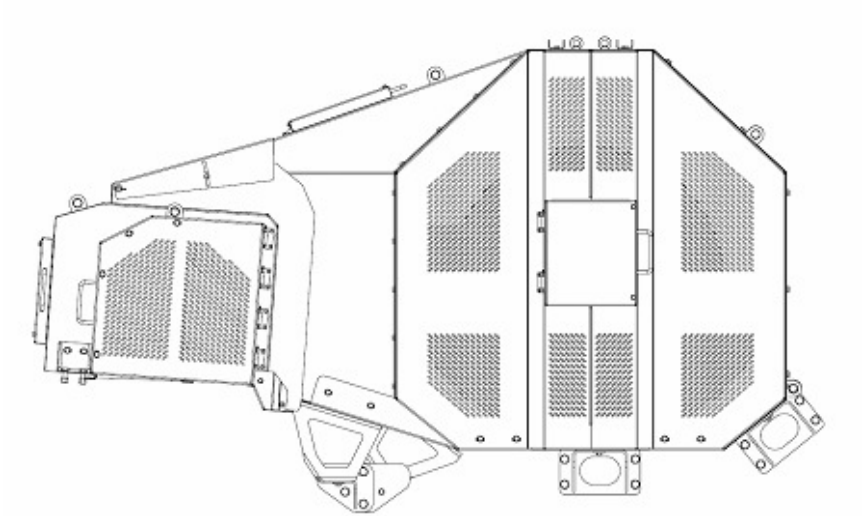
Suojat tulevat myös ylhäältä kiinni laakeripesään kahdella M30-pultilla entisen yhden sijaan ja värinävaikutusta on jaettu suuremmalle pinta-alalle huomattavasti suuremman kannattimen avulla (kuva 33). Kannatin tulee kiinni takalevyyn kolmella M16-pultilla, eikä hitsaamalla. Näin voitaneen välttää jo edellämainittu takalevyn halkeaminen.



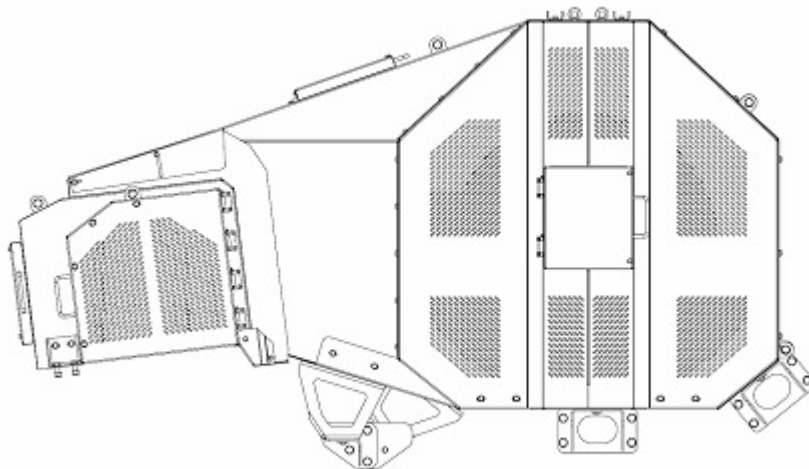
**Kuva 33** Suojat tulevat ylhäältä kiinni kahdella M30-pultilla ja tukevalla kannattimella.

Suojien mukautuvuus moottoripedin eri asennoille on toteutettu konseptiin jo alunperin suunnitellulla luukulla, joka kääntyy moottoripetiä kallistettaessa (kuva 34 ja 35).

Vauhtipyöränsuojista on tehty mutterinmalliset, jotta suojissa ei olisi pölyä ja kosteutta kerääviä teräviä nurkkia ja suojiin sisään päässyt pöly olisi helpompi putsata pois. Näin ollen suojat pysyvät sisältä puhtaampina ja kuivina, joten ruostuminen ei pääse alkamaan yhtä helposti kuin ennen.

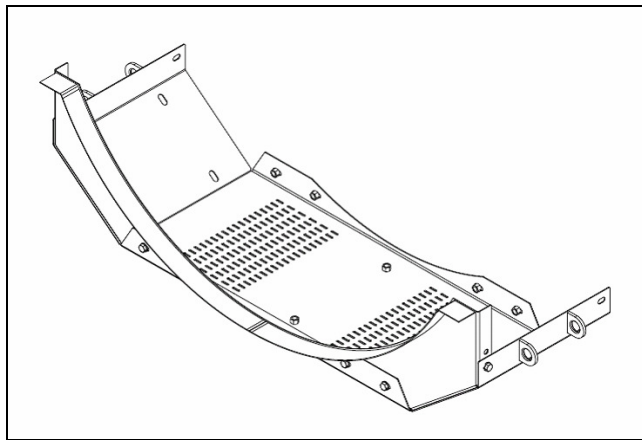


**Kuva 34** Suojien asento akselivälin ollessa lyhimmillään

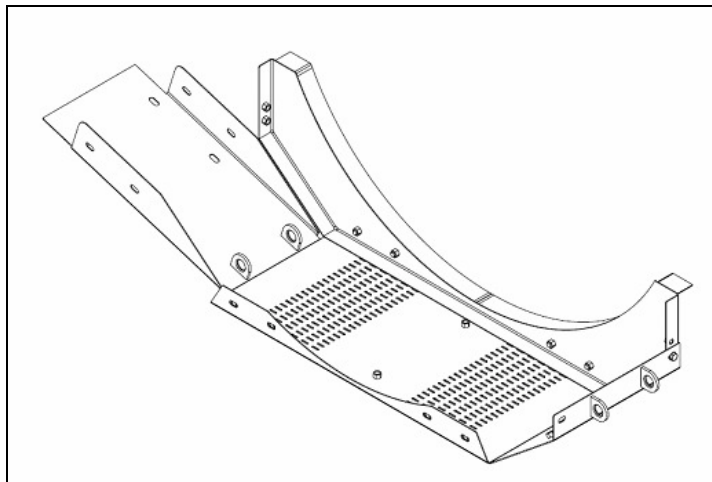


**Kuva 35** Suojien asento akselivälin ollessa pisimmillään

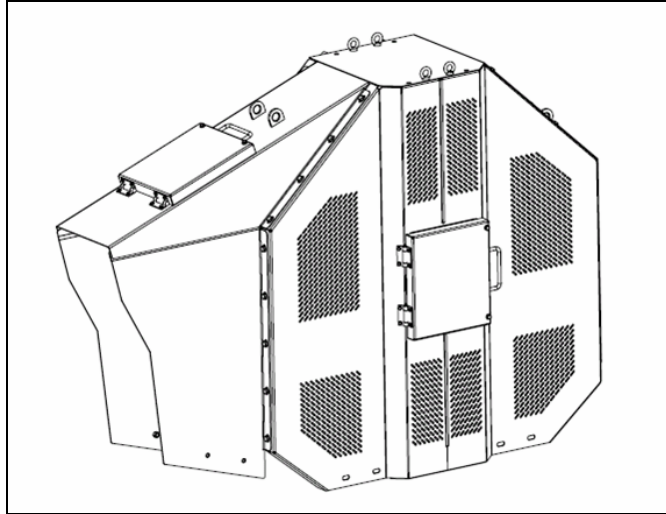
Suojat on suunniteltu peilautuvasti siten, että ne soveltuvat kummallekin puolelle murskainta sinällään, eikä näin ollen tarvita suurta määrää eri nimikkeillä olevia osia (kuva 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42). Ainoastaan muutama osa ei ole käännettävissä suoraan toiselle puolelle. Suojien osiin on suunniteltu runsaasti nostokorvakkeita, jotta niiden asentaminen olisi mahdollisimman yksinkertaista. Nostokorvakkeiden paikannus on suunniteltu mallinnusohjelman osoittaman osan painopisteen avulla osien asennusjärjestys huomioonottaen.



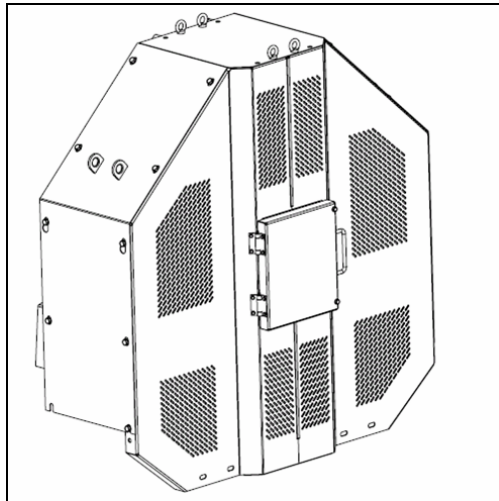
**Kuva 36** Vauhtipyöränsuojan alaosa



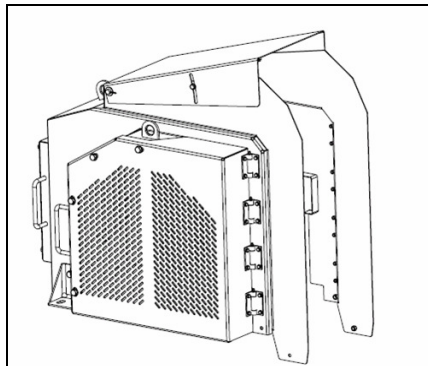
**Kuva 37** Vauhtipyöränsuojan alaosa, käytön puoli



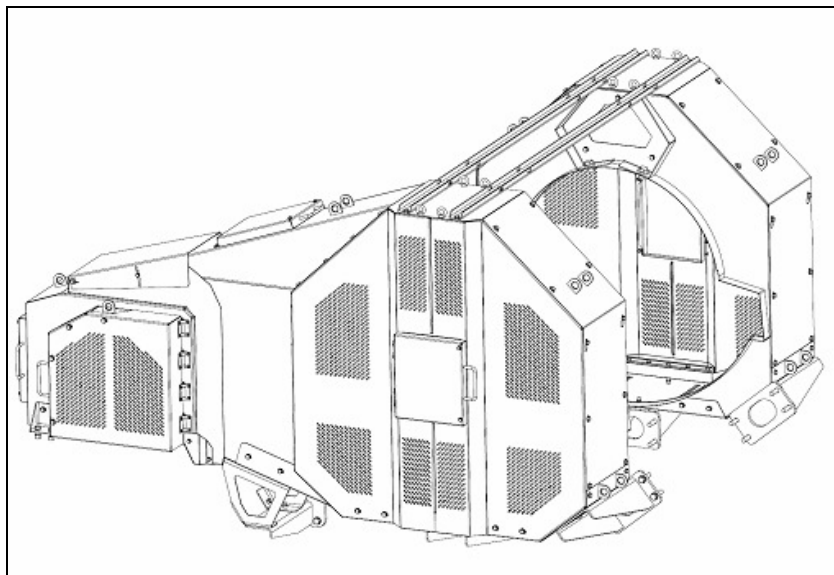
**Kuva 38** Hihna- ja vauhtipyöränsuoja, käytön puoli



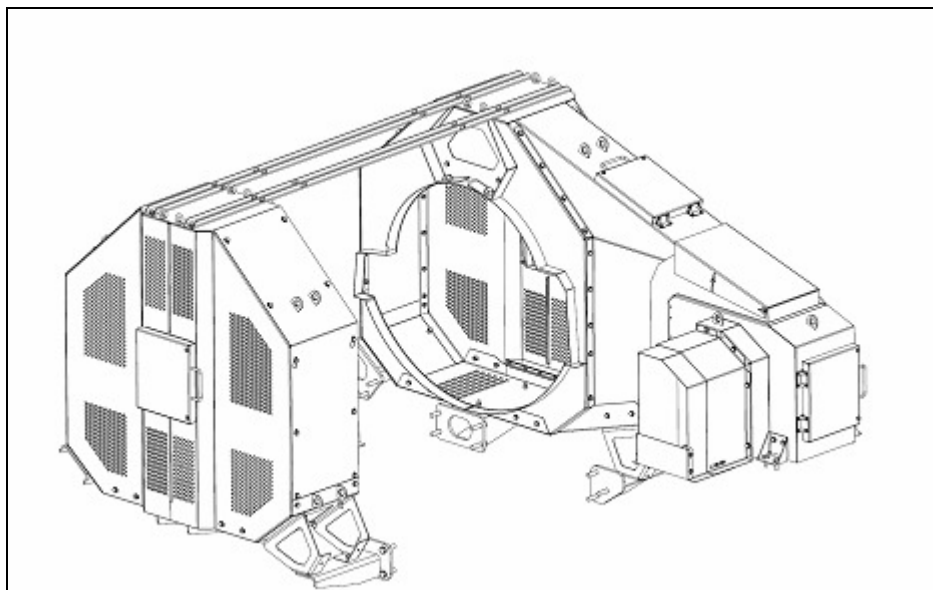
**Kuva 39** Vauhtipyöränsuoja



**Kuva 40** Moottoripedin päälle asennettava hihnapyöränsuoja



**Kuva 41** Suojat kokonaisuudessaan



**Kuva 42** Suojat kokonaisuudessaan

## **5.2 Valmistettavuus ja valmistustapa**

Kaikki suojien osat on suunniteltu myös valmistuslähtökohdat huomioiden. Tämä vaikutti suunnittelussa siten, ettei tehty liian monimutkaisia kappaleita, joita on mahdoton esimerkiksi taivuttaa halutulla tavalla. Valmistuslähtökohdat saatiin

huomioitua aikaisessa vaiheessa vierailemalla suojien valmistajan luona ja tutustumalla heidän toimintaansa. Lisäksi valmistajaan pidettiin yhteyttä projektin aikana ja neuvoteltiin osien valmistettavuudesta sekä haettiin yhdessä parempia keinoja valmistaa osia.

Hyvän, tasaisen laadun takaamiseksi olisi hyvä esitellä alihankkijalle tarkasti, mihin kokonaisuuteen heidän valmistamansa osat tulevat. Mikäli valmistajalla olisi tarkka kuva siitä, millaisissa oloissa leukamurskain toimii ja miten se käyttäytyy, olisi varmasti ymmärrettävämpää, että esim. hitsisaumojen tulisi olla mahdollisimman hyviä. Pienikin epätarkkuus valmistuksessa saattaa kostautua suojien hajoamisena ja tämän takia valmistuksen laadun tulisi olla ensiluokkaista. Optimaalinen tilanne olisi toki se, että alihankkijat pääsisivät näkemään murskausprosessia paikan päällä ja näkisivät, minkälaisille rasituksille osat joutuvat. Vähintäänkin heidän tulisi kuitenkin tietää koneen toiminnan peruseriaatteet ja käyttöolosuhteet.

### **Materiaali**

Materiaalina suojissa on käytetty pääsääntöisesti kylmävalssattua 3 mm vahvaa teräslevyä, jonka myötölujuus on 280 N/mm<sup>2</sup>. Teräslaadulta edellytetään standardien SFS-EN 10130 (Kylmävalssatut kylmämuovattavat ohutlevyteräkset, tekniset toimitusehdot) ja SFS-EN 10131 (Kylmävalssatut kylmämuovattavat pinnoittamattomat ja elektrolyyttisesti sinkki- tai sinkki-nikkelipinnoitetut sekä lujat ohutlevyteräkset. Mitta ja muototoleranssit) perusteella DC01-luokkaa, joka on seostamaton laatuteräs. Teräslaatu DC01 kuuluu muovattaviin teräksiin, jotka on tarkoitettu soveltuviksi juuri hyviä ja tasaisia muovattavuusominaisuuksia edellyttäviin käyttökohteisiin /17/. DC01-

luokan terästen tiivistäminen on valmistajan valittavissa, eli sitä ei lähtökohtaisesti vaadita. Käytetyn teräslaadun kemiallinen koostumus on esitetty taulukossa 2. Vahvuutena 3 mm on sopiva, koska sillä saavutetaan suojille sopiva kestävyys, mutta rakenteesta ei tule liian painava. Mikäli käytettäisiin vahvempaa levyä, saattaisivat osat kestää paremmin, mutta kannakoinnit ja liitoskohdat joutuisivat huomattavasti kovemmille rasituksille. Painavampi rakenne saavuttaa suuremman liikemäärän tärinässä ja rikkoo itse itsensä ennen pitkää.

**Taulukko 2** Käytetyn teräslaadun kemiallinen koostumus

Kemiallinen koostumus [sulatusanalyysi enintään (% max.)]				
Hiihi (C)	Fosfori (P)	Rikki (S)	Mangaani (Mn)	Titaani (Ti)
0,12	0,045	0,045	0,60	-

Tulevaisuudessa suojien kehityksessä kannattaisi tutkia myös mahdollisuus käyttää tiivistettyä terästä. Teräksen tiivistämisessä eli deoksidoinnissa estetään hapen yhtymisen hiileen ja siten kaasun muodostuminen teräksessä sitomalla happi aineisiin, jotka synnyttävät hapen kanssa kiinteitä hiukkasia. Tavallisena deoksidointiaineena toimii mm. pii (Si), joka sitoo hapen silikaateiksi tai kvartsilasiksi (SiO<sub>2</sub>), jolloin kaasua ei muodostu. Tiivistetyillä teräksillä on hyvin yhtenäinen koostumus, ja ne ovat hyvin hitsattavia. Teräksiä tehdään myös puolitiivistettyinä, jolloin ne ovat laadultaan lähempänä tiivistettyä kuin tiivistämätöntä terästä. Ongelmana tiivistetyn teräksen käytössä suojissa olisi kustannusten suuri nousu, koska valmistusmenetelmästään johtuen tiivistetty teräs on huomattavasti kalliimpaa kuin tiivistämätön. /8/

### **5.3 Projektin päättäminen**

Projekti päättyi tuotekehityksen osalta siihen, että uusien suojien kaikki nimikkeet ja rakenteet niin osien kuin kokoonpanojenkin osalta tallennettiin tiedonhallintajärjestelmään ja ilmoitettiin nimikkeet ostolle tarjousten pyytämistä varten. Valmistuksen aikana valmistajaan pidettiin yhteyttä aikataulun tarkkailemiseksi.

Valmistuksessa ei ilmennyt ongelmia, koska valmistuslähtökohdat oltiin huomioitu jo suunnitteluvaiheessa.

## 6 YHTEENVETO

C160-leukamurskaimen hihna- ja vauhtipyöränsuojien tuotekehitysprojekti aloitettiin syksyllä 2007 tarkoituksena saada aikaan kestävämmät, helpommin ja turvallisemmin asennettavat, yksinkertaisemmat suojat. Tuotekehitysprojektin lähtökohdat määriteltiin olemassa olevan tiedon ja palautteen perusteella ja uusien suojien valmistumiselle määriteltiin vaiheluettelo ja aikataulu.

Suojien tuotekehityksessä pyrittiin huomioimaan kaikki näkökannat, kuten työsuojelulaki ja turvallisuusstandardit, kestävyys, asennettavuus, käytettävyys, huollettavuus, osien lukumäärä ja hinta. Tavoitellut ominaisuudet ovat tässä tapauksessa helposti ristiriidassa keskenään, mikä aiheutti suunnittelulle suuria haasteita.

Uudet hihna- ja vauhtipyöränsuojat valmistuivat sovitussa aikataulussa ja niiden asennus murskaimeen tapahtuu huhtikuussa 2008. Tämän jälkeen suojista saadaan palautetta niin asennettavuudesta kuin kestävydestäkin ja suojia voidaan tarpeen mukaan kehittää edelleen.

## LÄHDELUETTELO

### Painetut lähteet

- 1 Henkilöstöopas, Metso Minerals (Tampere) Oy, 2005.
- 2 Nordberg C Series Jaw Crushers-esite.
- 3 Leukamurskain-koulutusmateriaali, Metso Minerals.
- 4 Malm Timo, Viljanen Aarre (toim.). 2003. Suojaustekniikan käsikirja. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy. 200 s. ISBN 951-817-819-4.
- 5 Välimaa Veikko, Kankkunen Martti, Lagerroos Olle, Lehtinen Markku, TUOTEKEHITYS – Asiakastarpeesta tuotteeksi, Painatuskeskus Oy, Helsinki 1994.
- 6 Mäkilouko Marko, Opetusmateriaali.
- 7 Pelin Risto, Projektihallinnan Käsikirja, 2002.
- 8 Hitsauksen materiaalioppi, Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys r.y., Helsinki 2004.

### Painamattomat lähteet

- 9 Viirre Mika, murskainasentaja. Haastattelu. 15.10.2007 Metso Minerals (Tampere)Oy.
- 10 Aho Olli, huolto-/kehitysinsinööri. Haastattelu. 15.10.2007 Metso Minerals (Tampere) Oy.
- 11 Petäjä Pentti, huolto-/kehitysinsinööri. Haastattelu. 16.10.2007 Metso Minerals (Tampere) Oy.
- 12 Nikkola Sakari, huolto-/kehitysinsinööri. Haastattelu. 16.10.2007 Metso Minerals (Tampere) Oy.
- 13 Ahonen Jarmo, murskainasentaja. Haastattelu 7.12.2007. Metso Minerals (Tampere) Oy.

### Sähköiset lähteet

- 15 Metso Minerals. [www-sivu]. [viitattu 24.11.07] Saatavissa: [http://www.metsominerals.fi/corporation/home\\_fin.nsf/fr?readform](http://www.metsominerals.fi/corporation/home_fin.nsf/fr?readform).
- 16 Työturvallisuuslaki L 738/2002. [www-sivu]. [viitattu 3.12.2007] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=ty%C3%B6turvallisuuslaki>.

- 17 Ruukki. [www-sivu]. [viitattu 17.3.2008] Saatavissa:  
<http://www.ruukki.com/www/finland.nsf/documents/DE8FEE16618F80E5C22572090035735B!Opendocument&lang=1>.

Jukka Myllymäki/ 02.10.2007

C160-suojien tuotekehitysprojektin aloituspalaveri

Paikalla: Jouni Rahkoma, Mika Lyytikäinen, Sampsa Isoaho, Jukka Myllymäki

Esiin tulleet ja päätetyt asiat:

- Aloitetaan projekti C160 vauhtipyöränsuojan ja hihnasuojan kehittämiseksi C160 vuosimallimuutoksen yhteydessä
- Aikataulu:

Suojien oltava valmiina kokoonpantaviksi maaliskuun 2008 alussa  
Piiirustusten oltava valmiit tammikuun alussa

- Tavoiteltuja ominaisuuksia uusille suojoille:

Kestävät

Näyttävät

Laadukkaat

Standardien mukaiset

Kustannustehokkaat, valmistuskustannukset pyritään saamaan nykyistä pienemmiksi

Helpot valmistaa

Helpot (ja turvalliset vrt. työturvallisuuslaki) asentaa

Suojien sisään tulee nähdä, jotta voidaan havaita vauhtipyörän pyöriminen sekä hihnojen kireys (esim. reiät, verkko, pleksi)

- Nykyisestä C160-suojien designista luovutaan
- Materiaali, valmistaja ja valmistustapa pidetään entisellään
- Käydään suojien valmistajan luona Relicomp Oy:lla tutustumassa valmistukseen, sekä neuvottelemassa uusista suojoista
- Allekirjoittanut perehtyy aiheeseen ja tekee projektiin liittyen opinnäytetyön

Jukka Myllymäki

## Projektin määrittely

### Projekti: C160 leukamurskaimen hihna- ja vauhtipyöränsuojien tuotekehitysprojekti

Aloitus:  
2.10.2007

Valmistumisaika:  
1.3.2008

Projektipäällikkö:  
Jukka Myllymäki

#### Taustatilanne:

C160 leukamurskaimeen vuosimallimuutos 2008:n yhteydessä toteutettava projekti, jossa murskaimeen suunnitellaan ja valmistetaan uudenlaiset hihna- ja vauhtipyöränsuojat. Nykyiset suojat ovat massiiviset ja rakenteeltaan hyvin monimutkaiset. Suojat on rakennettu useista osista ja kokoonpano sisältää suuren määrän pultteja ja muttereita.

#### Projektin tavoitteet:

Projektin tavoitteena on saada C160 leukamurskaimeen uudet hihna- ja vauhtipyöränsuojat, jotka olisivat edeltäjiään paremmat. Tavoiteltuja ominaisuuksia:

- Kestävyys
- Helppo asennettavuus
- Hyvä ulkonäkö
- Hyvä valmistettavuus
- Helppohuoltoisuus
- Edullisuus

#### Projektin vaiheet:

Lähtökohtien selvitys  
Taustatilanteen kartoitus, palautteen kerääminen  
Suunnittelulähtökohtien ja rajoitusten määrittely  
Uusien suojien suunnittelu  
Uusien suojien valmistus  
Uusien suojien kokoonpano

#### Tavoiteltu hyöty:

Projektin ansiosta saadaan aikaan entisiä paremmat suojat. Suojien tulisi olla kestävä ja helpot asentaa, jolloin asiakkaiden ei tarvitsisi nähdä vaivaa suojien asentamisen ja rikkontuneiden suojien korjaamisen kanssa. Näin ollen lopputuloksena on tyytyväisempi asiakas.

#### Alustava riskien analysointi:

Riski 1: Ei pystytäkään valmistamaan tavoitteen mukaista tuotetta, Uudet suojat eivät ole yhtä hyvät kuin vanhat

Riskin ennaltaehkäisy ja pienentäminen: Yhteydenpito suunnittelun, suojien valmistajan, asentajien, lujuuslaskijoiden, huoltohenkilöstön, turvallisuuspäällikön ja teollisen muotoilijan kanssa.

Riski 2: Tuotevastuukysymykset suojien rikkoutuessa, tai aiheuttaessa muita vaaratilanteita.

Riskin ennaltaehkäisy ja pienentäminen: Standardien mukainen suunnittelu, teknisten riskien ennaltaehkäisy, neuvottelu turvallisuuspäällikön kanssa.

Projektin osapuolet:

- Metso Minerals
- Suunnittelu
- Suojien valmistaja
- Murskaimen asentajat
- Asiakkaat

Alustava osapuolten huomiointisuunnitelma:

- Suunnitteluosastolta kerätään tietoa suojien suunnitteluhistoriasta
- Suunnitteluosastolta kerätään ideoita uusiin suojiin
- Valmistajan kanssa käydään neuvotteluja ja valmistajan luona vierailaan
- Murskainten asentajien kanssa käydään neuvotteluja, sekä kerätään palautetta ja ideoita suojien kehittämiseksi
- Asiakkailta kysytään palautetta

Jukka Myllymäki/ 08.11.2007

C160 suojalaveri, tilannekatsaus

Paikalla: Jouni Rahkoma, Mika Lyytikäinen, Sampsa Isoaho, Jukka Myllymäki, Jukka Jokiranta

Esiin tulleet ja päätetyt asiat:

- Käytiin läpi murskainten suojusta kerättyä palautetta ja kehitysehdotuksia
- Katsottiin kuvia C160-murskaimen suojusta Mikan ja Sampsan Belgian matkalta

Havainnot:

- Pultit eivät kestä paikoillaan, irtoavat
- Suojien yläosissa välitangon kiinnityksen vieressä pitkä halkeama
- Kannattimet ovat kestäneet
- Suuri rako suojan ja laakeripesän välissä (ei standardinmukainen!)
- Suojissa paikoin halkeamia
- Vertailtiin ensimmäisiä hahmotelmia uusista suojusta
  - Vaihtoehto, jossa moottorin suoja on nykyisen tyyppinen moottoripetin ympärillä oleva
    - > ei ole hyvä, liian suuri
    - > kiskoliitos saattaisi olla huono, tärinä
  - Vaihtoehdot, joissa moottorin suoja kiinteänä moottoripedin päällä
- Suunnitellaan vielä vaihtoehtoisia ratkaisuja, mallia C140/C145:sta
- Neuvotellaan valmistajan kanssa uusista mahdollisista ratkaisuista ja vaihtoehdoista

Jukka Myllymäki

