

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikka
Kone- ja laiteautomaatio

Opinnäytetyö

Sari Hintsala

KESKIPAKOISPUHALTIMEN HALKAISTUN KAAVUN KEHITTÄMINEN

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 2008

Yliopettaja Esko Kurki
Koja Oy, valvojana tuotekehityspäällikkö Mikko Lahtinen

Kone- ja tuotantotekniikka

Kone- ja laiteautomaatio

Hintsala, Sari

Tutkintotyö

Työn ohjaaja

Työn teettäjä

Maaliskuu 2008

Hakusanat

Keskipakoispuhaltimen halkaistun kaavun kehittäminen

30 sivua + 3 liitettä

Yliopettaja Esko Kurki

Koja Oy, valvojana tuotekehityspäällikkö Mikko Lahtinen

Keskipakoispuhallin, kaapu

TIIVISTELMÄ

Tutkintotyön aiheena on keskipakoispuhaltimen halkaistun kaavun kehittäminen.

Työn teettäjän Koja Oy:llä on tarve siirtää isojen keskipakoispuhaltimien suunnittelu 3D:hen ja kehittää puhaltimen kaapua siten, että sen muokkaus eri puhallussuunnille olisi mahdollisimman yksinkertaista. Tampereella sijaitseva Koja Oy on prosessipuhaltimia sekä ilmastointilaitteita valmistava yritys.

Työ koostuu keskipakoispuhaltimen L-225 kaavun rakenteen kehittämisestä puhallussuunnassa RD0°. Kaavun kehitystyön ohessa on tarkoitus luoda menettelysäännöt 3D-suunnittelun toimintatavoista. Kaavun suunnittelu käydään läpi vaihe vaiheelta. Samalla perehdytään kaavun rakenteeseen halkaisujen, kiinnityksien ja tuentojen osalta huomioiden puhaltimen käyttölämpötila, puhallussuunta ja kuljetusmitat.

Kaavun valmiista 3D-mallista tehdään täydelliset työpiirustukset. Nämä piirustukset ovat tulevaisuudessa mallina muille suunnittelijoille. Pyrkimyksenä on tehdä kaapujen vakiopiirustussarja joiden piirustukset ovat visuaaliselta ilmeeltään yhdenmukaiset.

Työn tuloksena on L-225 keskipakoispuhaltimen kaavun 3D-malli sekä tähän liittyvät työpiirustukset.

TAMPERE POLYTECHNIC
Mechanical and Production Engineering
Machine Automation
Hintsala, Sari
Engineering Thesis
Thesis Supervisor
Commissioning Company
Marsh 2008
Keywords

26.03.2008

Development of centrifugal fans casing
30 pages, 3 appendices
Senior Lecture, Esko Kurki
Koja Oy. Supervisor: Mikko Lahtinen
Centrifugal fan, casing

ABSTRACT

Koja Company is the manufacturer of process fan and air conditioner which is located in Tampere. The purpose of this examination is develop the centrifugal fans casing and also transfer fans designing to 3D modelling.

The work is composed design of centrifugal fans casing and that's technical drawings. At the same time the purpose of the work is to prepare the method to next casings designs which blows to different direction.

The casings design is got through step by step. It has be taken account of the casings cutting to three other sectors, mountings and supports. It also has be observed the circumstances where the fan is used for.

The result of this thesis is the fan L-225 casings 3D-modell and thats related technical drawings.

ALKUSANAT

Tutkintotyön aihe oli haastava ja mielenkiintoinen. Suunniteltava laite oli minulle entuudestaan tuttu konstruktio, koska olen työskennellyt keskipakoispuhaltimen suunnittelun parissa pitkään. Suunnittelun ja tuotekehityksen Koja Oy:ssä teki mielenkiintoiseksi mahdollisuus työskennellä alan asiantuntijoiden parissa ja tutustua erilaisiin valmistusmenetelmiin. Projektin läpiviennin aikana pidimme projektipalavereja tarpeen mukaan ja näin sain uusia näkökulmia laitteen rakenteeseen ja kehitystarpeisiin.

Haluan kiittää hyvästä yhteistyöstä Mikko Lahtista, Harri Hotakaista ja Esko Kurkea.

Sari Hintsala

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO.....	5
1 JOHDANTO	6
2 KOJA OY	7
2.1 YRITYKSEN HISTORIA	9
3 KESKIPAKOISPUHALTIMEN ESITTELY	10
3.1 KESKIPAKOISPUHALTIMET	10
4 SUUNNITTELUTYÖKALUT.....	12
5 PROJEKTI	13
5.1 KAAVUN SUUNNITTELU	14
5.1.1 Layout 1	15
5.1.2 Layout 2	16
5.1.3 Halkaisuehdotus 1.....	17
5.1.4 Halkaisuehdotus 2.....	18
5.1.5 Väliulos	19
5.1.6 Jäykistys	19
5.1.7 Liitoslaipat	20
5.1.8 Tuenta	21
5.1.9 Kiinnityslevy.....	22
5.1.10 Tukkolevyt	23
5.1.11 Kiinnitys betoniperustukseen	24
5.1.12 Etuohjain.....	25
5.1.13 Valmis 3D-malli.....	26
5.2 TYÖPIRUSTUKSET	27
5.3 KUSTANNUSVAIKUTUKSET	28
6 YHTEENVETO	29
LÄHTEET	30

LIITTEET

1 Ote taulukosta: EKU

2 Ote taulukosta: EJ7

3 Ote taulukosta: KULJETUSMITAT

1 JOHDANTO

Tutkintotyön tilaaja on tamperelainen Koja Oy. Työn aiheena on keskipakoispuhaltimen halkaistun kaavun kehittäminen.

Tutkintotyön aluksi tutustutaan keskipakoispuhaltimen rakenteeseen, minkä jälkeen perehdytään kaavun kehittämisprojektin lähtötietoihin ja vaatimuksiin. Seuraavaksi lähdetään hakemaan sopivaa geometriamuotoa kehitettävälle kaavulle. Tässä yhteydessä tehdään vertailu aiemmin tehtyyn saman kokoluokan kaapuun, jonka selkälävyn taivutus on spiraalimainen eli useammalla eri taivutussäteellä muokattu, kun taas kehitettävän kaavun selkälävy taivutetaan vain yhdellä taivutussäteellä. Lisäksi päätetään kaavun lopulliset ulkomitat. Sekä vertaillaan vakioimuosan ja pienen etulevyn imuosaa toisiinsa, jotta voidaan valita niistä parempi tähän tarkoitukseen.

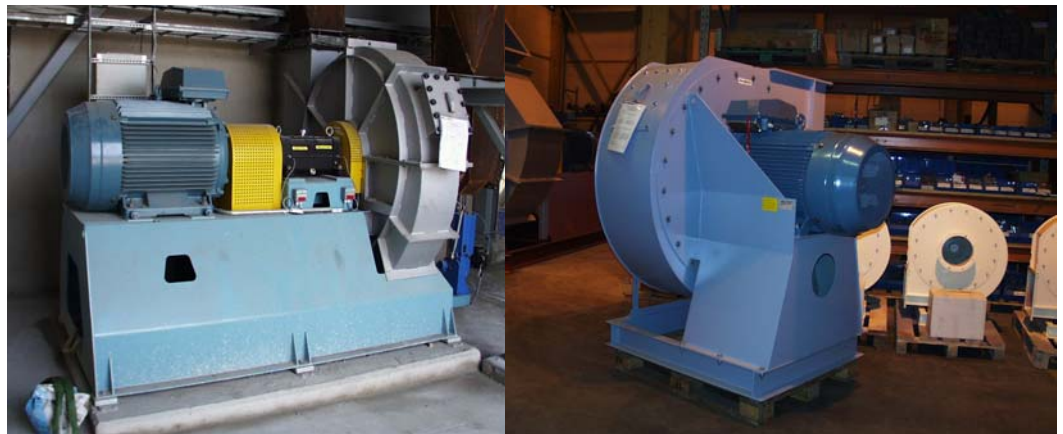
Seuraavaksi paneudutaan kaavun sektorien halkaisuihin. Halkaisujen sijoituksessa on huomioitava valmiin kaavun kannatus ja kiinnitys laakeripetiin sekä pohdittava keskiönyläpuolisen halkaisun edut ja haitat. Kaavun sektorilohkojen ulkomitat ovat niin suuret, että kuljetuskonttien tilavuus on myös huomioitava suunnittelun edetessä.

Pyrkimyksenä on kehittää kaavusta 3D-malli, jota on mahdollisimman helppoa varioida eri puhallussuuntiin sopivaksi sekä erikoismalleiksi. Kaavun valmiista 3D-mallista tehdään valmiit työpiirustukset.

Olen työskennellyt suunnittelutehtävissä tutkintotyön teettävässä yrityksessä useita vuosia. Oli siis luontevaa saada tutkintotyön aihe tästä yrityksestä. Kaavun kehitysprojekti on osa pyrkimystä siirtää niin kutsuttujen isojen keskipakoispuhaltimien suunnittelu 3D:hen.

2 KOJA OY

Tutkintotyön teettää Koja Oy Tampereen Härmälästä. Kojalla on tehdas myös Jalasjärvellä. Koja Oy valmistaa keskipakois- (kuvat 1 ja 2) ja aksiaalipuhaltimia (kuva 3), joita kutsutaan yhteisnimellä prosessipuhaltimet sekä ilmankäsittelykoneita ja laivojen ilmastointijärjestelmiä (kuva 4). Koja Oy kuuluu Koja-yhtiöihin kuten myös Koja Tekniikka Oy sekä Kojacool Oy. Koja Tekniikka Oy:n palveluja ovat talotekniikkaurakointi ja teollisuuden LVIS-urakointi. Kojacool Oy tuottaa ilmastoinnin ja prosessien jäähdytyslaitteita.



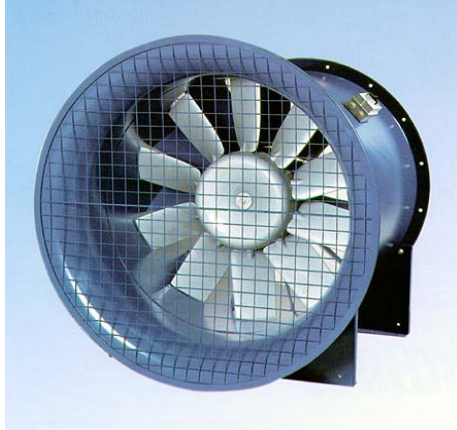
Suorakytkinkäyttö

Suoramoottorikäyttö

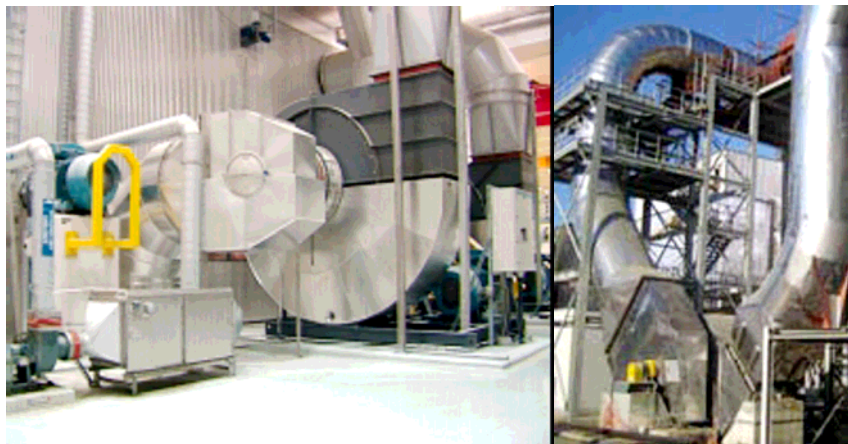
Kuva 1. Koja Oy:n valmistamia keskipakoispuhaltimia. Suorakytkinkäyttöinen ja suoramoottorikäyttöinen.



Kuva 2. Matala- ja korkea teräsjalustainen keskipakoispuhallin.



Kuva 3. Koja Oy valmistama aksiaalipuhallin.



Kuva 4. Koja Oy:n valmistamien tuotteiden käyttökohteita ovat mm. sellutehtaat, energiantuotanto ja laivateollisuus.

2.1 Yrityksen historia

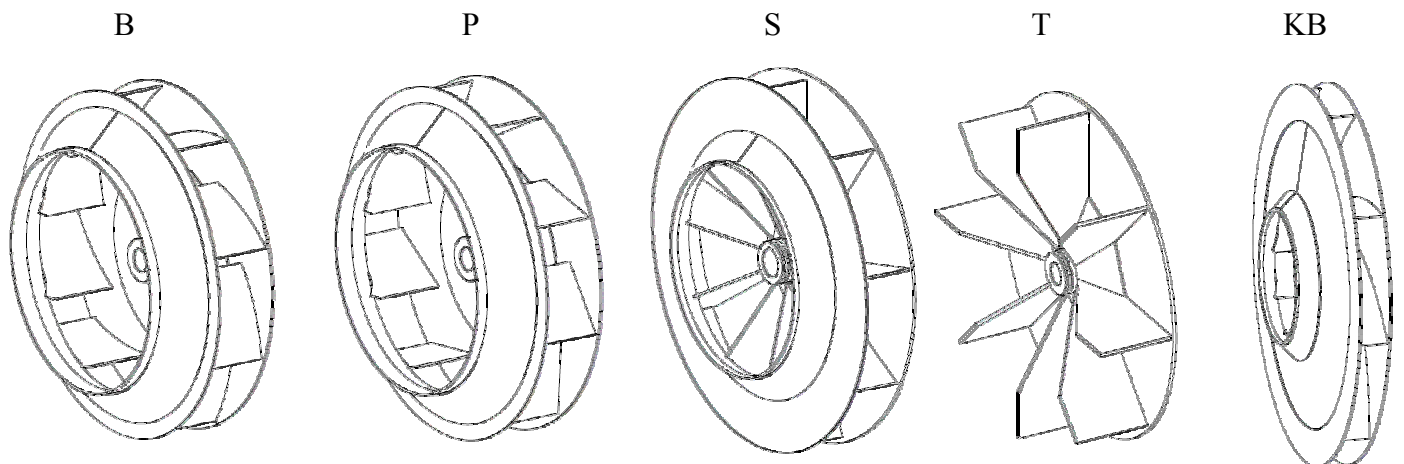
- 1935 Väinö Aalto ja Oskari Koivunen perustavat Kojan.
- 1939 - 44 Tuotannossa heloja ja ilmanvaihtoventtiilejä, ikkunarautoja, myymäläkalusteiden metalliosia, sotavuosina häikäpönttöjä ja puukaasutinlaitteita armeijan autoihin.
- 1945 Valmistetaan ensimmäinen teollisuuspuhallin.
- 1950 Keskittyminen ilmanvaihtotuotteiden valmistukseen.
- 1956 Ilmastointiurakointi eriytetään omaksi osastokseen.
- 1969 - 70 Uusi Rantaperkiön teollisuushalli valmistuu ja työntekijämäärä nousee yli sadan.
- 1986 Koja Oy:n urakointi yhtiötetään, nykyisin Koja Tekniikka Oy.
- 1991 Kojacool Oy aloittaa toimintansa.
- 1998 Koja Oy:n oma lämmönsiirrintuotanto aloitetaan.
- 1999 Koja Oy:n Jalasjärven tuotantolaitos otetaan käyttöön.
Koja Marinelle ensimmäinen risteilijän ilmastointijärjestelmätilaus.
Koja Tekniikka Oy:stä talotekniikkaurakoitsija.
- 2000 Koja Tekniikka Oy ostaa Mansen Putki Oy:n.
Koja Oy:n Jalasjärven tehtaan laajennus ja Tampereen tehtaan modernisointi.
- 2007 Jalasjärven tehtaan 2. laajennus.

3 KESKIPAKOISPUHALTIMEN ESITTELY

3.1 Keskipakoispuhaltimet

Koja Oy:n keskipakoispuhaltimia on kahta kaapumallia, E-spiraalikanauha ja K-sädekanava. Puhaltimen vakiorakenteen kaavussa on yksi imuaukko, erikseen tilattavissa on myös esimerkiksi kaksi-imuaukkoisen puhallin. Puhaltimia valmistetaan neljässä painealuearjassa: L (low/matalapainepuhallin) tuottaa suurimmillaan 10 kPa:n paineen, M (medium/keskipainepuhallin) tuottaa suurimmillaan 15 kPa:n paineen, H (high/korkeapainepuhallin) tuottaa suurimmillaan 20 kPa:n paineen ja K (extra high/erittäin korkean paineen puhallin) tuottaa suurimmillaan 30 kPa:n paineen.

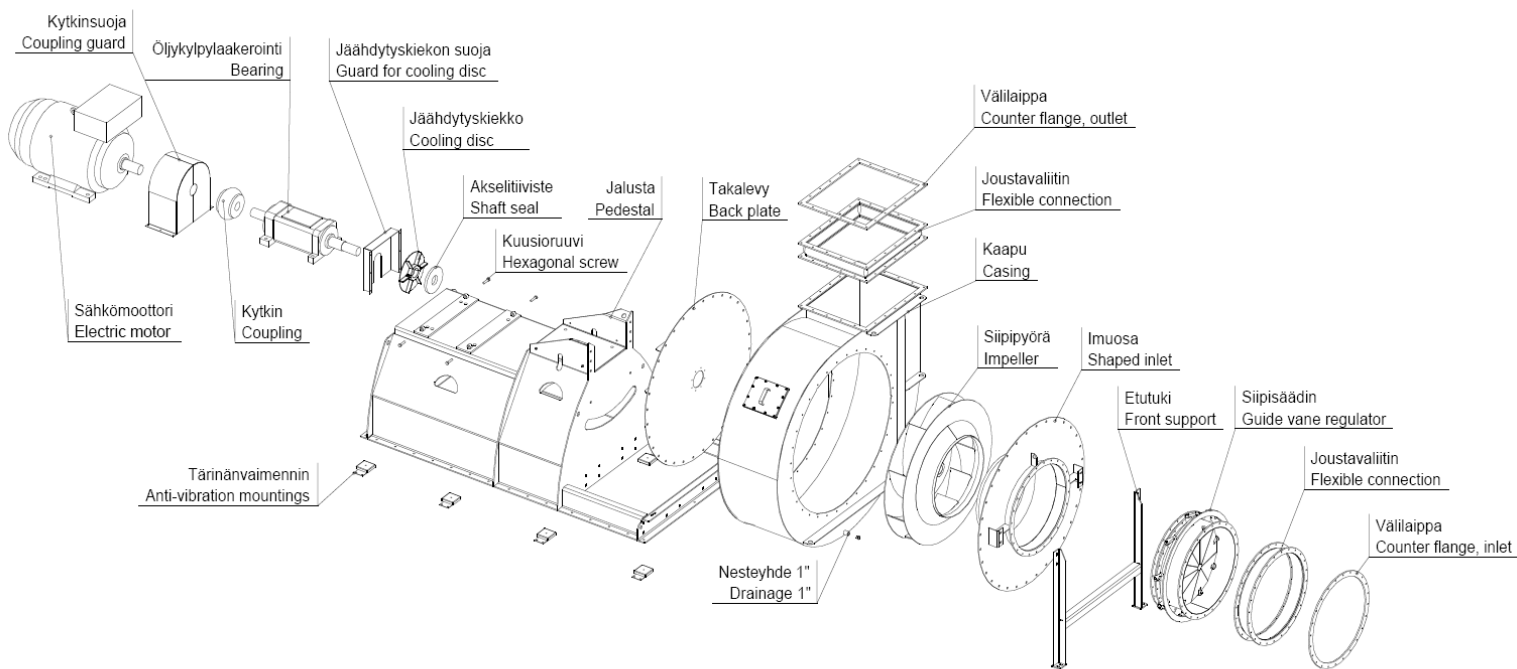
Puhaltimessa käytettäviä siipipyöriä on useita erilaisia: B-, P-, S-, T- ja KB-siipisiä. B-siipipyörä soveltuu parhaiten puhtaiden kaasujen kuljetukseen. P-siipipyörä soveltuu puhtaiden kaasujen ja lisäksi vähän pölyä sisältävien, esimerkiksi savukaasujen kuljetukseen. S-siipipyörä soveltuu pölypitoisten kaasujen ja kiinteiden aineiden kuljetukseen. T-siipipyörä soveltuu myös pölypitoisten kaasujen ja kiinteiden aineiden sekä kuitumaisen pölyn kuljetukseen avoimen rakenteensa ansiosta. KB-siipipyörä soveltuu erittäin korkean paineen puhaltimiin puhtaiden kaasujen kuljettamiseen.



Kuva 5. B-, P-, S-, T- ja KB-siipiset siipipyörät

Puhaltimien kokoluokkia on kaikkiaan 19. Rakennevaihtoehtoja on useita suorasta moottorikäytöstä kiilahihna-käyttöiseen ja siipipyörien halkaisijakin voi vaihdella tarpeen mukaan. Puhallussuuntia on koon mukaan 8 - 36 kappaletta. Siipipyörän ja kaavun materiaalivaihtoehtoja on useita. Käyttöolosuhteet vaikuttavat puhaltimen materiaalivalintoihin. Puhaltimen laakerointivaihtoehtoja on kolmenlaisia. Nekin valitaan tilauskohtaisesti. Keskipakoispuhallin on yleensä sähkömoottorikäyttöinen.

Suora kytkinkäyttöinen keskipakoispuhallin koostuu kuvassa 6 näkyvistä osista.



Kuva 6. Räjätyskuva keskipakoispuhaltimen kokoonpanosta

4 SUUNNITTELUKYÖKÄLUT

Suunnittelu toteutettiin Vertexin G4-ohjelmalla, joka on mekaniikkasuunnitteluun kehitetty suomalainen ja suomenkielinen 3D-ohjelmisto.

Kaavun mallinnuksen lähtökohtana oli, että samassa 3D-mallikokoonpanossa olisi sisäänrakennettu tieto kolmen eri puhallussuunnan geometriasta siten, että kaavun ilmiä muuttamalla olisi voinut aktivoida tarvitsemansa puhallussuunnan ja tallentaa tämän jälkeen mallin tilauskohtaiselle nimelle. Tätä menetelmää toteutettaessa selkävyn ja sivulevyjen luonnostelutilassa oli oma ilmiänsä joka puhallussuunnalle, koska näiden halkaisukohdat sijaitsivat eri kohdassa sivulevyä. Tämän mallinnustavan ongelmana oli piirustuksien epäsojiva päivitysmistapa eri puhallussuunnille. G4-ohjelma päivityä piirustuksen aina perusilmiänsä mukaan, ellei ole useampia piirustuksia kytkettynä samaan malliin. Tämä johtaa siihen, että jokaiselle puhallussuunnalle on oltava oma mallinsa ja siitä piirustus. Jos malliin liittyy useita piirustuksia, niin isoja kokonaisuuksia tulostettaessa jonotulostuksena kaikki piirustukset tulostuvat, mikä hankaloittaa aktiivipuhallussuuntaan liittyvien piirustuksien löytämistä.

Toisena menetelmänä testattiin pintamallinnusta. Tässä mallinnettiin ensin kaavun geometriä käyttäen muottiosa. Siihen tehtiin mittataulukko, jossa oli eri puhallussuunnille omat nimensä. Muottiosaan tehtiin halkaisut jakoviivaa käyttäen. Tämän jälkeen muottiosan pintaan pintamallinnettiin kolmen halkaisusektorin sivulevyt ja selkävyyt, siten että pintaan muodostui kolme alikokoonpanomallia ja muottiosa jäi näiden sisään. Mallin varioiminen onnistui puhallussuunta RD0°:sta RD45°:seen, mutta puhallussuuntaa muunnettaessa RD90°:seen sektoreiden osat vaihtoivat paikkaa eri alikokoonpanoon aivan satunnaisesti. Syynä pulmaan oli G4-ohjelmiston ominaisuus. Täten todettiin, että ensimmäinen mallinnusmenetelmä oli kaavun mallinnukseen luotettavampi ja helpompi käyttää /6/.

5 PROJEKTI

Tehtävänä oli suunnitella L-225 puhaltimeen kaapu. Projektin aluksi tutustuttiin annettuihin lähtötietoihin. Tässä yhteydessä perehdyttiin myös mitoitustietoihin ja geometriavaatimuksiin, joihin saatiin yksityiskohtaisia mittatietoja rakennetaulukoista: EKU ja EJ7 (liitteet 1 ja 2) /5,6/.

Lähtötietoja:

- K -sädekaapu
- puhallussuunta RD0°
- oikeakätinen = RD
- 1 - 2 halkaisua
- kannatus kaavun sivulevyistä
- tarkastusluukku
- nesteenpoistoyhde
- rakennelämpötila yli 200 °C
- eristysvaraus 250 mm
- paineaukko paikallaan siipipyörää irrotettaessa
- matala jalusta, betoniperustus
- halkaisuisissa huomioitavat kuljetusmitat: leveys 3190 mm, korkeus 3500 mm, pituus 13000 mm (liite 3)

Vertailu:

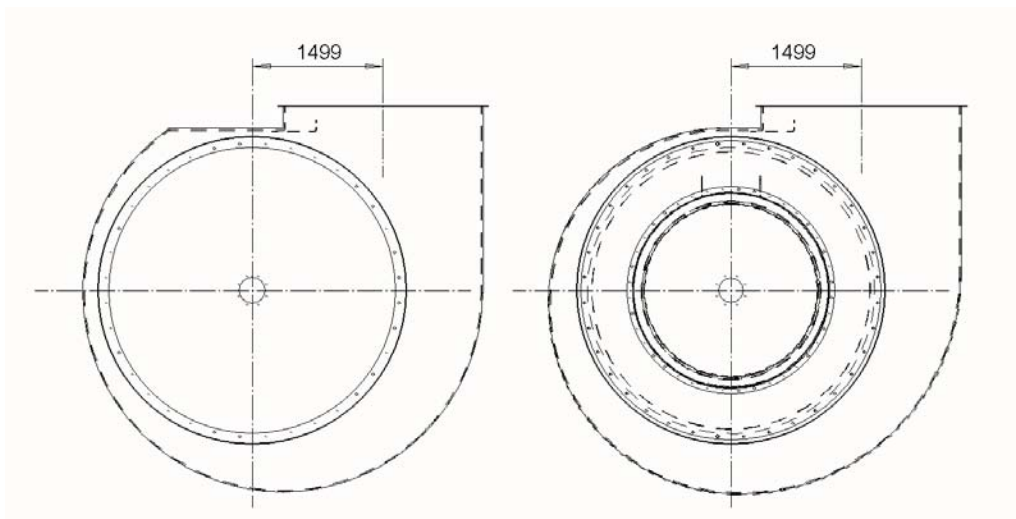
- Imuosan etulevy, vakio/pieni etulevy
- Keskiönyläpuolinen halkaisu/keskiö halkaisu

5.1 Kaavun suunnittelu

Kaavun L-225 suunnittelu KS-sarjan mukaiseksi aloitettiin kaavun L-160 sivulevyn mittakaavaa muuttamalla L-225:n vaatimuksia vastaavaksi. Kun L-225-kaavusta oli valmiit piirustukset ES-sarjan 2D-versiona, kyettiin vertailemaan näiden geometriaa toisiinsa (kuva 7). Kaavussa käytettävien levyjen materiaalivahvuudet sekä joitakin rakennemittoja oli valmiiksi määriteltynä taulukoissa EKU ja EJ7 (liitteet 1 ja 2). Ensin kaavusta suunniteltiin yhtenäinen versio päämittojen määrittelyn helpottamiseksi. Paineaukkoa nostettiin 250 mm, koska puhaltimen käyttölämpötilan ollessa yli 70 °C kaapu eristetään vuorivillaeristeellä 100 mm - 200 mm.

Seuraavaksi paneuduttiin kaavun halkaisukohtien suunnitteluun. Puhallussuunnan RD 0° suunnittelun haasteena oli saada yläsektorista niin avara, että suurin käytettävä siipipyörä mahtuisi aukosta ulos, vaikka toinen yläsektori pysyisi kytkettynä painekanavaan kuten lähtötiedot vaativat ja kaapu olisi sivulta kannatettu jalustaan.

Tarkastusluukku sijoitettiin selkälevyllä siten että, aukon etäisyys siipipyörästä olisi mahdollisimman lyhyt. Tarkastusluukun kautta siipipyörää voidaan huollon yhteydessä tarkastella, pestä ja huoltaa.



Kuva 7. Vasemmalla KS-sarjan L-225 ja oikealla ES-sarjan L-225 kaapu.

5.1.1 Layout 1

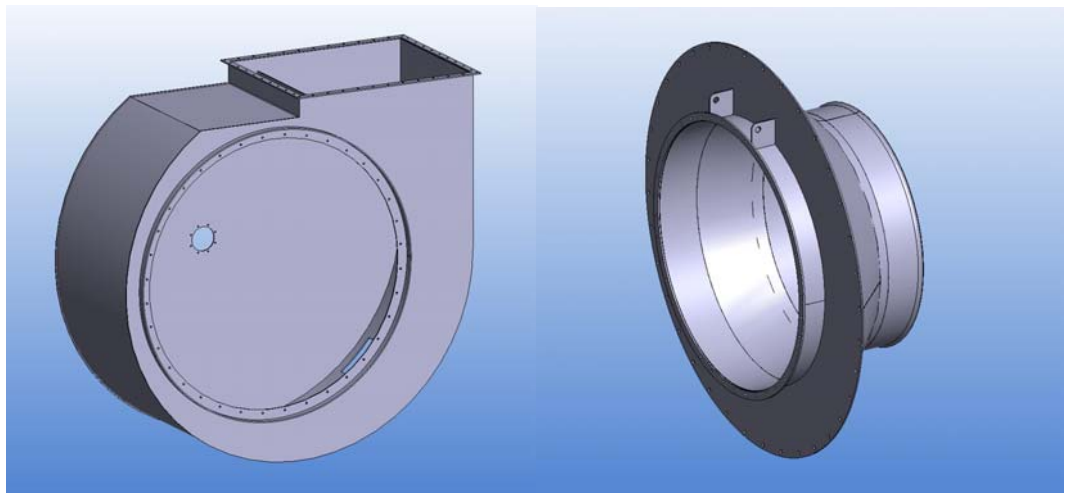
Ensin suunnitellaan yhtenäinen kaapu, jossa on vakiokokoinen imuaukko. Paineaukon mitat, imuaukon ja reikäjaon halkaisija sekä levyvahvuudet on määritelty EKU-taulukossa.

Hyödyt:

Vakiokokoinen imuaukon etu on huollettavuus, kun siipipyörän saa tarvittaessa kaavun sivulevyn aukosta ulos.

Haitat:

Imuaukon ollessa vakioimittainen sen etulevyn suuri ulkohalkaisija tuo haasteita kuljetettavuuteen ulkomittojensa ($\text{Ø}3465$ mm) sekä painonsa (1312,3 kg) vuoksi. Vakiokokoinen imuosan etulevyn suuri halkaisija nostaa materiaalikustannuksia.



Kuva 8. Yhtenäinen L-225 kaapu ja imuosa, vakioimuaukko

5.1.2 Layout 2

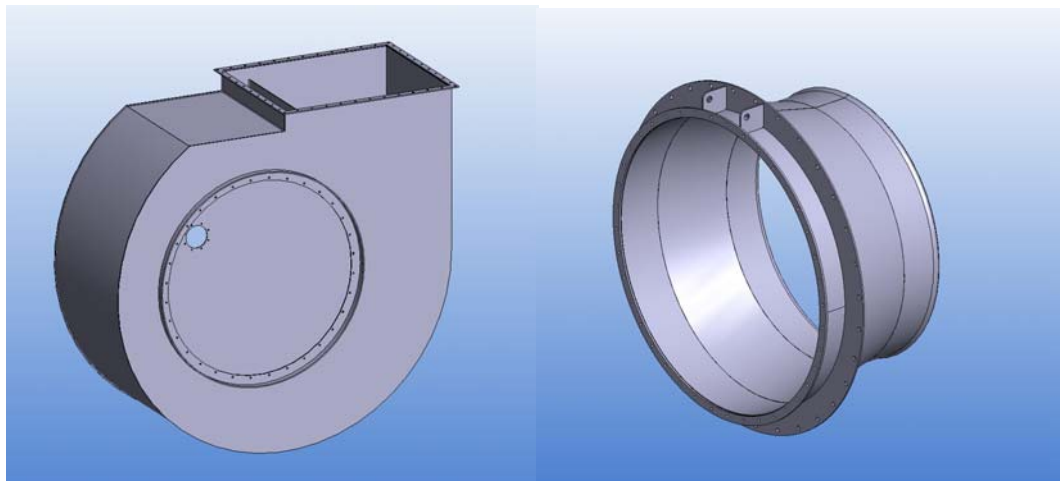
Seuraavaksi suunnitellaan yhtenäinen kaapu, jossa on pieni imuaukko. Paineaukon mitat, reikäjaon halkaisija ja levyvahvuudet on valittu EKV-työkalusta. Nyt imuaukkoa ja imuosan etulevyn ulkohalkaisijaa on pienennetty.

Hyödyt:

Pieni imuaukko mahdollistaa imuosan etulevyn vakiota pienemmän ulkohalkaisijan (vakio Ø3465 mm, pieni Ø2680 mm). Tämä keventää huomattavasti imuosan massaa (vakio 1312,3 kg, pieni 641,3 kg). Sekä laskee etulevyn materiaalikustannuksia ja helpottaa kuljetettavuutta.

Haitat:

Siipipyörää ei voi ottaa kaavusta ulos sivulevyn aukosta, tämä tuo haasteita huollettavuuteen.



Kuva 9. Yhtenäinen L-225-kaapu ja imuosa, pieni imuaukko

5.1.3 Halkaisuehdotus 1

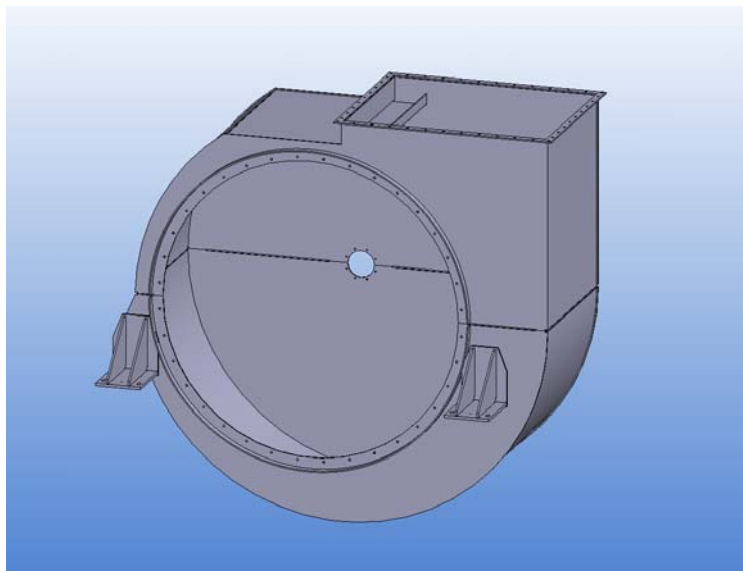
Tehdään ensimmäinen versio kaavun halkaisusta, joka on toteutettu pyörimiskeskion kautta. Tässä kaapu on tuettu sivulevyihin ja kannattimien paikat ovat symmetrisesti pyörimiskeskionstä ja imuaukko on vielä vakiokokoinen.

Hyödyt:

Siipipyörän saa pois kaavusta yhdessä laakeroinnin kanssa, kun yläsektori on nostettu pois. Sektorien ulkomitoissa on huomioitu kuljetusvaatimukset.

Haitat:

Kun halkaisu on pyörimiskeskion kautta, niin painelaippa pitää vapauttaa kanavasta siipipyörän irrottamiseksi ja kaavun tiivistäminen vaatii lisätoimenpiteitä.



Kuva 10. Halkaistu kaapu L-225, vakioimauukko

5.1.4 Halkaisuehdotus 2

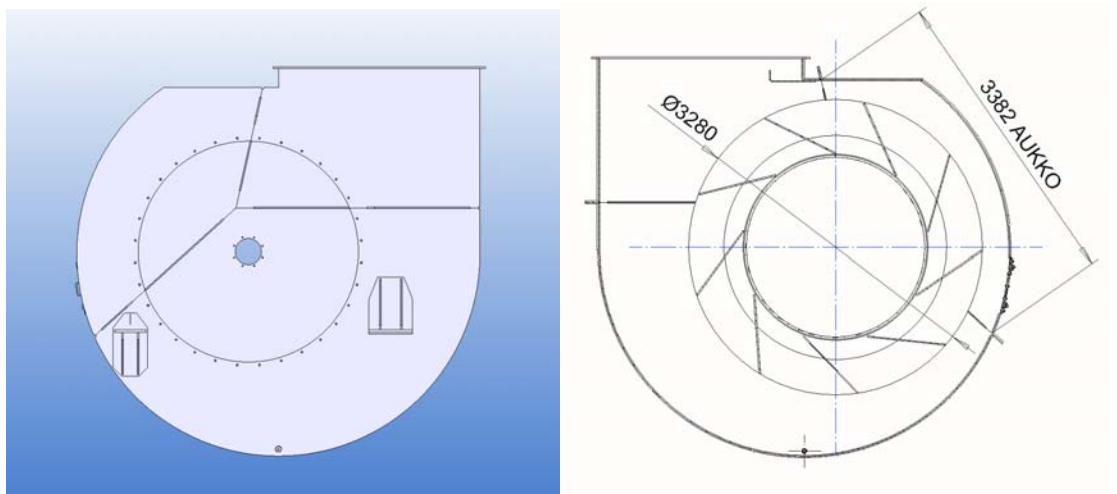
Nyt kaapu halkaistaan kolmeen sektoriin ja halkaisukohta on pyörimiskeskiön yläpuolella. Pieni imuaukko mahdollistaa kaavun kannatuksen sivulevyistä. Kannatus on sijoitettu epäsymmetrisesti pyörimiskeskiöön nähden, ja kannattimien liitoslevyt ovat samalla korkeudella. Suunnittelun edetessä varmistetaan, että suurin käytettävä siipipyörä (ulkohalkaisija $\text{Ø}3280$ mm) mahtuu kaavun yläsektorista pois painelaipan ollessa kanavaan kytkettynä (kuva 11). Kaavun imuaukon puoleisen sivulevyn alimmassa kohdassa on reikä $\text{Ø}70$ mm nesteenpoistoyhdettä varten.

Hyödyt:

Siipipyörän saa ulos kaavusta toisen yläsektorin kautta ja painelaippa voidaan pitää kiinni liitäntäkanavassa huollon yhteydessä. Lisäksi sektorien koko on suhteutettu määriteltyihin kuljetusmittoihin. Kaapu on hyvin tiivis, koska tiivistyspinta on yhtenäinen.

Haitat:

Siipipyörää ei saa pois sivulevyn kautta, koska imuaukko on pieni.



Kuva 11. Sektorihalkaistu kaapu L-225, jossa on pieni imuaukko, oikealla poikkileikattu kaapu, jonka sisällä suurin käytettävä siipipyörä $\text{Ø}3280$ mm.

5.1.5 Välitulos

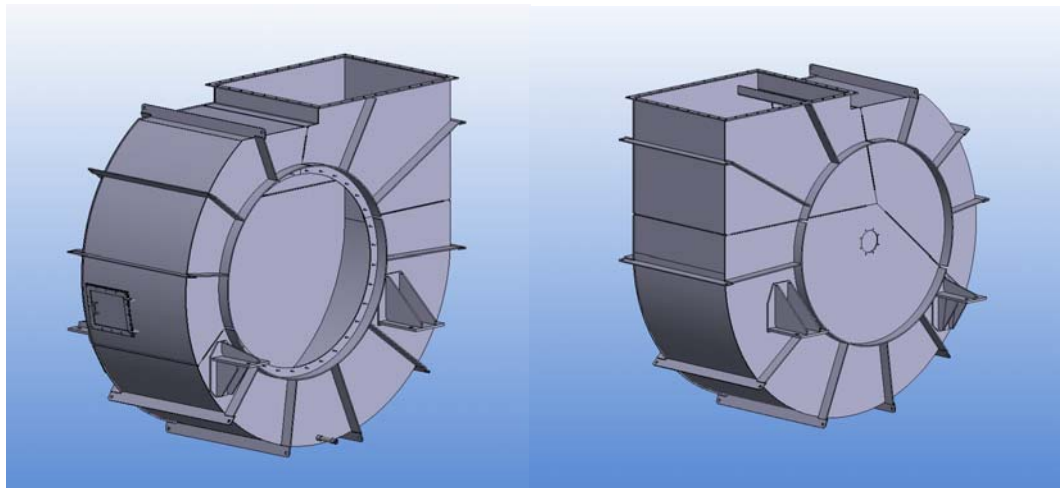
Edellisessä luvussa esiteltyjen versioiden yhteenvedona päätetään lopullisen mallin rakenteesta seuraavaa: Painelaipan tulee pysyä kytkettynä liitäntäkanavaan huollon aikana, sektorien halkaisujen tulee olla pyörimiskeskiön yläpuolella ja imuaukon on oltava pieni. Näin kaavusta tulee tiivis, sektorien kuljetus helpottuu, siipipyörän saa pois kaavusta avatun yläsektorin kautta, imuosa on kevyempi, edullisempi sekä kuljetusmittoihin sopiva /5,6,7/.

5.1.6 Jäykistys

Seuraavaksi kaapu jäykistetään sivu- ja selkälevyistä. Jäykisteiden tarkoitus on estää kaavun muodonmuutokset paine- ja lämpötilavaihteluiden vaikutuksesta. Selkävyn jäykisteet poltetaan laserilla 12 mm:n levyistä, niissä on valmiit nostoreiät, joita apuna käyttäen sektorin liikuttelu helpottuu. Sivulevyjen jäykisteet ovat 15x150 mm:n lattatankoa, joka tilataan metritavarana. Latat sijoitetaan säteittäin pyörimiskeskiöön nähden noin 30° kulman etäisyyteen toisistaan. Sivulevyjen piirustuksien laserkuvannoissa on poltettavat apuviivat lattojen sijoittelusta, mikä helpottaa hitsaajaa sijoittamaan latat oikeille paikoille. Sivulevyn aukko on jäykistetty rengaslatalla 15x150 mm, ja vastaava jäykiste tulee molemmin puolin kaapua /3/.

Hyödyt:

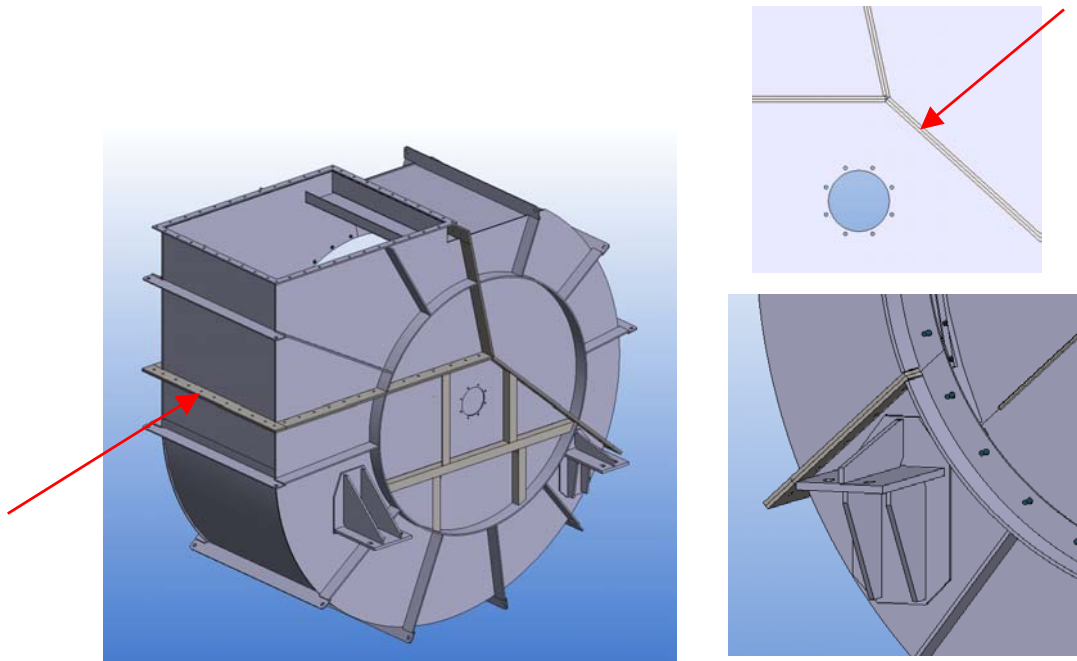
Kun jäykisteet sijoitetaan säteittäin keskiöstä niin puhallussuunnan vaihduttua lattojen uudelleensijoittelu on yksinkertaista ja kaapujen rakenne yhdenmukaistuu.



Kuva 12. Kaapu L-225, levypintojen jäykistys molemmilta puolilta kaapua.

5.1.7 Liitoslaipat

Kaavun sektoreihin lisätään liitoslaipat, joiden materiaali on lattatankoa 15x150 mm, ja niihin porataan noin 180 mm:n jaolla Ø24 mm:n vapaareiät kiinnitysruuveja M20x60 varten /4/. Liitoslaippojen hitsaus vaatii erityistä huolellisuutta, jotta tiivistyspinnasta saadaan suora ja tiivis. Sitten imupuolen reikäkehälle lisätään M20x60-ruuvit siten, että ruuvinkannat jäävät kaavun sisäpuolelle ja ne hitsataan ympäri. Kaavun moottorinpuoleiseen sivulevyyn hitsataan kulmatangosta 100x100x10 mm:n jäykisteet sopivalle etäisyydelle tiivistyskeskiöstä, näiden väliin tulee mahtua Ø520 mm:n jäähdytyskiekon.

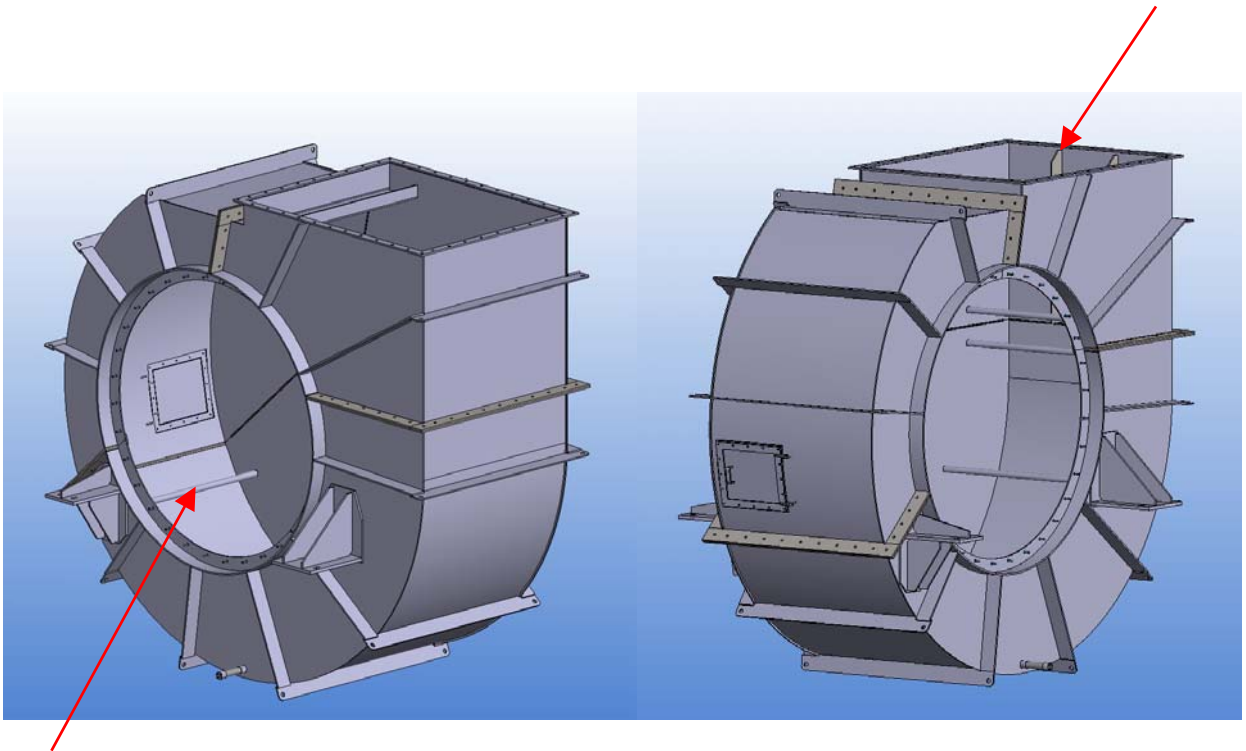


Kuva 13. Kaapuun lisätty liitoslaipat, oikealla ylhäällä yksityiskohta laippojen liitännäkohdasta, oikealla alhaalla yksityiskohta kannattimesta ja liitoslaipasta.

5.1.8 Tuenta

Kaavun sisäpuolelle lisätään tukiputket, joiden ulkohalkaisija on $\text{Ø}60,3$ mm ja seinämät ovat 3,2 mm /3/. Niiden tehtävänä on estää kaavun vääntyminen ja tuoda jäykkyyttä kannatuskohtiin. Tukiputket sijoitetaan sektoreiden liitänköhtiin sekä kannattimien väliin. Tukiputkien paikoituksessa on otettava huomioon suurimman käytettävän siipipyörän vaatima tila.

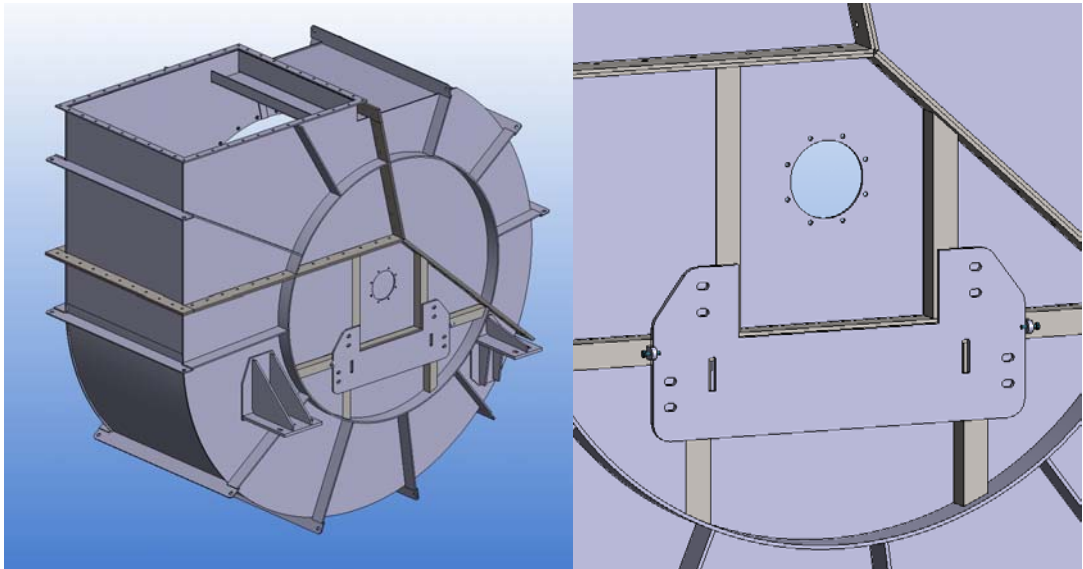
Oikean yläsektorin selkävyn sisäpinnalle hitsataan kaksi jäykistelattaa 15x150 mm, joiden päät viistetään. Koska selkävyn leveys on jopa 1760 mm, niin jäykistelattojen tehtävä on estää ison levypinnan lommahtelu painevaihteluissa ja näin estää liitänkösaumojen hitsien väsyminen.



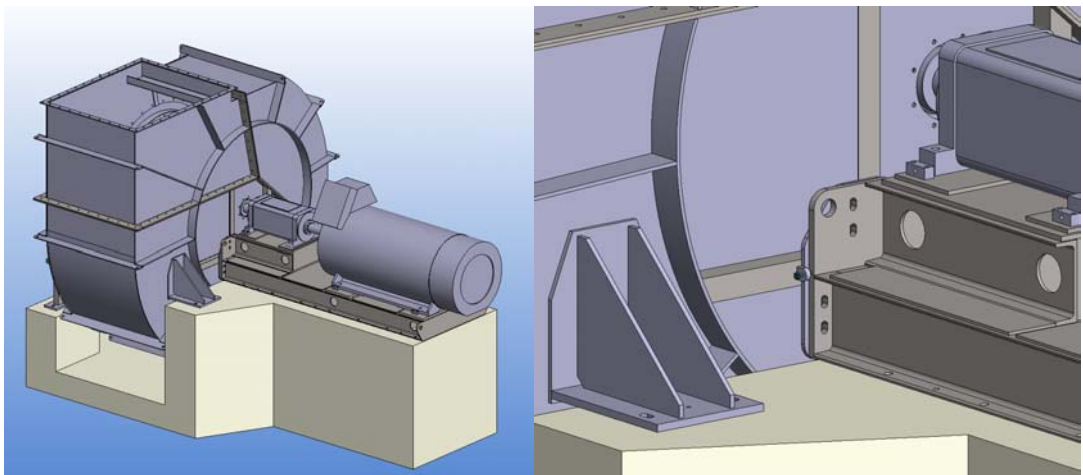
Kuva 14. Kaavun sisäpuolelle lisätty tukiputket, yläsektorin sisäpuolelle selkävyyyn lisätty jäykistelatat.

5.1.9 Kiinnityslevy

Kaavun moottorinpuoleisen sivulevyn kulmatankoihin hitsataan kiinnityslevy (s = 30 mm) /3/. Se valmistetaan yhtenäisestä levystä, koska siten reiät saa varmasti samalle korkeudelle toisiinsa nähden. Tästä levystä kaapu kiinnitetään jalustaan. Kiinnityslevyissä on horisontaalisuuntaisesti pitkät reiät, jolloin kaavun paikkaa jalustaan nähden pystytään säätämään. Levyyn polttoleikataan pitkät hahlot, joista levy myös hitsataan kiinni kulmatankoihin. Kiinnityslevyn reunoihin molemmille puolille hitsataan säätöpalat, joiden kierrerei'issä olevien säätöruuvien M16x60 avulla kaavun paikkaa voidaan säädellä sivusuunnassa /4/.



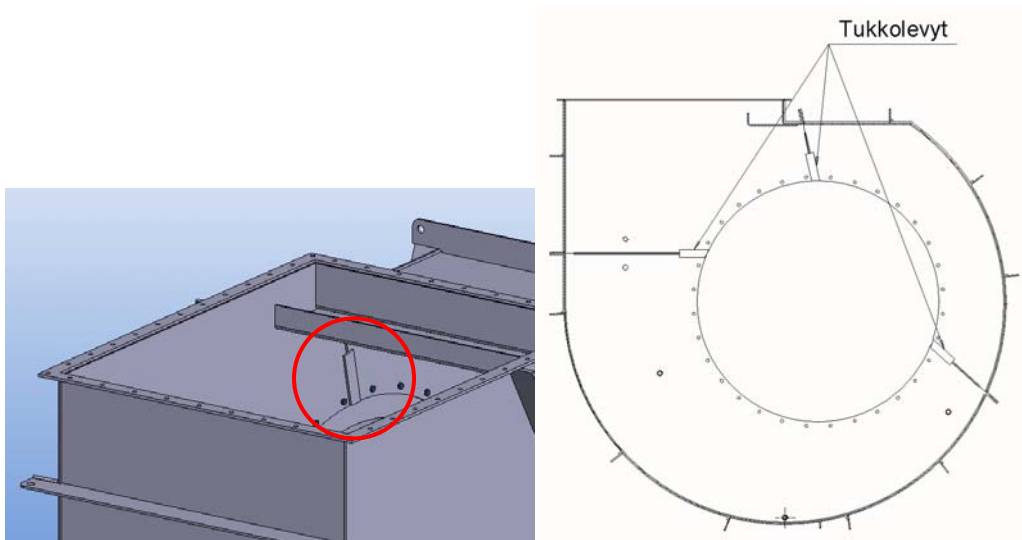
Kuva 15. Kaavun kiinnityslevy ja säätöpalat



Kuva 16. Puhaltimen pääkokoontalo, yksityiskohdassa kaavun liitos jalustaan

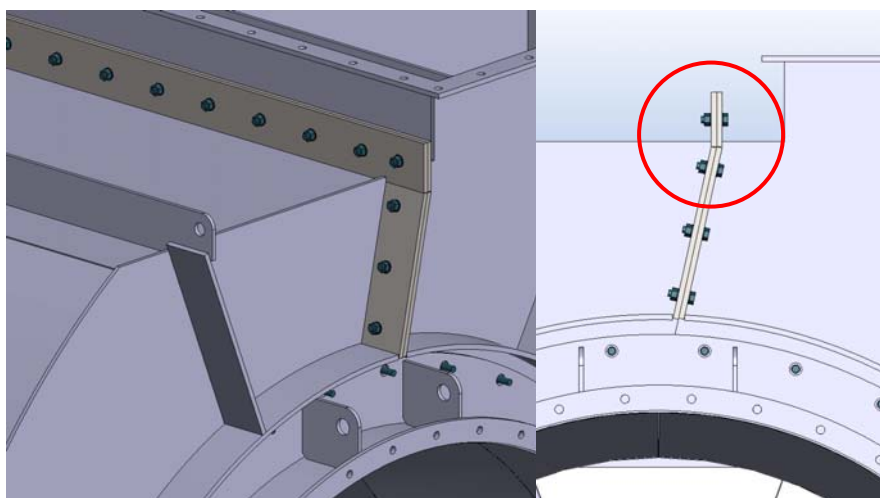
5.1.10 Tukkolevyt

Kaavun yläsektoreihin hitsataan tukkolevyt, nämä tiivistävät liitospinnat imuaukon kohdalta. Tukkolevyt hitsataan ainoastaan yläreunastaan. Jo kaavun halkaisuja suunniteltaessa on otettava huomioon tukkolevyjen paikat, että imuaukon jakoympyrällä oleville ruuvinkannoille jää tarpeeksi tilaa.



Kuva 17. Tukkolevyjen sijainnit

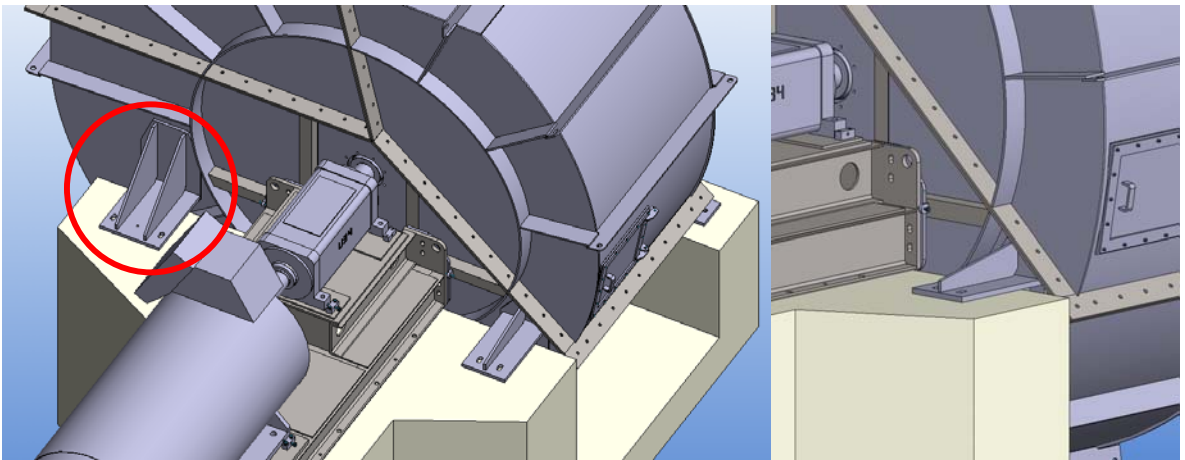
Sektorit kiinnitetään toisiinsa liitoslaippojen kiinnitysrei'istä. Liitokseen tulee kuusioruuvit M20x60 DIN 933 8.8 Zn, aluslevyt Ø21 DIN 125A molemmin puolin liitosta sekä kuusiomutterit M20 DIN 934 8.8 Zn /4/.



Kuva 18. Sektorien liitoslaippojen ruuviliitos

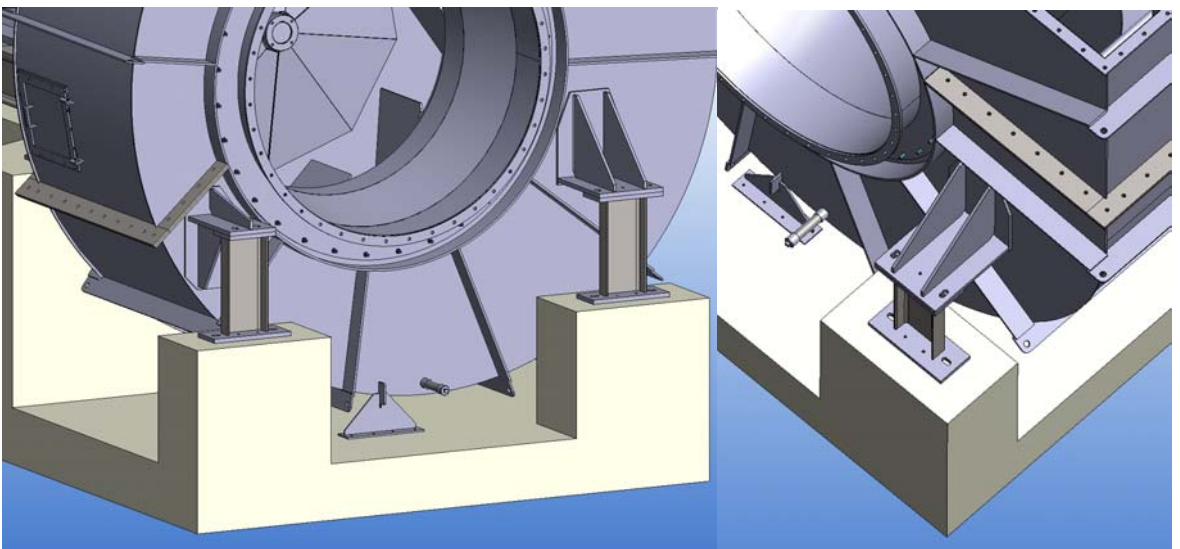
5.1.11 Kiinnitys betoniperustukseen

Kaavun moottorinpuoleinen sivu tuetaan jämerillä kannattimilla betoniperustukseen, johon ne kiinnitetään harjateräspulteilla HPM 30L /8/. Kannattimien pitkät reiät helpottavat kaavun asennusta. Perustuksen, kaavun ja liitoslaipan ahdas väli vaatii kannattimelle kompaktia rakennetta, että kaavun tuenta sivuilta RD0°:n puhallussuunnassa on mahdollista. Kaikki kannattimet jäykistetään pystypaloilla.



Kuva 19. Kaavun kannatus moottorinpuolelta katsottuna

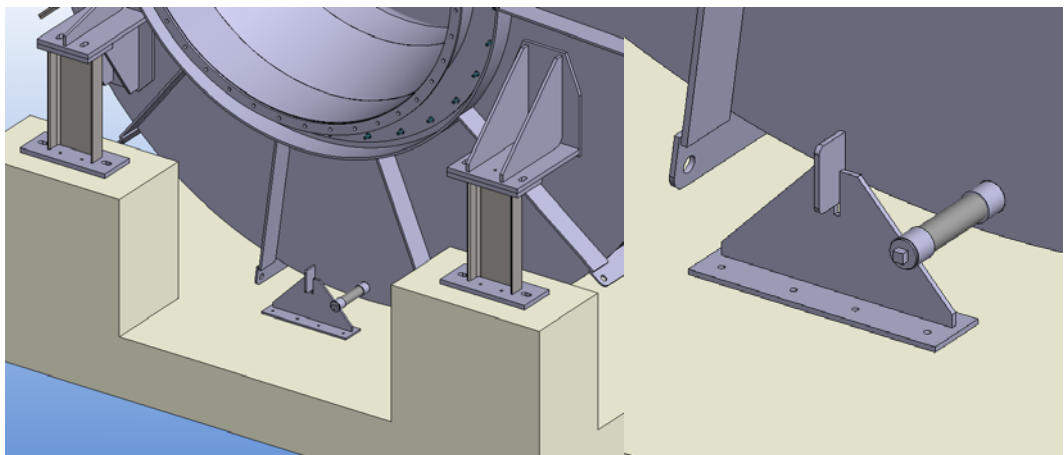
Imuaukon puolelta kaapu tuetaan erillisiin kannatinjalkoihin, jotka kiinnitetään myös HPM 30L -harjateräspulteilla betoniperustukseen /8/.



Kuva 20. Kaavun kannatus imupuolelta katsottuna

5.1.12 Etuohjain

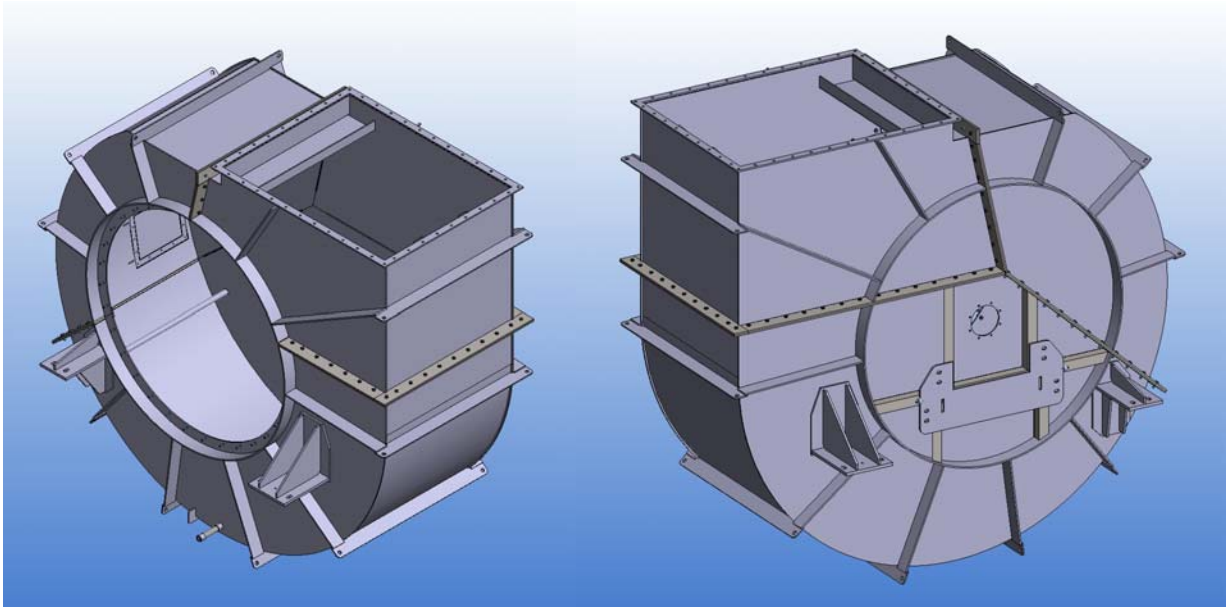
Kaavun keskelle alareunaan hitsataan etuohjainlevy, joka kulkee etuohjaimen hahlossa. Etuohjain kiinnitetään ruuveilla betoniperustukseen, ja sen tarkoitus on estää kaapua vääntymästä lämpötilamuutosten mukaan. Kaavun alaosassa sijaitsee nesteenoistoyhde, joka koostuu kaapuun hitsatusta 2-tuumaisesta muhvista, tähän hitsatusta n. 200 mm:n putkesta ja putken päähän hitsatusta 2-tuumaisesta muhvista, johon on ruuvattu kierretulppa. Nesteenoistoyhteen kautta kaavusta voidaan poistaa kaapuun kondensoitunut vesi sekä siipipyörän pesuvesi.



Kuva 21. Kaavun alareunassa etuohjain ja nesteenoistoyhde 2-tuumaa

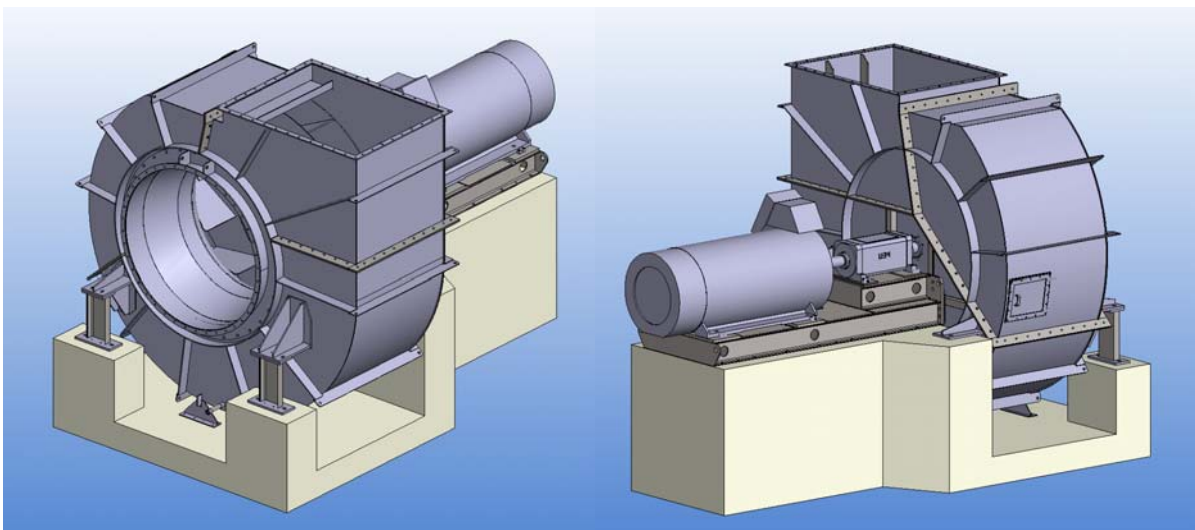
5.1.13 Valmis 3D-malli

Kun kaavun 3D-malli on valmis, on vasta osa suunnittelutyöstä tehty. Seuraavaksi tarkastellaan 3D-mallista kaavun geometriaa ja varmistetaan osien yhteensopivuus.



Kuva 22. Valmis L-225-kaapu imupuolelta ja moottorin suunnasta katsottuna.

Kaapu liitetään pääkokoontaan ja varmistetaan osien yhteensopivuus.



Kuva 23. Puhallinkokoonpano L-225 puhallussuunta RD0°

5.2 Työpiirustukset

Kun kaavun 3D-malli on valmis, aloitetaan osien työpiirustusten työstäminen. Työpiirustuksia tehtäessä on vielä mahdollisuus tehdä muutoksia ja parannuksia suunnitelmaan.

Työpiirustuksissa noudatetaan yleisiä koneenpiirustusstandardeja /2/. Siten voidaan varmistaa tuotteen valmistukseen liittyvien ongelmakohtien minimointi.

Työpiirustusten kuviin laitetaan tiedot valmistuskohtaisista toleransseista /1/.

Työpiirustus on dokumentti, johon saatetaan palata useiden vuosien jälkeen ja niiden mukaan on kyettävä valmistamaan myöhemmin varaosia juuri nyt valmistettavalle konstruktiolle. Siis mitä selkeimmin yksityiskohdat on esitelty, sitä varmemmin tuote läpäisee koko tuotantorakenteen suunnittelusta valmiiksi laitteeksi onnistuneesti.

Kaavun työpiirustuksissa ei tehdä materiaalivalintaa, koska kaavun materiaali valitaan käyttöolosuhteiden mukaan tilauskohtaisesti.

Kaavun sektorien kokoonpanoihin pyritään antamaan tarkat ohjeet. Erityisesti kaavun liitoskohtien hitsaus tulee olemaan haastavaa. Liitoslaippoihin tulee pitkiä hitsisaumoja, jotka hitsauksen lämpövaikutuksesta helposti aiheuttavat sivulevyjen vääntymistä ja siten kaavun muodon vääristymistä. Tähän voidaan vaikuttaa oikealla hitsausjärjestyksellä.

5.3 Kustannusvaikutukset

Yksi tämän projektin lähtökohdista on ollut puolittaa kaavun suunnitteluun kuluva aika. Sen tekee mahdolliseksi ensimmäisen kaavun kehittämisestä syntynyt viimeistelty perusmalli, josta varioimalla voi muokata uuden kaavun toiselle puhallussuunnalle.

Kun kaapu on tuettu sivulevyistä ja kiinnityskohdat kannatuksineen pysyvät puhallussuunnasta riippumatta samoina, niin tällöin betoniperustuksen rakenne säilyy samanlaisena puhallussuuntien vaihtuessa. Nämä yhdessä tuovat säästöjä tulevien puhaltimien suunnittelukustannuksiin.

Kaapuun käytettävä levyateriaali on merkittävä menoerä kaavun valmistuksessa. Laadukkaan ja luotettavan levy- ja lattamateriaalin toimittaa Ruukki.

Kaavun hitsaus on aikaa vievää ja vaativaa työtä, jossa erityisesti kaavun oikeanlainen muoto ja liitospintojen suoruus ovat erityisen tärkeitä, että kaavusta saadaan tiivis ja sektorilohkoista yhteensopivat. Uuden kaavun rakenne ei tuo tähän työvaiheeseen merkittävää muutosta, joten kustannusvaikutukset pysyvät ennallaan.

Kaavun rakenne, jossa siipipyörä on mahdollista ottaa ulos sektorin kautta tuo säästöä huoltokuluihin. Koska tällöin ei tarvitse purkaa tai katkaista liitäntäkanavia kaavun avaamiseksi. Usein puhaltimen loppusijoitus on hyvin ahtaassa tilassa, jolloin huoltotyöt vaativat suunnitelmallisuutta.

6 YHTEENVETO

Tutkintotyön läpivieminen oli erittäin kiinnostava ja opettavainen prosessi.

Yhteistyö opettajan ja tutkintotyön valvojan sekä suunnittelutiimin kanssa sujuivat hyvin.

Vaikka puhallin oli minulle entuudestaan tuttu konstruktio toi kaavun kehittäminen uusia näkökulmia rakennesuunnitteluun, 3D-mallinnukseen ja valmistusmenetelmiin sekä lisäsi taitoa käyttää Vertexin G4-ohjelmistoa kattavammin.

Kaavun suunnittelusta ja sen työpiirustuksista on hyötyä Koja Oy:lle heti. Kaapua voi käyttää jo seuraavan L-225 puhallin kokoonpanon osana.

LÄHTEET

Painetut lähteet

- 1 Suomen standardoimisliitto, SFS-käsikirja 20, Toleranssit., Kyriiri Oy, Helsinki 1997. Sivut 245, 255, 298 ja 311.
- 2 Pere, Aimo, Koneenpiirustus 2. Cosmoprint Oy, Helsinki 1995. Sivu 19 - 29.
- 3 Ruukki, Varasto-ohjelma 02.2006, Rautaruukki Oyj 2006. Sivut 6, 36 ja 46.
- 4 Bufab Finland Oy; Bufab 99, Blomberg & Offsettryck AB, Stockholm 95,05, sivut 2:9, 8:2 ja 9:1.

Painamattomat lähteet

- 5 Lahtinen, Mikko, tuotekehityspäällikkö. Keskustelut 2007 - 2008. Koja Oy. Tampere
- 6 Hotakainen, Harri, suunnittelupäällikkö. Keskustelut 2007 - 2008. Koja Oy. Tampere
- 7 Muikku, Juhani, suunnittelija. Keskustelut 2007 - 2008. Koja Oy. Tampere

Sähköiset lähteet

- 8 Peikko Group, Peikko Finland Oy
<http://www.peikko.fi/Default.aspx?Id=438940>

Kuljetusmitat			KOJA Oy
Sopimuskumppaneiden autojen lastausmitat			
Kiitolinja (kotimaa)			
Pituus(L)/m	Leveys(B)/m	Korkeus(H)/m	
Perävaunu			
7,40	2,44	2,50	
Vetoautot			
13,35	2,44	2,70	
Kapelli			
13,42	2,44	2,80	
DSV (ulkomaat)			
Normaali trailer			
13,60	2,44	2,60	
Megatrailer			
13,60	2,44	3,00	
Kriittiset mitat;			
Etualot (erikoiskalusto)			
	2,50-3,49	3,5	
Etuauto +lupa (erikoiskalusto)			
	3,50-3,99	4,20	(korkeus 4,20 => vain lupa, ei etuautoa)
Etuauto + lupa + liikenteenohjaaja (erikoiskalusto)			
	3,50-3,99	5,00-->	
Etuauto + taka-auto + lupa + liikenteenohjaajat (erikoiskalusto)			
	4,00-5,00		
Kaksi etuautoa + taka-auto + lupa + liikenteenohjaajat (erikoiskalusto)			
	5,01-7,00		