

# Höyrykattilan ilmauslaatikon standardointi

Andritz Oy paperi- ja selluteknologian talteenottodivisioona, KR

**Jere Nieminen**

Opinnäytetyö

---

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka	
Työn tekijä(t) Jere Nieminen	
Työn nimi Höyrykattilan ilmauslaatikon standardointi	
Päiväys 19.4.2012	Sivumäärä/Liitteet 45+9
Ohjaaja(t) Ryynänen Seppo, Salkinoja Heikki	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Andritz Oy paperi- ja selluteknologian talteenottodivisioona, Henri Lähdeniemi	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämä opinnäytetyö käsittelee höyrykattilan ilmauslaatikon standardointia. Työn aihe on saatu Andritz Oy:n Varkauden yksikön suunnittelupuolelta. Ilmauslaatikon eri osatekijöiden standardoinnilla pyritään sekä helpottamaan että nopeuttamaan ilmauslaatikon tuotantoprosessia vähentämällä samojen suunnitteluvaiheiden toistoa. Tällä tavoin ilmauslaatikon standardoinnilla lasketaan myös kokonaiskustannuksia ja saavutetaan yritykselle kilpailuetua.</p> <p>Työ määrittelee ilmauslaatikolle ja sen osille vakiomitat, joita hyödynnetään jatkossa kaikissa ilmauslaatikoissa, joissa käytetään työn lähtökohdiksi otetun kokoisia tyhjennys- ja hönkälinjan putkia. Lisäksi ilmauslaatikon kehikkoa kehitettiin joustavammaksi ja tutkittiin keinoja ilmauslaatikon luukkujen tiivistämiseksi. Ilmauslaatikon, sen osien ja kehikon optimaaliset valmistusmateriaalit standardoitiin työssä. Lisäksi määriteltiin optimaalisimmat kokoluokat eri ilmauslaatikon osille sekä kannatusratkaisuille.</p> <p>Kaikki mitat ilmauslaatikon ja sen osien osalta, lukuun ottamatta käsipyörän kokoja, määriteltiin aiempien valmistuspiirustusten pohjalta. Niistä on aluksi tutkittu ilmauslaatikon luukuille olemassa olevia yhteneväisiä mittavaihtoehtoja, joiden pohjalta on laskettu kolme kokovaihtoehtoa jokaiselle eri luukkumäärän ilmauslaatikolle. Kokovaihtoehdoista ehdotettiin standardiksi aina optimaalisin vaihtoehto niihin mahtuvien yhteiden määrän sekä käsipyörien mittojen perusteella.</p> <p>Kunkin luukkumäärän parhaalle ilmauslaatikon leveysvaihtoehdolle piirrettiin lisäksi kehikot, joiden kuljettaminen useammassa osassa ratkaistiin ruuviliitoksilla. Määritellyn kehikon palkin korkeussuunnan ja pilarien leveyssuunnan säätäminen työmaalla asennettaessa saavutettiin ruuviliitoksilla. Lisäksi tutkittiin ilmauslaatikolle, sen osille ja kehikolle sopivia erilaisia valmistusmateriaaleja sekä luukkujen tiivistämateriaaleja kiinnitystapoineen. Yrityksen sisäisessä kyselyssä selvitettiin lisäksi höngän- ja lauhteenpoistinten koot sekä virtausnopeus, laatikon toiminta, tehtävä sekä mitoitusperusteet.</p> <p>Työssä standardoidut höyrykattilan ilmauslaatikon osatekijät toimivat jatkossa niin pohjana ilmauslaatikoiden suunnittelutyössä kuin myös standardien pohjalta tehtävien valmistuskuvien ohjenuorina.</p>	
Avainsanat standardointi, ilmauslaatikko, yhde, luukku, käsipyörä, venttiili, putkiluokka	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Jere Nieminen			
Title of Thesis Standardization of Steam Boiler's Air Venting Box			
Date	19.4.2012	Pages/Appendices	45+9
Supervisor(s) Ryynänen Seppo, Salkinoja Heikki			
Client Organisation /Partners Andritz Oy Recovery and Power Division, Lähdeniemi Henri			
<p><b>Abstract</b></p> <p>This thesis deals with the standardization of a steam boiler's air venting box. The topic was given by the design unit of Andritz Ltd in Varkaus. The standardization of the components of the air venting box aims both at easing and speeding up the manufacturing process by reducing the repetition of design steps. In this way, the standardization also decreases total costs and gains competitive advantage for the company.</p> <p>The work defines standard measures for the air venting box and its' parts. These standard measures will be utilized in the future for all air venting boxes, in which the defined discharging and draft lines' pipe sizes are used. In addition, the frame of the air venting box was developed more flexible and manners for water and steam proofing the manholes of the air venting box were studied. The optimal manufacturing materials of the air venting box, its parts and frame were standardized in the study. In addition, the most optimal size classes were defined for the different parts of the air venting box as well as for the support solutions.</p> <p>All measures concerning the air venting box and its parts, except for the hand wheel sizes, were defined based on earlier manufacturing drawings. Firstly, the drawings were studied to find existing compatible measures for the manholes of the air venting box, from the basis of which three size options were calculated for each air venting box with different number of manholes. Always the most optimal option (according to the amount of fittings as well as the dimensions of the hand wheels) was suggested as a standard.</p> <p>In addition, frames were drawn for all of the best width options of the air venting boxes with a different number of manholes. Transporting the frames in several pieces was solved by screw suspensions. Adjusting the vertical direction of the frame's beam and the horizontal direction of the frame's column on site was achieved also with screw suspension. Furthermore, different manufacturing materials for the air venting box, its parts and the frame as well as steam and water proofing of the manholes and their fastening were studied. The sizes and the flow rates of the steam and condensate removers as well as the function, task and dimensioning criteria of the air venting box were examined in an internal query.</p> <p>In the future, the different standardized factors of the steam boiler's air venting box form a basis for designing air venting boxes and function as guidelines for the manufacturing drawings, which will be developed based on the standards presented in this thesis.</p>			
<p><b>Keywords</b> standardization, air venting box, fitting, manhole, hand wheel, valve, pipe class</p>			

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
2	YRITYSESITTELY.....	8
3	HÖYRYKATTILAN ILMAUSLAATIKON TEHTÄVÄ, RAKENNE JA MITOITUS.....	9
3.1	Rakenne.....	10
3.2	Höyrykattilan koon vaikutus materiaalin vahvuuksiin ja ilmauslaatikon ja sen osien mitoitukseen .....	11
4	ILMAUSLAATIKON KEHITTÄMINEN JA STANDARDOINTI (YLEENSÄ).....	13
4.1	Ilmauslaatikon kehittämistarpeet.....	13
5	ILMAUSLAATIKON STANDARDOINTI .....	15
5.1	Ilmauslaatikon mittojen standardoinnin peruseriaatteet .....	16
5.2	Ilmauslaatikon ja kehikon mittojen standardointi.....	16
5.3	Käsipyörien määrän ja suurimman mahdollisen koon standardoinnin peruseriaatteet.....	19
5.4	Yhteiden määrän standardointi.....	22
5.5	Peruskäsipyöräkoon määrittäminen.....	25
5.6	Yhdetaulukon sisältö .....	26
5.7	Luukkujen tiivistämisen peruseriaatteet.....	27
5.8	Ilmauslaatikon kehikon säädettävyyden lähtökohdat .....	28
5.9	Materiaalivalinnan lähtökohdat .....	29
6	EHDOTETUT RATKAISUMALLIT .....	31
6.1	Ratkaisumallien valinta pisteyttämällä .....	31
6.2	Ilmauslaatikon mitoitus.....	35
6.3	Käsipyörien koko ja yhteiden määrä.....	37
6.4	Ilmauslaatikon kehikon mitoitus .....	38
6.5	Suosittelava yhdetaulukon toteuttaminen .....	38
6.6	Ilmauslaatikon ja sen osien valmistusmateriaali .....	39
6.7	Ilmauslaatikon kehikon säädettävyys .....	39
6.8	Ilmauslaatikon tiivistämateriaali ja sen kiinnitys .....	41
	YHTEENVETO.....	42
	LÄHTEET .....	44

## LIITTEET

Liite 1 Esimerkki SEMPELL VA500 istukkaventtiilin tiedoista

Liite 2 Kyselyyn saadut vastaukset, Jurtilan Jukka

Liite 3 Kyselyyn saadut vastaukset, Fabritiuksen Marko

Liite 4 Kokonaisversio kuvasta 4

Liite 5 Kokonaisversio kuvasta 5

Liite 6 Kokonaisversio kuvasta 6

Liite 7 Kokonaisversio kuvasta 7

Liite 8 Kerätyt käsipyörälliset korkeapaineventtiilit projekteittain

Liite 9 Kokonaisversio kuvasta 8

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aihe on saatu Andritz Oy:n ”Recovery and Power”-divisioonalta eli paperi- ja selluteknologian talteenottodivisioonalta. Kyseessä olevaan divisioonaan kuuluu myös Varkauden organisaatio, jossa tämä opinnäytetyö on tehty. Tarkemmin sanottuna tämä opinnäytetyö on tehty Varkauden yksikön KR-divisioonan suunnittelupuolelle. Yrityksestä muodostui varteenotettava vaihtoehto tämän opinnäytetyön tekemiselle kirjoittajan aiempien Andritzilla tehtyjen työharjoittelujen ja kesätöiden takia. Opinnäytetyötä on tehty enimmäkseen yrityksessä insinööriyöntekijänä, koska aineistosta pääosa löytyi ainoastaan yrityksen projektikansioista.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään höyrykattilan eli kattilan ilmauslaatikon standardointia. Ilmauslaatikon avulla poistetaan kattilaputkistoista ilmaa höyrykattilaa käynnistettäessä, millä on tarkoitus estää höyrykattilan kiertohäiriöitä. Opinnäytetyön pääasiallisena tarkoituksena on saada standardoitua kolmenkokoisille ilmauslaatikon tyhjennys- ja hönkälän putkille ilmauslaatikon mitat siten, että vastaisuudessa höyrykattilan ilmauslaatikkoa suunniteltaessa sille löytyy valmiita raameja, joita käyttää.

Standardoinnin tiimoilta opinnäytetyössä esiin tulevia pääteemoja ovat: ilmauslaatikon leveys, sen tarkastusluukkujen eli luukkujen tiivistäminen, putkiyhteiden eli yhteiden sekä käsipyörien määrät ja välimitat, höyryn- ja lauhteenpoiston koko, ilmauslaatikon jalustan eli kehikon pituus ja leveys sekä kiinnitys ja käyttö- eli valmistusmateriaalin valinta.

Opinnäytetyö selvittää myös perinpohjaisesti ilmauslaatikon rakennetta sekä kertoo sen toimintaperiaatteesta ja käyttötarkoituksesta. Lisäksi selvitetään ilmauslaatikon mitoittamiseen vaikuttavia tekijöitä, joita ovat käyttökohde ja vallitsevat olosuhteet. Myös materiaalin valinnan tärkeys niin rakenteen kestävyys kuin myös käytännöllisyyden kannalta nousee työssä esiin. Ilmauslaatikon osalta kerrotaan tarkemmin nykyisen ratkaisun puutteista sekä siihen tehtävistä muutoksista.

Ilmauslaatikon eri osatekijöitä on tutkittu enimmäkseen yrityksen omista arkistoista löytyvien ilmauslaatikon valmistuspiirustusten sekä käytettyjen venttiilien päämittakuvien pohjalta. Näiden venttiilien päämittakuvien tiedot on kerätty yrityksessä käytettävien venttiilien valmistajien tuotevalikoimista (esim. liite 1).

Valmistus- ja käsipyöräpiirustuksia on käyty läpi noin 60 projektista ja löytyneiden kymmenen piirustuksen pohjalta on tutustuttu tarkemmin ilmauslaatikon nykyisiin suunnitteluratkaisuihin. Näiden kymmenen piirustuksen pohjalta on eritelty informaatiota ilmauslaatikon standardointia varten taulukoimalla eri mitta- ja määrätietoja.

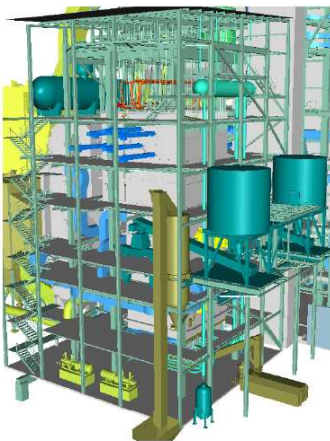
Andritzin projektien piirustusten lisäksi aiheen tutkimisen avuksi tehtiin kysely yrityksen sisällä ilmauslaatikon toimintaan ja kehitystarpeisiin liittyen (liite 2, liite 3). Yrityksen puolesta ja kyselyn pohjalta käy ilmi muun muassa tarve määrittää ilmauslaatikolle vakioleveys ja tarve tiivistää ilmauslaatikon luukut siten, että niistä ei pääse vettä läpi. Lisäksi kehittämistä vaativat laatikon ja luukkujen välistä käyttötilanteessa tulevan vesihöyryn eli höyryn määrän saaminen mahdollisimman pieneksi. Yrityksen puolesta kävi ilmi myös, että putkiyhteille tulee etsiä optimivälit sekä sopivat määrät kutakin erikokoista ilmauslaatikkoa varten. Höyryn- ja lauhteenpoistimien koot tulee myös määrittellä sekä valita paras käyttömateriaali. Kuljetuksen helpottamiseksi kehikon pituus ja leveys on syytä vakioida sekä suunnitella kiinnitys ilman hitsausta.

Opinnäytetyö on jaoteltu neljään osaan. Kappaleessa kolme käsitellään aluksi tarkemmin höyrykattilan ilmauslaatikkoa ja kappale neljä perehtyy standardoinnin yleisiin hyötyihin sekä listaa aiempien projektien ilmauslaatikoissa ilmenneet puutteet. Kappaleessa viisi esitetään ilmauslaatikon mittojen ja standardoinnin peruseriaatteet, joilla havaittuja puutteita voidaan parantaa. Viimeisessä kappaleessa vertaillaan työtä varten kehitetyn pisteytysjärjestelmän avulla eri osa-alueille löytyneitä ilmauslaatikon standardoinnin ratkaisuvaihtoehtoja ja esitetään pisteytyksen pohjalta optimaalisimmat ratkaisumallit ilmauslaatikon eri osa-alueiden standardoimiseksi.

## 2 YRITYSESITTELY

Andritz Oy toimittaa maailmanlaajuisesti järjestelmiä, laitteita ja palveluja sellu- ja paperiteollisuudelle mukaan luettuna puunjalostus, kuituprosessit, kemikaalien talteenotto, voimakattilat (kuva 1) ja massankäsittely. Lisäksi Tampereella sijaitseva Andritz Hydro Oy toimittaa järjestelmiä, laitteita ja palveluja vesivoimateollisuudelle. Yhtiön omistaa kokonaan itävaltalainen yritys Andritz AG.

Andritz konsernin toiminnan suurin keskittymä maailmalta löytyy Euroopasta ja seuraavaksi eniten Pohjois-Amerikasta. Lisäksi Andritz konsernilla on toimintaa Aasiassa, Etelä-Amerikassa (kuva 2), Afrikassa, Väli-Amerikassa ja jopa Australiassa.



**Kuva 1.** Voimakattila.  
(PB-training, 10).

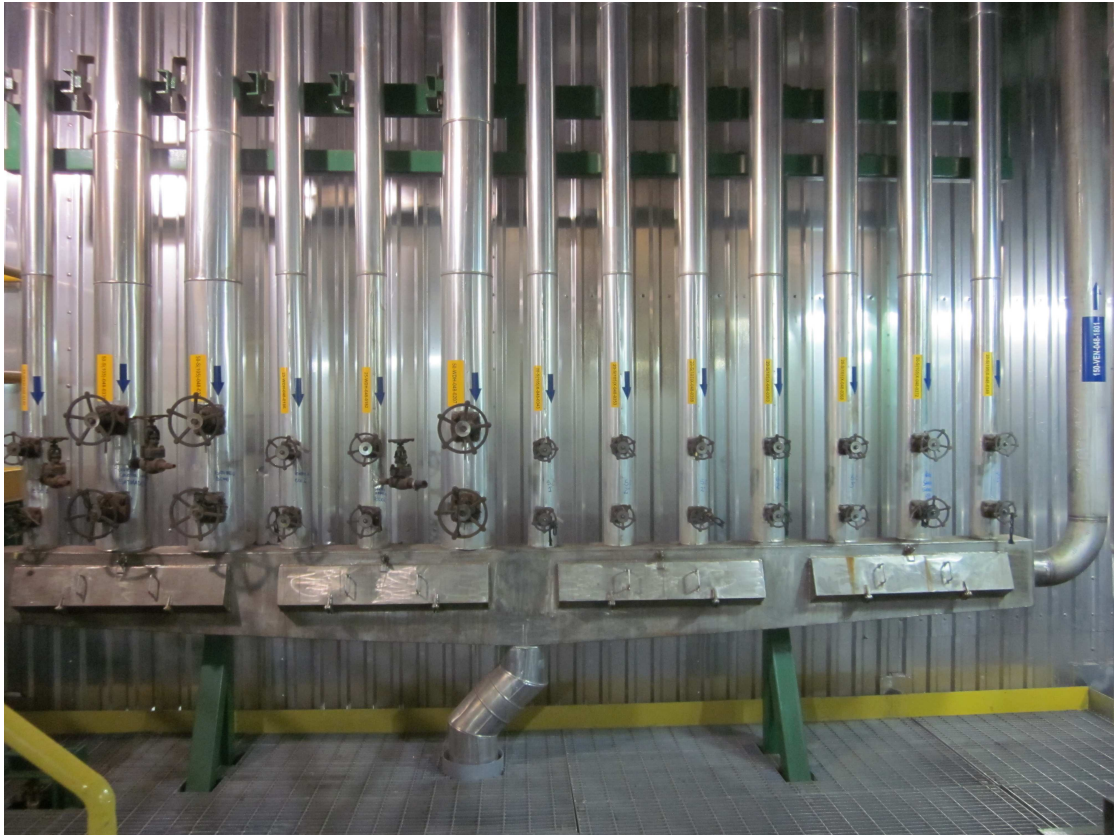


**Kuva 2.** Uruguay'n haihduttamo- ja soodakattilalaitos.  
(Recovery and Power Division, 2).

Kaikkissa Suomen konttoreissa työskentelee kaiken kaikkiaan noin 1000 työntekijää ja liikevaihto on noin 500 miljoonaa euroa. Konttorit sijaitsevat Helsingissä (HQ), Hollolassa, Kotkassa, Savonlinnassa, Tampereella ja Varkaudessa. Työntekijöitä Varkauden konttorilta löytyy suunnilleen parisataa. Näiden Suomen konttoreiden toimitusjohtajana toimii Harry Rickman. (Andritz-tulos 2011, 3)



### 3 HÖYRYKATTILAN ILMAUSLAATIKON TEHTÄVÄ, RAKENNE JA MITOITUS



**Kuva 3.** Laja projektin soodakattilan Ilmauslaatikko (Chile).

Ilmauslaatikon (kuva 3) rooli on tehtäviensä vähäiseen määrään nähden tärkeä. Ilmauslaatikko sijaitsee höyrykattilan vieressä lieriötasolla ja sitä käytetään vain höyrykattilaa ylös ajettaessa eli paineistettaessa. Sillä pyritään kontrolloimaan käynnistysvaiheessa muodostuvaa höyryn sekä lauhteen määrää, toisaalta yhteiden päässä olevilla venttiileillä ja toisaalta ilmauslaatikossa olevien luukkujen avulla.

Höyrykattilaa lämmitettäessä eli ylösajettaessa voi tulla vastaan tilanteita, jolloin kaikkien putkien vesi/höyry-seos ei kierrä, vaan putkistoihin jäänyt ilma esimerkiksi kokoajakammioissa estää kierron. Tämä voi aiheuttaa putken ylikuumentumisen ja johtaa jopa putken rikkoutumiseen. Toisin sanoen ilmauslaatikon avulla poistetaan kattilaputkistoista ilmaa, millä pyritään estämään kiertohäiriöitä kattilassa. Tämän takia höyrykattiloihin lisätään ilmausputkisto, jolla poistetaan ilma putkistoista ylösajon aikana. Ilmausputket kootaan useimmiten keskitetysti. (Liite 2.)

Ilmauslaatikosta lähtevien yhteiden kautta niiden päissä olevia venttiilejä avaamalla voidaan päästää liiat höyryt ulos. Näin höyrykattilan sisäisen paineen säätäminen onnistuu ja paine saadaan pysymään sallittujen rajojen sisällä.

Kyselyn mukaan (liite 3) ilmauslaatikon luukut jätetään yleensä auki siihen asti, että kattilan paineeksi muodostuu noin 2-3 baaria. Silloin kaikissa aukinaisissa linjoissa on kriittinen virtaus eli virtaus jokaista putkea kohti on noin 300 kg/h. Höyryn lämpötilasta riippuen osa virtauksista menee hönkänä eli vesihöyryn- ja ilman seoksena ja loput lauhteena eli tiivistyneenä vetenä.

Höyrykattilan vesikierto muodostuu siten, että jakokammioon tuotu syöttövesi tai höyry jaetaan menemään moniin eri putkiin. Putkistojen yhteen kokoaminen tapahtuu taas kokoajakammioissa. (Liite 2.)

Ilmauslaatikon luukkujen kautta päästään myös silmämääräisesti tarkistamaan, onko kaikki käynnistysprosessin aikana kunnossa. Lauhteenpoistimella poistetaan käynnistysprosessin aikana muodostuva liiallinen lauhdevesi ja höyrypoistimella liiallinen höyry ulos höyrykattilasta.

Yksinkertaistettuna Ilmauslaatikon tehtävä on eritellä ilmauslinjasta tulevasta ilma/höyry/lauhdeseoksesta ilma ja höyry lauhteesta. Ilma/höyry johdetaan hönkälinjaan ja lauhde lauhdelinjaan (liite 3).

### 3.1 Rakenne

Rakenteeltaan ilmauslaatikko ei ole kovinkaan monimutkainen höyrykattilan osa. Siihen sisältyvät itse laatikko-osan lisäksi siitä avattavat luukut. Ilmauslaatikon luukkujen määrä vaihtelee yleensä kahdesta viiteen laatikon koosta riippuen. Lisäksi ilmauslaatikkoon luetaan yksi lauhteenpoistin, jonka tarkoitus on poistaa prosessissa muodostunut kondensoitunut vesi. Kondensoituminen eli tiivistyminen tarkoittaa aineen olomuodonmuutosta kaasusta nesteeksi. Lauhteenpoistin sijaitsee yleensä laatikon alapuolella. Ilmauslaatikkoon lukeutuu myös yksi prosessissa muodostuneen ylimääräisen höyryn poistin, joka sijaitsee yleensä laatikon yläpuolella. Näiden lisäksi ilmauslaatikosta lähtee tietty määrä yhteitä riippuen seuraavista seikoista:

- Ilmauslaatikon koosta eli lähinnä sen leveydestä.
- Ensimmäisen ja viimeisen yhteen etäisyys ilmauslaatikon reunasta, joka on vähintään 100 millimetriä ja suurimmillaan 150 millimetriä.
- Ilmauslaatikon leveyden ja tarvittavien käsipyörien koon/kokojen mukaan määräytyvästä yhteiden välisestä etäisyydestä.

Yhteiden päistä puolestaan löytyy niitä vastaava määrä käsipyörällä varustettuja korkeanpaineisia istukkaventtiileitä. Näiden käsipyörien välille muodostetaan tietty etäisyys, jonka tulee olla riittävä, vähintään 80 millimetriä, niiden vaivatonta käyttöä varten. Lisäksi ilmauslaatikkoon kuuluu vielä ilmauslaatikon jalustana toimiva kehikko. Kehikolla ilmauslaatikko saadaan halutulle korkeudelle höyrykattilan lieriötasolla. Ilmauslaatikko kiinnitetään kehikkoon useimmiten paikalleen hitsaamalla tai pulteilla. Kehikko on yleensä kiinnitetty lieriötason kulkutasoon tai kulkutasolla oleviin kaide-elementteihin hitsaamalla.

### 3.2 Höyrykattilan koon vaikutus materiaalin vahvuuksiin ja ilmauslaatikon ja sen osien mitoitukseen

Ilmauslaatikon koon mitoitukseen vaikuttavat useat eri tekijät. Muutamia tärkeimpiä mitoituksen peruseriaatteita ovat ensisijaisesti mitoitukseen vaikuttava ilmauslaatikon käyttökohde, joka muodostaa vaatimuksia ilmauslaatikon mitoitukselle. Mitoitus riippuu myös höyrykattilan koosta. Erikokoiset höyrykattilat asettavat eri vaatimuksia ilmauslaatikossa käytettäville osille ja materiaaleille.

Hölkäputken, säiliön viemäriputken ulospuhalluksen, tyhjennys- ja hönkälinjan sekä venttiilien mitoituksessa käytetään ns. DN-standardikokoja. PSK-standardisoinnin käsikirja seitsemän mukaan DN-mitta ilmaisee putken ulkohalkaisijan. PSK standardeista löytyy putken DN-mittastandardien kokoluokkia esim. koolle DN 80. Käsipyörällä varustettujen korkeapaineistukkaventtiilien DN-kokojen mittahaitari on DN20-50.

Kyselyn mukaan (liite 2) ilmauslaatikon mitoituksessa käytetään lisäksi seuraavaa: Ylöspäin suunnatun hölkäputken kokona käytetään mittaa DN 80. Säiliön ulospuhalluksessa viemäriputken kokona käytetään mittaa DN 50. Periaatteena käytetään riittävän suuria putkia eli kylläisen höyryn nopeus ei saa olla yli 20 m/s ja veden nopeus yli 3 m/s. Ilmauslaatikolle tulevien putkien koko on DN 25. Kylläinen höyry on paineen mukaisessa tiivistymislämpötilassa olevaa höyryä, joka lämpöä menettäessään tiivistyy nesteeksi.

Tarvittavan ilmauslaatikon koko ja luokkujen määrä nousee siis höyrykattilan koon mukaan. Pienessä höyrykattilassa ei tarvita eikä siihen myöskään ole kannattavaa asentaa yhtä isoa ilmauslaatikkoa kuin isompaan höyrykattilaan. Näihin käyttöolosuhteisiin luetaan tietenkin kattilaa käynnistettäessä sen sisällä vallitseva paine ja lämpötila sekä niiden lisäksi muodostuneen lauhteen ja höyryn määrä. Putken osien mitoituksessa paineen ja lämpötilan valinta tehdään yleisesti ottaen

kyseessä olevan systeemin, joka tässä tapauksessa on korkeapainehöyry, suurimman käyttölämpötilan ja käyttöpaineen mukaan (Joronen & Viertävä 2008, 1). Materiaalin tulee siis kestää mahdollisimman hyvin vallitsevaa lämpötilaa ja painetta sekä lauhteen ja höyryn aiheuttamaa kulumista.

Perusohjeena voidaan sanoa, että mitä suuritehoisempi höyrykattila, sitä suuripaineisempaa höyryä sillä yleensä tuotetaan nostamaan voimalaitosprosessin hyötysuhdetta (Know energy). Näin ollen tarvittava lämpötilakin vaihtelee sen mukaan, minkä kokoista höyrykattilaa ja mitä polttoainetta energiantuotantoprosessissa käytetään. Lisäksi tulee huomioida muodostuvan lauhteen ja höyryn määrä. Höyrykattilan koko, käytetty polttoaine sekä lauhteen ja höyryn määrä puolestaan vaikuttavat siihen, mitä käytettävältä materiaalilta niin kestävyysominaisuuksien kuin materiaalinvahvuudenkin osalta vaaditaan. Näihin kestävyysominaisuuksiin luetaan muun muassa materiaalin paineen- ja lämpötilan- sekä korroosionsietokyky. Materiaalinvahvuudella taas vaikutetaan rakenteen kykyyn kantaa kuormia.

Samat käyttömateriaalilta vaaditut kestävyysominaisuudet vaikuttavat myös tarvittavien korkeapaineistukkaventtiilien, yhteiden ja käsipyörien kokoihin. Näiden osien koot kulkevat käsi kädessä tuotetun höyryn ja lauhteen määrän kanssa. Suurempien lauhde- ja höyrymäärien poistamiseen tarvitaan toisin sanoen suuremmat laitteet. Höyrykattilan koko, käytetty polttoaine sekä lauhteen ja höyryn määrä vaikuttavat siis osaltaan jokaiseen komponenttiin. Sen lisäksi niiden välille muodostuu seuraavia riippuvuussuhteita:

- Ilmauslaatikon leveys muodostuu luukun mittojen ja määrän mukaan.
- Ilmauslaatikon leveys määrää puolestaan kehikon leveyden.
- Riippuen ilmauslaatikon leveydestä on luukkujen määrä kahdesta viiteen.
- Luukkujen lukumäärällä vaikutetaan tarvittavien yhteiden määrään.
- Yhteiden välimitaan puolestaan vaikutetaan käsipyörien koolla ja niiden välisellä vähimmäisetäisyydellä sekä reunimmaisten yhteiden reunaetäisyydellä ilmauslaatikon reunasta.

## 4 ILMAUSLAATIKON KEHITTÄMINEN JA STANDARDOINTI (YLEENSÄ)

Standardoinnin yleiseksi tavoitteeksi voidaan määritellä, että laitteen tulee olla mahdollisimman vaaraton sen käyttäjälle ja siitä pitää saada mahdollisimman paljon tuottoa. Tämän takia niitä täytyykin jatkuvalla syötöllä kehittää yhä turvallisemmiksi ja käyttäjäystävällisemmiksi. Siksi tämän opinnäytetyön onnistumisen kannalta yksi tärkeimpiä kriteereitä on nykyisen ratkaisun puutteiden selvittäminen käyttöhenkilökunnalta.

Nykypäivänä yhä ratkaisevampaan rooliin nousee raha. Niinpä kaikki kustannukset pyritään optimoimaan mahdollisimman pieniksi työn laadullinen puoli huomioon ottaen. Niihin sisällytetään kustannukset niin suunnittelun, valmistuksen kuin kuljetuksen ja asennuksen osalta.

Lisäksi tuotannon vaiheita pyritään nopeuttamaan laadusta tinkimättä standardoinnin avulla käyttämällä esimerkiksi putkiluokkastandardeja. Putkiluokka merkitsee saman putkilinjan yhteneväisiä putkien ja putkenosien valikoimia, joiden mitat ja materiaalit on määritelty (Riihimäki 2011, 4). Näiden alueiden optimoinnissa onnistuttaessa saadaan etua maailmanlaajuisessa myyntikilpailussa, jos pystytään valmistamaan ja näin ollen myös myymään halvemmalla kuin kilpailija.

### 4.1 Ilmauslaatikon kehittämistarpeet

Ilmauslaatikon mittojen standardoimisella pyritään nopeuttamaan ilmauslaatikon prosessia suunnittelusta valmistukseen ja näin saamaan kustannussäästöjä. Tässä työssä esitetyillä standardoinneilla tuodaan käyttöön yhteneväiset mitat ja valmistusmateriaalit, jotka yleensä määritellään valmiiksi standardipiiirustukseen (Piispanen 2011, 23). Näin vähennetään ja helpotetaan ilmauslaatikon suunnittelijan työtä, mikä antaa selkeämmät lähtökohdat materiaalien hankintaan sekä ilmauslaatikon valmistukseen. Standardoinnilla luodaan selkeyttä myös valmistukseen, koska samankokoisille ilmauslaatikoille saadaan yhteneväisiä mittoja. Valmistuskustannuksia voidaan vähentää myös etsimällä ilmauslaatikolle kustannustehokkain valmistusmateriaali.

Ilmauslaatikosta lähtevien yhteiden valmistusmateriaalin standardinmukainen valinta sekä mittojen yhteneväisyys helpottavat myös osien hankintaa, koska osien materiaalin saatavuus ja tarjonta kohtaavat tällöin paremmin. Näiden edellä

mainittujen lisäksi osien standardimitat lyhentävät myös toimitusaikoja, millä säästetään aikaa ja näin ollen myös rahaa. (Piispanen 2011, 23; Riihimäki 2011, 20) Rahan ja ajan säästö syntyy siitä, että käytettävien osien paksuus sekä mitat ovat aina yhteneväisiä eri projektien välillä.

Keskeinen tavoite on myös muuttaa nykyistä ratkaisua turvallisemmaksi ja täten myös käyttäjäystävällisemmäksi. Tähän pyritään tiivistämällä ilmauslaatikon luukut vesitiiviiksi. Sillä pyritään lopettamaan veden roiskuminen niin, että ilmauslaatikon luukut saavat veden pysymään höyrykattilan sisällä. Samalla pyritään pienentämään ilmauslaatikon luukuista pääsevä höyrymäärä mahdollisimman alhaiseksi. Näin myös parannetaan merkittävästi höyrykattilaprosessin hyötysuhdetta, koska luukkujen ollessa kiinni höyryä ei pääse hukkaan.

Rahan säästön kannalta DN 80, 100 ja 150 ilmauslaatikon tyhjennys- ja hönkälinjan kokojen putkille määritetään niiden kanssa käytettävien ilmauslaatikoiden standardileveys. Ilmauslaatikon koko (leveys) ja hönkä/tyhjennyslinja ovat riippuvaisia toisistaan eli "mitä leveämpi laatikko, sitä isommat tyhjennys- ja hönkäyhteet". Ilmauslaatikon standardointiin pyritään määrittämällä niin tarvittavien ilmauslaatikon yhteiden ja luukkujen määrät kuin myös luukkujen keskinäinen ja yhteiden keskinäinen välimitta. Lisäksi selvitetään ilmauslaatikon höyryn- ja lauhteenpoistimien koot ja kehitetään ilmauslaatikon kehikon kiinnitys ilman hitsausta.

Ruuviliitoksien käytöllä pyritään kehittämään ilmauslaatikon kehikon tämänhetkistä puutteellista säädettävyyttä työmaaterästen mukaan. Ilmauslaatikon kehikolle tulee lisäksi saada pituus sekä leveys standardoitua. Lisäksi etsitään käytettävälle valmistusmateriaalille kustannustehokkain vaihtoehto käyttökohteisiinsa. Ruuviliitosten käytöllä helpotetaan myös rakenteen kuljetusta, kun se pystytään viemään työmaalle useammassa osassa yhden ison sijaan.

Yllä mainituilla asioilla pyritään siis vähentämään projekteihin menevää aikaa ja valmistusmateriaaleihin meneviä kustannuksia. Ajan säästämisessä onnistutaan yksinkertaistamalla suunnittelijan työtä niin mitoituksen kuin materiaalinvalinnankin osalta. Tällä saadaan nopeutettua sekä selkeytettyä suunnitteluprosessia, jolla osaltaan vaikutetaan seuraavien osioiden toiminnan helpottumiseen.

## 5 ILMAUSLAATIKON STANDARDOINTI

Työssä määriteltiin aluksi ilmauslaatikon luukun mitat. Tämän pohjalta saatiin ilmauslaatikolle leveys. Ilmauslaatikon luukkujen määrä oli riippuvainen ilmauslaatikon leveydestä siten, että leveysjärjestyksessä pienimmästä suurimpaan tulivat myös luukkumäärät kahdesta viiteen. Ilmauslaatikoiden kehikon leveys määrittyi myös ilmauslaatikon leveyden mukaan, sillä kehikon leveys muodostui samaksi kuin kyseessä olevan ilmauslaatikon leveys.

Ilmauslaatikon luukun leveys, niiden keskinäinen välimitta, vaaka- ja pystysuunnan etäisyys ilmauslaatikon reunasta sekä ilmauslaatikon alareunan viiste määrittivät ilmauslaatikon koon. Käytännössä siis ilmauslaatikon koko saatiin ilmauslaatikon alareunan viisteen ja luukun mittojen avulla. Määrittelemällä ilmauslaatikon luukun leveys, reunaetäisyys ilmauslaatikosta sekä ilmauslaatikon luukkujen välinen etäisyys toisistaan aksiaalisuunnassa saatiin ilmauslaatikon leveys. Vertikaalisuunnan mittoina olivat luukun pituus sekä vertikaalinen etäisyys ilmauslaatikosta, millä saatiin määritettyä ilmauslaatikon pituus.

Yhteiden päihin tulivat käsipyörällä varustetut korkeanpaineistukkaventtiilit. Näiden käsipyörien koko/koot vaikuttivat osaltaan yhteiden keskinäiseen välimittaan. Välimitta muodostui kahden käsipyörän koon/kokojen puolikkaista sekä määritellystä käsipyörien vähimmäisetäisyydestä toisistaan. Myös reunimmaisten yhteiden etäisyydellä ilmauslaatikon reunasta, jona oli käytetty usein 100–150 millimetriä, vaikutettiin käsipyörien kokoihin ja määriin.

Yhteiden määrään vaikutti myös yllä mainittu yhteen etäisyys ilmauslaatikon reunasta sekä se, minkä kokoinen/kokoiset käsipyörät valittiin ja mikä niiden väliseksi etäisyydeksi muodostui. Ilmauslaatikon mitat muodostuivat siis monien asioiden summasta, missä eri osa-alueet pyrittiin optimoimaan parhaan mahdollisen lopputuloksen aikaansaamiseksi.

## 5.1 Ilmauslaatikon mittojen standardoinnin peruseriaatteen

Tässä työssä määritettiin DN 80, 100 ja 150 kokoisille ilmauslaatikon tyhjennys- ja hönkälinjan putkille alustavat vakioidut ilmauslaatikoiden koot käsipyörien välisen etäisyyden ja koon/kokojen mukaan. Tämä tapahtui valitsemalla tietty käsipyöräkoko ja 80 millimetrin vähimmäisetäisyys niiden välille. Edellä mainittujen mukaan määritettiin tarvittavien yhteiden määrä, niiden keskinäinen etäisyys toisistaan sekä etäisyys ilmauslaatikon reunasta. Käsipyöriä tuli ilmauslaatikkoon niin monta kuin mahtuu siten, että kaksiluukkuseen ilmauslaatikkoon tuli tietty määrä yhteitä. Käsipyörien määrä kasvoi luukkumäärän kasvaessa.

Yllämääriteltujen peruslähtökohtien pohjalta luotiin piirustukset jaoteltuna ilmauslaatikon kehikkoon, luukkujen määrään, käsipyörän kokoon/kokoihin sekä materiaalitulokkoon. Piirustusten pohjalta voitiin määrittää mitkä mitat pystytään vakioimaan parametreiksi. Luotuihin piirustuksiin merkittiin kirjaimin mitat, jotka pyrittiin parametroimaan. Mitat, jotka pyrittiin standardoimaan, olivat ilmauslaatikon leveys sekä ilmauslaatikon kehikon pituus ja leveys.

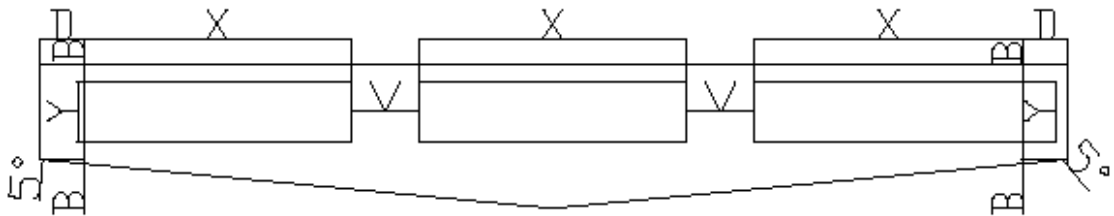
## 5.2 Ilmauslaatikon ja kehikon mittojen standardointi

Ensin yritettiin käsipyörän koon (tai kokojen, silloin kun käytettiin kahta eri kokoa) ja etäisyyden (tai etäisyyksien) mukaan selvittää yhteiden välimatkat toisistaan ja ilmauslaatikon reunasta. Nämä selvittämällä saatiin määriteltäviä ilmauslaatikon itsensä leveys ja sen mukaan ilmauslaatikon luukkujen määrät kullekin erikokoiselle ilmauslaatikolle. Käytännössä käsipyörän koon perusteella määriteltiin yhteille järkevät mitat, joiden mukana selvisi tarvittava ilmauslaatikon leveys ja sen luukkujen koko sekä määrä.

Tämä lähestymistapa oli kuitenkin puutteellinen, koska käytännössä ainoastaan kahden tai kolmen mitan perusteella kaikkien muiden ilmauslaatikon dimensioiden määrittely ei ollut mahdollista. Käsipyörissä käytettiin yhtä samaa kokoa tai kahta eri kokoa ja käsipyörien välisenä minimietäisyytenä oli 80 millimetriä. Lisäksi yhteiden etäisyydelle laatikon reunasta löytyi vaihtoehtoja 100–150 millimetrin väliltä. Nämä mittatiedot itsessään ja käytetty menetelmä eivät kuitenkaan vielä riittäneet ilmauslaatikon leveyden määrittämiseen.



Edellisen lähestymistavan puutteellisuuden takia ilmauslaatikon leveys standardoitiin sen luukun mittojen avulla. Ilmauslaatikon leveyden standardointia varten sen luukun mitat jaettiin pienempiin ryhmiin, leveyteen ja etäisyyksiin (kuva 4). Näistä etäisyyksistä huomioitiin sekä ilmauslaatikon luukun etäisyys ilmauslaatikon reunasta että myös luukkujen keskinäinen välimitta. Näiden osamittojen avulla muodostui ilmauslaatikon kokonaisleveys. Osamitoista ilmauslaatikon leveyden määrittämiseen tarvittiin luukun leveys, jota merkittiin X-kirjaimella. Lisäksi ilmauslaatikon leveyden määrittämiseksi tarvittiin luukun vaakasuuntaisia etäisyyksiä (D) ilmauslaatikon reunasta ja luukkujen välistä etäisyyttä (V).



**Kuva 4.** Ilmauslaatikon luukun vakioitavat mitat (liite 4).

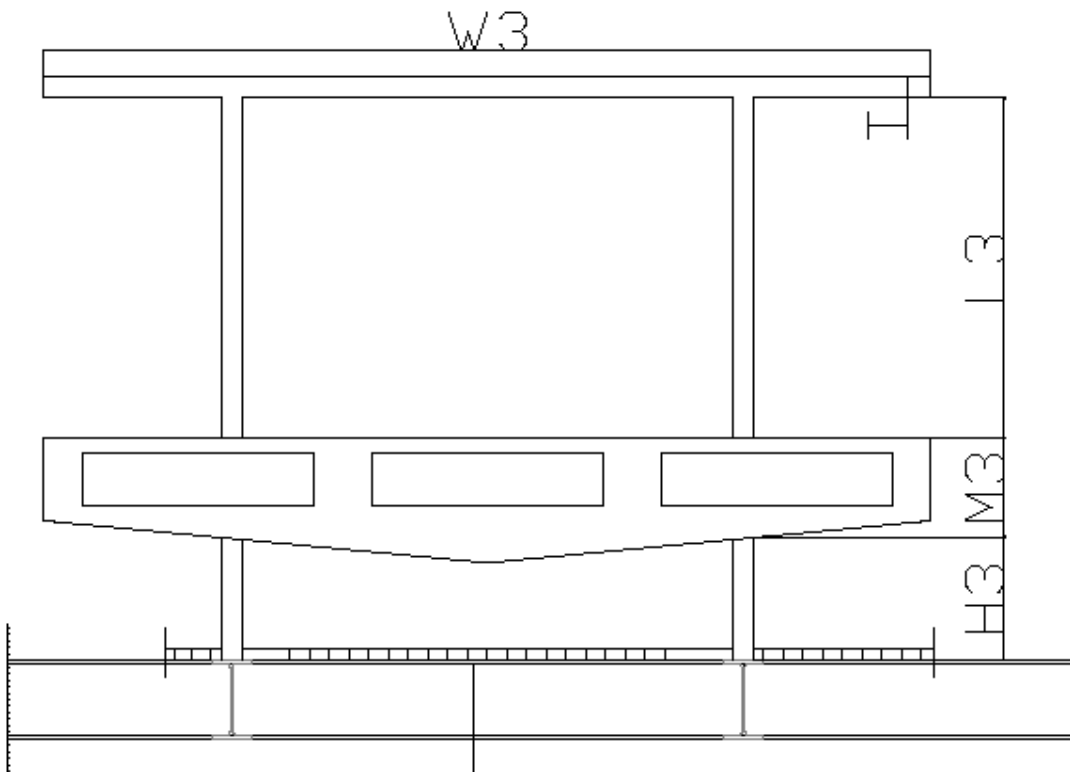
Tarvittavia mittoja, kuten ilmauslaatikon luukun mitat, selvitettiin tutkimalla Andritzilla aiemmin valmistuneiden projektien ilmauslaatikoiden valmistuspiirustuksia. Projektikansioista läpi käytyjen soodakattila- (RB eli recovery boiler) sekä biomassakattilaprojektien (BB eli biomass boiler) pohjalta saatiin tutkittavaksi seitsemän eri ilmauslaatikon valmistuspiirustusta.

Näitä piirustuksia tutkimalla taulukoitiin vaihtoehdot ilmauslaatikon luukun standardoitaville mitoille (taulukko 1). Parametroitaville mitoille löytyneet eri mittavaihtoehdot sijoitettiin kunkin aiemmin valitun kirjaimen kohdalle. Ainoastaan laatikon luukkujen väliselle etäisyydelle V löydettiin enemmän kuin yksi käytetty dimensio. Näillä kolmella luukkujen välisellä etäisyysvaihtoehdolla (V) ja reunaetäisyydellä ilmauslaatikosta (D) sekä luukun leveydellä (X) saatiin laskettua kolme eri laatikon leveysvaihtoehtoa kullekin luukkumäärälle. Samalla poimittiin ilmauslaatikon pituuden määrittävät luukun mitat (B ja Y).

**Taulukko 1.** Ilmauslaatikon leveydet luukun välimittojen (V) sekä määrän (lihavoidut luvut) mukaan.

Luukun mittoja (mm)	Luukku-määrä	V=150 (mm)	V=225 (mm)	V=300 (mm)
D	2	<b>2250</b>	<b>2325</b>	<b>2400</b>
X	3	<b>3300</b>	<b>3450</b>	<b>3600</b>
Y	4	<b>4350</b>	<b>4575</b>	<b>4800</b>
B	5	<b>5400</b>	<b>5700</b>	<b>6000</b>

Kuten edellä mainittiin, ilmauslaatikon kehikosta standardoitiin sen pituus ja leveys (kuva 5) kullekin ilmauslaatikon koolle erikseen. Leveys W-kirjaimella merkittynä pysyi yhtenä osana, joka oli tarkoitus passata työmaalla tarpeen mukaan. Kehikon pituus laskettiin neljän osamitan summana.



**Kuva 5.** Kolmiluukkuisen ilmauslaatikon kehikon standardoitavat mitat (liite 5).

Ilmauslaatikon kehikon kiinnitysratkaisu tehtiin helpottamaan kuljetusta työmaalle, jolloin se voitiin kuljettaa useammassa osassa. Ilmauslaatikon kehikon kiinnitysratkaisulla pyrittiin myös nopeuttamaan työmaan asennustoimintaa, koska sen kiinnityksessä käytettiin ruuveja hitsaamisen sijaan. Pilarin etäisyys ilmauslaatikon reunasta oli tarkoitus passata työmaalla rakenteen teräksien vaatimusten mukaan. Ilmauslaatikon kehikon pituus jakautui palkin paksuuteen (T), palkin ja ilmauslaatikon väliseen pilarin osaan (L), ilmauslaatikon taakse jäävään osaan (M) sekä ilmauslaatikon jälkeiseen osaan (H) (kuva 5).

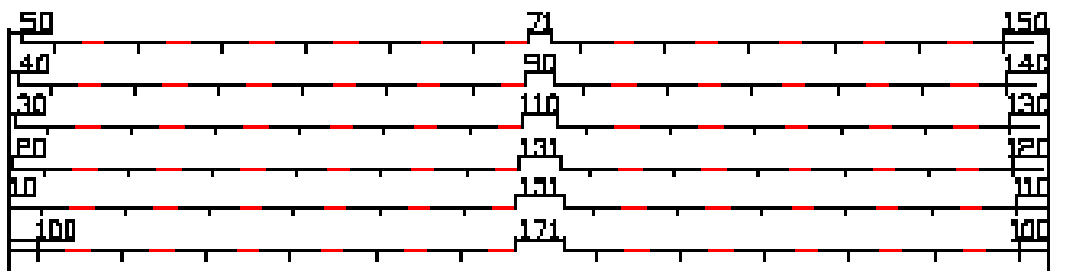
Merkinnöissä käytettiin yllä mainittuja kirjaimia lisäämällä perään laatikon luukkujen määrään viittaava numero (esim. M3). Ilmauslaatikon kehikon valmistukseen käytettävän putkipalkin paksuus muodostui ainoaksi vakioparametriksi ja siksi merkintä tehtiin aina pelkällä T-kirjaimella.

### 5.3 Käsipyörien määrän ja suurimman mahdollisen koon standardoinnin peruseriaatteet

Ilmauslaatikon ja sen luukkujen vakioitavien mittojen määrittämisen jälkeen selvitettiin, montako ja minkä kokoisia käsipyöriä erikokoisiin ilmauslaatikoihin saadaan mahtumaan. Toteutusta varten lähtökohdaksi otettiin Andritzin HaVonimisessä projektissa käytettyjen käsipyörällä varustettujen korkeapaineventtiilien päämittakuvat. Nämä venttiilien ja käsipyörien koot oli kerätty kaikkien projektien osalta valmistajien tuotevalikoimista. Yrityksessä yksi käytetyimpiä korkeapaineisten venttiilien valmistajia oli esimerkiksi Aseko (SEMPELL) (liite 1).

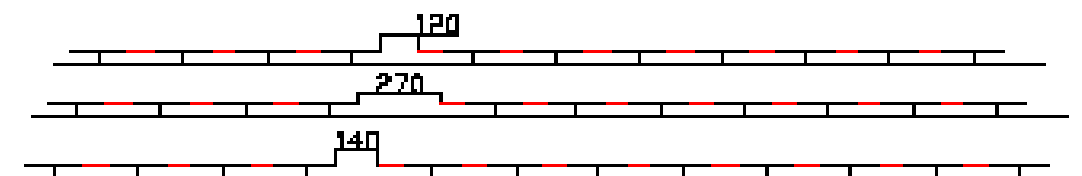
Ilmauslaatikon yhteiden määrän ja niiden välisen etäisyyden selvittämiseksi käsipyörän kokojen avulla tutkimuksessa otettiin lähtökohdaksi käsipyörän halkaisijakoko 200 millimetriä ja kokeiltiin sille eri kombinaatioita. Tarkoituksena oli rajata kolmesta luukkujen välisen etäisyyden vaihtoehdosta sekä kuudesta yhteiden reunaetäisyyden vaihtoehdosta paras yhdistelmä. Ylimääräiset käsipyörien välit passattiin tarpeen mukaan kohdalleen toisen käsipyöräkoon avulla.

Tällä tavalla kokeilemalla selvitettiin, montako halkaisijaltaan 200 millimetrin käsipyörää sekä yhdettä mahtui erikokoisiin ilmauslaatikoihin eri yhteen etäisyyksillä ilmauslaatikosta. Käytännössä, kun käsipyörät sijoitettiin yhteen eri reunaetäisyyksille, saatiin kullekin luukkumäärän ilmauslaatikon leveyden keskelle muodostumaan ”ylijäävä” mitta (kuva 6). Yhteen etäisyyksille ilmauslaatikon reunasta selvitettiin MOD-funktiolaskuissa sen vaihdettavan käsipyörän koko, jolla jäävät ”aukot” saatiin täyttymään.



**Kuva 6.** Ensimmäinen käytännön tutkimus käsipyörän optimikoon ja määrän selvittämiseksi (liite 6).

Ensimmäinen yritys määrittellä yhteiden määrää ja niiden välistä etäisyyttä käsipyörän kokojen avulla ei onnistunut (kuva 6), koska ilmauslaatikoiden leveydet eivät pitäneet paikkaansa. Piirustuksessa oikeaa ilmauslaatikon leveyttä vastaa monivärinen pitkä viiva kuvassa 6. Punainen viiva piirustuksessa tarkoittaa käsipyörän vähimmäisetäisyyttä. Yhteiden välisen etäisyyden selvittämisen helpottamiseksi valittiin yhteen reunaetäisyydeksi ilmauslaatikosta 150 millimetriä (kuva 7). Tällä valinnalla jäi eniten vaihtoehtoja yhteiden siirtämiseen, jos ne eivät olleet oikeilla kohdilla. Toisin sanoen mittatietojen vähyys teki tästä ratkaisutavasta mahdollottoman.



**Kuva 7.** Alkuperäisestä korjattu tutkimuskuva, jossa ilmauslaatikon leveydet ovat oikein ja yhteen reunaetäisyys 150 millimetriä (yhteet vain eivät jakaudu tasaisesti) (liite 7).

Toisena lähestymistapana tutkittiin läpi kaikki aiemmissa projekteissa käytetyt korkeapaineventtiilit, joista kerättiin kaikki käsipyörälliset korkeapaineistukkaventtiilit. Yhdeksästä projektista löytyneet käsipyörälliset korkeapaineventtiilit kerättiin projekteittain ja taulukoitiin (liite 8) sen mukaan, mihin DN-kokoon ne kuuluivat ja

miten iso käsipyörä niissä oli. Muutamista kuvista löydettiin helposti, mihin DN-kokoon korkeapaineventtiili kuului ja niistä kirjattiin oikeaan venttiilikoon kohtaan käsipyörän koot.

Osittain materiaalista löytyi ainoastaan DIN- tai tuumakoko, jotka jollain tapaa piti saada vastaamaan DN-mittoja. Osissa tapauksista ei löytynyt mihin kokoluokkaan ne kuuluvat, joten muuntamisen sijaan päädyttiin muuntotaulukoiden etsiskelyn jälkeen lajittelemaan ne omiin kategorioihinsa eli DIN:t DIN:nä sekä tuumat tuumina. Kaikki DN-mittaiset venttiilit käsipyörineen kerättiin omaan taulukkoon kuten myös DIN-mittaiset. Tuumakokoiset taas eriteltiin eri taulukoihin riippuen niiden projektista.

DIN-mittaisissa oli havaittavissa käsipyörälle koko, mutta venttiilin vastaavuus DN-kokoon puuttui. Tämä vaikeutti niiden vertaamista DN-kokojen venttiileihin, eikä niiden vertaaminen ollut lainkaan mahdollista standardikokojen vastaavuuden puuttuessa. Tuumakokoisten osalta työssä verrattiin DN-kokoja tuumakokoisista venttiileistä annettuihin millimetrikokoihin. Vertailupareiksi saatiin  $\frac{3}{4}$  tuumaa ja DN 20, 1 tuuma ja DN 25,  $1\frac{1}{4}$  tuumaa ja DN 32,  $1\frac{1}{2}$  tuumaa ja DN 40 sekä 2 tuumaa ja DN 50. DIN-mittaiset ja aiemmin läpi käydyn Cacia-projektin tuumakokoiset sekä Mdp:n venttiilit jätettiin kokonaan pois, koska ne eivät olleet korkeapaineistukkaventtiilejä (globe valves) vaan korkeapaine moottorisulkuventtiilejä (motor valves), luistiventtiilejä (gate valves) ja takaiskuventtiilejä (check valves). DN-mittoja vastaavat tuumakoot kasattiin DN-kokojen ja niitä vastaavien millimetrikokojen kanssa taulukkoon (taulukko 2).

**Taulukko 2.** Ilmauslaatikon ja venttiilien valmistusputkien kokoja (PSK-käsikirja 7, 34–35; Karotek).

Nimelliskok	U-halkaisija (mm)	Tuumakoko
<b>DN</b>	<b>D<sub>ulko</sub></b>	<b>"</b>
<b>20</b>	26,9	3/4"
<b>25</b>	33,7	1"
<b>32</b>	42,4	1"1/4
<b>40</b>	48,3	1"1/2
<b>50</b>	60,3	2"
<b>80</b>	88,9	3"
<b>100</b>	114,3	4"
<b>150</b>	168,3	6"

Piirustuksia tutkimalla löydettyt käsipyörien kokotiedot kasattiin samaan taulukkoon 3 järjestyksessä pienimmästä suurimpaan kukin standardikoko erikseen. DN 20 ja DN 25 venttiilien käsipyörän halkaisijan suurimmaksi kooksi muodostui 225 millimetriä, DN 32 ja DN 40-venttiilien vastaavasti 350 millimetriä ja suurimman venttiilikoon DN 50 käsipyörän suurimmaksi kooksi 400 millimetriä. Kootusta taulukosta valittiin aina tapauskohtaisesti tarvittavan venttiilin ja käsipyörän koko. Taulukkoon kerättiin kaikki venttiilikoot, jotka olivat määritelmän mukaan väliltä DN 25–50 (taulukko 3).

**Taulukko 3.** Aiemmissa projekteissa käytettyjen käsipyörien koot.

DN	INCH	KP Ø (mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
20	0.75	75	110±5	120	125	160	180	200	225
25	1	120	125	160	170±5	185	200	225	
32	1.25	160	170±5	250	350				
40	1.5	144	160	170±5	200	240	250	350	
50	2	144	160	170±5	180	200±5	203	204	
		229	240	250	254	305	315	350	400

#### 5.4 Yhteiden määrän standardointi

Yhteiden käytännöllisimmän määrän selvittämiseksi lähdettiin peruseriaatteesta, että kaksiluukkuseen laitetaan kuusi yhdettä. Kolmeluukkuseen koetettiin saada mahtumaan noin yhdeksän yhdettä. Näiden pohjalta kokeiltiin tusinaa yhdettä neliluukkuiselle ja viittätoista viisiluukkuiselle. Käsipyörän kokojen valinta selvitettiin kullekin ilmauslaatikon leveydelle erikseen. Peruslähtökohtana oli, että kaksiluukkuisessa käytetään enintään DN 25 venttiiliä.

Kaksiluukkuisessa ilmauslaatikossa käytettävän venttiilikoon pohjalta voitiin määritellä käytettävien venttiilien suurimmat kokoluokat muita luukkumääriä sisältäviä ilmauslaatikoita varten. Tämän pohjalta kokeiltiin seuraavanlaista järjestystä: kolmiluukkuiselle suurimmaksi sallituksi venttiilin kooksi tuli DN 32. Neliluukkuiselle tuli pykälää suurempi venttiilikoko DN 40. Näin ollen viisiluukkuiselle jätettiin määritellyistä kokoluokista suurin eli DN 50-kokoinen venttiili. Lähtökohtaisesti oli mahdollista käyttää kutakin erikokoista ilmauslaatikkoa varten joko pelkästään yhtä tai sitten kahta eri käsipyörän kokoa. Käsipyörien koot valittiin kunkin DN-koon suurimman ja sitä pienempien kokojen väliltä.

Suurimman venttiilikoon ja käytettävissä olevien käsipyörien kokojen pohjalta etsittiin optimaalisin ratkaisu tutkimalla eri vaihtoehtoja niitä piirtämällä. Vaihtoehtoja tutkittiin piirtämällä aiemmin määritellyille jokaiselle luukkumäärän kolmelle erilevyiselle ilmauslaatikolle kokeiltavat yhteet. Piirtämällä tutkittaessa oli otettava huomioon yhteiden reunaetäisyys ilmauslaatikosta sekä niiden keskinäinen etäisyys, joka muodostui kahdesta käsipyörän puolikkaasta sekä niiden välisestä etäisyydestä.

Alkuun ilmauslaatikon leveydelle sovitettiin tietyn kokoisia käsipyöriä niin monta kuin yhteiden reunaetäisyys salli. Tällä kokeilevalla tutkimusmenetelmällä pyrittiin aluksi määrittämään yhteiden keskinäinen etäisyys kokeilemalla esimerkiksi kaksiluukkuiseen ilmauslaatikkoon suurinta mahdollista käsipyörää ja katsomalla, saatiinko yhteiden välit sopimaan käsipyörien väleihin. Ongelmaksi muodostui se, että tällä tavoin oli haasteellista löytää yhdistelmä, joka tuottaisi jokaiseen saman ilmauslaatikkokoon kolmeen kokovaihtoehtoon käyvän ratkaisun. Vastaavalla menetelmällä tutkittiin myös muun kokoisia ilmauslaatikkoja, mutta näiden ennalta määrättyjen yhteiden määrän passaaminen oli haasteellista, koska yhteiden määrä ei sopinut minkään käsipyörän kanssa millään etäisyyksillä saman ilmauslaatikon kolmeen eri leveysvaihtoehtoon.

Monen eri tekijän samanaikaisen käsittelyn muodostuessa mahdottomaksi, keskityttiin ensin selvittämään yhteiden määrät eri luukkumääriä sisältäville ja erikokoisille ilmauslaatikoille. Yhteiden määrän selvittämisessä käytettiin yhteiden reunaetäisyytenä ilmauslaatikosta määritellyistä pisintä 150 millimetrin väliä (taulukko 4). Yhteiden määrä laskettiin vähentämällä valittu yhteen reunaetäisyys ilmauslaatikon molemmista reunoista ja etsimällä näin saadulle tulokselle tasan jakautuva yhteiden välien määrä. Yhteiden määrän sai lisäämällä yhteiden välien määrään yhden yhteen. Tämän pohjalta muutettiin kolmen isomman ilmauslaatikon yhdemäärät aiemmin määritellyistä yhdeksästä, kahdestatoista ja viidestätoista yhteentoista, kuuteentoista sekä kahteenkymmeneenyhteen, koska niistä muodostui laskennallisesti järkevämpi vaihtoehto kuin vähemmän yhteitä sisältävistä. Yhteiden välien optimimäärät ilmenevät taulukossa kolmen nollan sarjoina, koska jakojäännöstä ei tällöin ole. Yhteiden välien optimit ovat taulukossa punaisella.

**Taulukko 4.** Yhteiden määrän selvitys yhteiden välien määrällä laskettuna.

Luukkujen määrä	Laatikon leveys (L) (mm)	yhteen reuna-etäisyys (R) (mm)	L - 2R (mm)	Yhteiden välien määrä					
				2	3	4	5	6	3
2	2250	150	1950	0	0	2	0	0	0
	2325	150	2025	1	0	1	0	3	0
	2400	150	2100	0	0	0	0	0	0
				<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>6</b>
3	3300	150	3000	4	0	3	0	8	0
	3450	150	3150	0	6	0	0	4	0
	3600	150	3300	3	4	6	0	0	0
				<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>9</b>
4	4350	150	4050	6	7	4	0	2	0
	4575	150	4275	3	11	5	0	3	0
	4800	150	4500	0	2	6	0	4	0
				<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>12</b>
5	5400	150	5100	0	6	8	0	18	0
	5700	150	5400	11	0	4	0	3	0
	6000	150	5700	5	12	0	0	9	0

Tutkimalla yhteiden määrän ja välien määrän käyttäytymistä toisiinsa nähden eri ilmauslaatikoiden kohdalla ilmeni toistuva laskentamenetelmä ja kaava. Laskennallisesti järkevillä MOD-funktiolaskuista saaduilla yhteiden välien määrien avulla saatiin yhteiden määrät kaavalla

$$\text{yhteiden määrä} = \text{yhteiden välien määrä} + 1 \quad (1)$$

Yhteiden määrien avulla voitiin yhteiden väliset etäisyydet määrittellä laatikon pituutta ja yhteen reunaetäisyyttä apuna käyttäen kaavalla

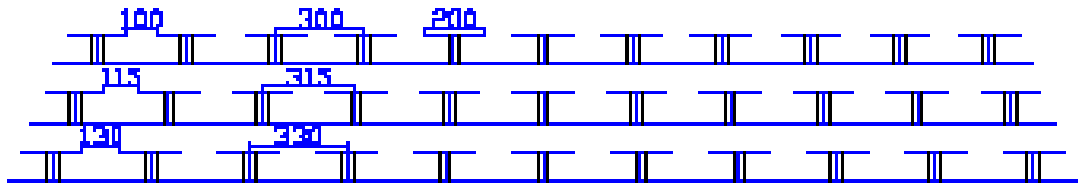
$$\text{yhteiden välimitta} = \frac{\text{Laatikon pituus} - 2 * \text{yhteen reunaetäisyys}}{(\text{yhteiden määrä} - 1)} \quad (2)$$

MOD-funktiolaskuilla saatuihin yhdemääriin sovitettiin ensin kullekin ilmauslaatikolle aiemmin määritettyä venttiilin kokoluokan suurinta käsipyörää. Samalla edellä käytetyllä idealla sijoitettiin pienempiä käsipyöriä kohtiin, joihin muuten tuli ahdasta. Tälläkin ratkaisumallilla muodostui kuitenkin ongelmalliseksi löytää sellaista toista käsipyöräkokoja, joka olisi saatu käymään kunkin luukkumäärän kaikkiin kolmeen ilmauslaatikon leveyden vaihtoehtoon.



## 5.5 Peruskäsiyöräköön määrittäminen

Peruskäsiyöräköön etsinnän tarkemmaksi määrittäväksi tekijäksi osoittautuivat käytetyt venttiilikoot. Ilmauslaatikoissa yleisesti eniten oli käytetty venttiilikokoa DN 25. Sen lisäksi luukkumäärältään suurempiin, eli käytännössä kahteen suurimpaan ilmauslaatikkoon, tuli tarpeen mukaan saada mahtumaan peruskäsiyörien tilalle enintään viisi isompaa venttiiliä suuremmalla käsiyörällä. Venttiililuokan DN 25 suurimman käsiyörän (225 millimetriä) voitiin piirtämällä todeta sopivan kaksiluukkuiseen ilmauslaatikkoon. Saman venttiililuokan seuraavaksi suurin käsiyörä (200 millimetriä) mahtui kolmiluukkuiseen ilmauslaatikkoon (kuva 8). Astetta pienempi käsiyörä (185 millimetriä) sopi neliluukkuiselle ja siitä vielä pykälää pienempi käsiyörä (175 millimetriä) viisiluukkuiselle ilmauslaatikolle.



**Kuva 8.** Peruskäsiyörän koon selvitys kolmiluukkuiselle ilmauslaatikolle. (liite 9)

Näin ollen kaksiluukkuiseen ilmauslaatikkoon kävi mikä tahansa ilmauslaatikon leveysluokka määritellyistä kolmesta eri leveysvaihtoehdosta. Tähän tulokseen päädyttiin samaa menetelmää käyttäen kuin kuvassa 7. Rajoittavaksi tekijäksi muodostui kuitenkin se, että kahteen suurimpaan ilmauslaatikkoon piti mahtua peruskäsiyörien tilalle enimmillään viisi isomman koon venttiiliä suuremmalla käsiyörällä.

Tätä peruskäsiyörien tilalle mahdollisesti tulevien enimmillään viiden suuremman venttiilin (suuremmalla käsiyörällä) mahdollisuutta ei muodostunut isoimman (viisiluukkuisen) ilmauslaatikon kohdalla pienimmälle kolmesta ilmauslaatikon leveysvaihtoehdosta. Niinpä ilmauslaatikoiden pienimmällä luukkujen välisellä etäisyydellä saadut leveysvaihtoehdot putosivat optimaalisimman ilmauslaatikon leveysvaihtoehdoista. Optimaalisimman ilmauslaatikon leveyden valinta tehtiin kahdesta suuremmalla ilmauslaatikon luukkujen välisellä etäisyydellä saaduista leveysvaihtoehdoista, joista suurempi osoittautui paremmaksi vaihtoehdoksi ainakin sen tarjoaman laajemman venttiili- ja käsiyörävalikoiman osalta.

## 5.6 Yhdetaulukon sisältö

Selvinneet yhdemäärät taulukoitiin (ks. taulukko 4). Taulukkoon merkittiin yhteen numero, mitta, positio eli sijainti sekä linjatunnus (taulukko 5). Linjatunnuksella eli linjapositiolla tarkoitetaan PI-kaaviosta löytyvää putkilinjan yksilöivää koodia. Koodi kertoo yleensä uniikin tunnuksen, putkilinjan koon, materiaalitunnuksen, PED-luokan ja paineluokan. Nimeämistapa vaihtelee asiakkaan vaatimusten mukaan. Yhteen numerointi tehdään ykkösestä eteenpäin laatikon toisesta reunasta lähtien. Yhteen numerointi luetaan vasemmalta oikealle ilmauslaatikon vasemmasta reunasta alkaen. Positio eli yhteen sijainti merkitään alkavaksi ja luetaan samasta reunasta kuin numerointi aina yhteen keskeltä seuraavan yhteen keskelle. Yhteen mitalla tarkoitetaan sen standardikokoa eli samalla myös venttiilin kokoa.

Työn kuluessa ilmi tulleen lisätiedon mukaan peruskäsipyörien tilalle mahdollisesti tulevien enimmillään viiden suuremman venttiilin (isommalla käsipyörällä) mahdollisuus koski myös kolmiluokkuista ilmauslaatikkoa. Tämän tiedon valossa parhaaksi ilmauslaatikoiden kokovaihtoehdoksi määrittyi keskimmäinen, jossa luukkujen etäisyydeksi toisistaan muodostui 225 millimetriä (ks. taulukko 10).

**Taulukko 5.** Malli kolmiluokkuisen ilmauslaatikon yhdetaulukon sisällöstä.

Yhde nro.	mitta (DN)	positio (mm)	Linjatunnus
1		150	
2		465	
3		780	
4		1095	
5		1410	
6		1725	
7		2040	
8		2355	
9		2670	
10		2985	
11		3300	

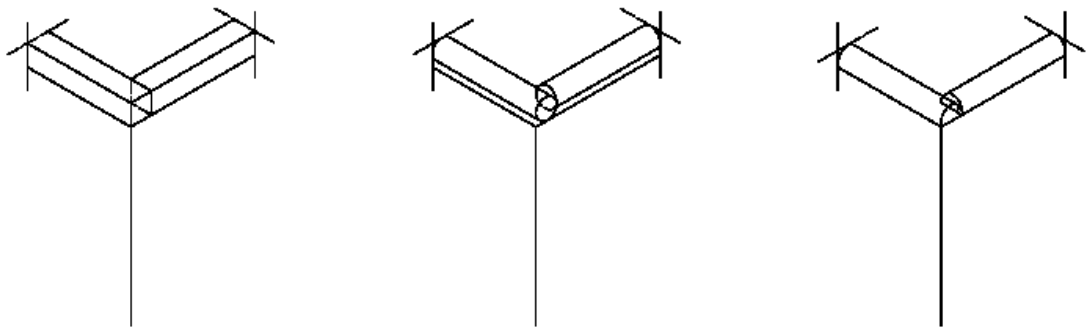
Tämän yhdetaulukon alkuasetuksessa systeemi sisältää tietyn yhdemäärän, jota voidaan muokata tarpeen mukaan määrätyissä rajoissa. Nämä yhteen siirretään, muokataan ja lisätään ”puuttuvat” yhteen automaattisesti annettujen ohjeiden mukaan ohjelman toimesta. Tämän yhdetaulukon tekoon kehitettiin toteutusehdotus.

## 5.7 Luukkujen tiivistämisen peruseriaatteen

Ilmauslaatikon luukkujen tiivistämiseksi tehtiin kolme erilaista ehdotusta tiivistemateriaalista sekä sen kiinnityksestä luukkuun. Näiden kolmen vaihtoehdon pohjalta valittiin paras tiivistemateriaali- ja kiinnitysvaihtoehto. Tiivisteet etsittiin eri tuotevalmistajien valikoimista ja tämä valinta tehtiin huomioiden seuraavat seikat:

- tiivistemateriaalin käyttöominaisuudet
  - o sen normiominaisuudet ja sopivuus käyttökohteeseensa
  - o profiilimalli ja koko
  - o muodonmuutoskyvyt (mm. puristuspainuman sieto)
  - o käyttöikä
- tiivistettävä rakenneosa
  - o tiivistettävän alueen laajuus
  - o liittyvien rakennekomponenttien dimensiot
    - lämpömuutoksista tai muista asioista johtuvat siirtymät sekä muodonmuutokset (Hautajärvi 2005, 22)

Tutkituista tiivistevaihtoehdoista valittiin halkaisijaltaan kuuden millimetrin keraaminen naru ja lasikuitunaru sekä grafiittitäyteinen PTFE-elementtikuitulanka kokoa (6x6) millimetriä (kuva 9). Kooksi valittiin kuusi millimetriä sen ollessa lähimpänä aiemmin käytettyä luukun viiden millimetrin paksuutta ja helpottamaan tiivistysmateriaalien hintojen vertailtavuutta. Niiden vertailussa käytettiin apuna taulukkoa, johon kyseiset eristysmateriaalivaihtoehdot kerättiin (taulukko 6). Vertailua käytiin materiaalin korroosionkeston, kulutuskestävyyden, lämpötilan sekä hinnan mukaan. Valituksi tuli se niistä kolmesta tiivistemateriaalivaihtoehdosta, joka vastasi parhaiten käyttökohteen vaatimuksia hinta-laatu suhde huomioiden.



**Kuva 9.** Tiivistevaihtoehdot profiileineen vasemmalta oikealle lueteltuna ovat grafiittitäyteinen PTFE- elementtikuitulanka, lasikuitunaru ja keraaminen naru.

**Taulukko 6.** Ilmauslaatikon luukkujen tiivistemateriaalien tietoja.  
(Saunainter; Kodinterra; Tiivistekeskus)

Tiivistemateriaalit	Koko (mm)	T (°C)	Hinta
Keraaminen naru	6	900	2,20€/m
Lasikuitunaru	6	550	3,98 €/m
Grafiittitäyteinen PTFE-elementtikuitulanka	6x 6	550	18,20 €/m

Valituille tiivisteille kehitettiin kolme erilaista kiinnitystapaa, joista valittiin käyttökohteeseen parhaiten sopiva ja käytännöllisin vaihtoehto. Kiinnittämiseen valittiin vaihtoehdoiksi naulaus, liimaus tai kiinnitystarra, jos tuotteesta löytyi sellainen.

Tiivistettä asennettaessa tulee huomioida seuraavia seikkoja. Asennettaessa kohta, johon tiiviste tulee, pyyhitään tarkasti pölystä sekä rasvasta ja se leikataan n. 1 % tiivistettävää matkaa pidemmäksi. Lisäksi tiivisteeseen jompikumpi pää pannaan luukun reunaa pitkin eikä sitä saa venyttää asennuksen aikana. (Future 500, 14)

## 5.8 Ilmauslaatikon kehikon säädettävyyden lähtökohdat

Kehikon tulee olla säädettävissä sekä leveys- että korkeussuunnassa. Palkin korkeus sekä pilareiden leveys tulee olla säädettävissä työmaan terästen mukaan. Periaatteena on kaikkein vaativimman ja vaikeimman työvaiheen toteuttaminen konepajalla. Näin työmaalla pystytään suoriutumaan rakenteen asennuksesta mahdollisimman nopeasti ja edullisesti. Käytännössähän pyritään kaikkien hitsiliitoksien tekemiseen konepajalla ja työmaa-asennuksessa käytetään valmiiden asennuslohkojen toisiinsa yhdistämiseen vain ruuviliitoksia (Vainio 2000, 209).

Sekin tulee ottaa huomioon, miten osat ja osakokonaisuudet kuljetetaan asennustyömaalle. Suuret asennuslohkot sinänsä nopeuttavat rakenteen paikoilleen asentamista työmaalla, mutta voivat korottaa kuljetuskustannuksia, varsinkin erikoiskuljetuksiin turvauduttaessa. (Vainio 2000, 226)

Palkin suurimpana leveytenä käytettiin ilmauslaatikon omaa leveyttä. Kuljetusta sekä työmaalla tehtävää säätöä varten kehitettiin myös kiinnitys. Kehikko suunniteltiin tehtäväksi neliön mallisista putkipalkeista, koska aiemmissa projekteissa tätä putkipalkkiprofiilia oli käytetty eniten.

Leveyssuunnassa kehitettiin tarvittiin säätövaraa noin kaksi metriä eli metri kummallekin pilarin ”jalalle”. Palkille säätövaraa tarvittiin korkeussuunnassa noin puolitoista metriä. Palkki suunniteltiin liikkuvaksi vain korkeussuunnassa ja pilarit puolestaan leveyssuunnassa.

Jotta ilmauslaatikon kehitettiin kuljettaminen useammassa osassa työmaalle olisi mahdollisimman vaivatonta, pyrittiin säätövara tekemään mahdollisimman yksinkertaiseksi. Yksinkertaisimmaksi osoittautui sellainen ratkaisu, jossa tarvittavat säädöt saatiin aikaan pelkkien pilarien avulla. Jotta työmaalla välttyttäisiin liialliselta hitsaamiselta, ilmauslaatikon kehitettiin kiinnitysratkaisu toteutettiin ruuviliitoksilla.

Asian ratkaisemisessa päädyttiin kahteen eri vaihtoehtoon, joissa molemmissa kaksi pilaria meni sisäkkäin. Niissä sisäkkäisten putkipalkkien toiseen päähän hitsattaisiin joko 40x90x5 kokoisen u-profiilisen palkin tai 90x90x5 kokoisen neliöputkipalkkiprofiilin pala (Kuusakoski, 15, 21). Pilarit siirrettäisiin ja kiinnitettäisiin työmaalla palkkiin haluttuun kohtaan ja sen jälkeen korkeus säädettäisiin sisäkkäisten pilareiden mekanismien avulla.

## 5.9 Materiaalivalinnan lähtökohdat

Optimaalisinta materiaalia etsittiin ruostumattomista austeniittisista teräksistä niiden erinomaisen ja materiaalin valintaan eniten vaikuttaneen korroosionkestävyyden takia (ACO Nordic Oy). Pintakäsittelyäkään ei välttämättä tarvita, koska materiaalin korroosionkestävyys harvemmin siitä muuttuu (Willem, Circa & Stelos 2004, 14). Kannattaa myös ottaa huomioon, että mitä kirkkaampi ja sileämpi pinnan mikrostrukturi on, sitä parempi on kyseessä olevan teräslaadun korroosionkestävyys (Willem, Circa & Stelos 2004, 10, 14). Korroosionkestävyys vaihtelee myös paljon eri teräslajien välillä johtuen niiden eri seosainepitoisuuksista (Willem, Circa & Stelos 2004, 18). Korroosionkestävyyden parantaminen onnistuu lisäämällä ruostumattomaan teräkseen kromia tai molybdeeniä (Willem, Circa & Stelos 2004, 5).

Korroosionkestävyyden lisäksi vertailtiin eri materiaalien hintaa kustannustehokkuuden takaamiseksi. Lähtökohdaksi otettiin työssä tutkittujen aiempien projektien materiaalivalinnat ja vertailtiin niitä taulukoimalla niin korroosionkestävyytensä kuin hintansakin puolesta (taulukko 7).

**Taulukko 7.** Kahden valmistusmateriaalin vertailu (Talja, Törnqvist, Carpen, Kivikoski & Nippala, 11).

Teräs-nimike	Austeniittinen teräs	Standardi nimike	Hinta (€/kg)
X5CrNi18-10	normaali ruostumaton	AISI 304	1,50–
		1.4301	2,50
X2CrNiMo17-12-2	"haponkestävä"	1.4404	2,00–
		AISI 316L	5,00

Aiemmista projekteista oli eniten käytetty ASTM-standardia AISI 304 vastaavaa EN-standardin materiaalia 1.4301. Lisäksi yhdessä projektissa oli käytetty ASTM-standardin materiaalia AISI316L vastaavaa EN-standardin niin kutsuttua "haponkestävää" 1.4404.(Outokumpu.) Kyseisistä materiaaleista koottiin taulukon 7 mukaiset hinta- ja nimiketiedot.

## 6 EHDOTETUT RATKAISUMALLIT

Tämä kappale vertailee saatuja tutkimustuloksia ja esittelee ratkaisuehdotukset ilmauslaatikon standardoimiseksi ja kehittämiseksi. Nämä ehdotetut ratkaisut luovat pohjan uusien valmistuskuvien luomiselle jatkossa. Eri vaihtoehtojen vertailu on tehty pisteyttämällä eri vaihtoehdot kustakin kehityskohteesta taulukkoon, jonka mukaan korkeimmat pisteet saanut on suositeltavin ratkaisuvaihtoehto.

### 6.1 Ratkaisumallien valinta pisteyttämällä

Seuraavaksi kaikki kehitysideat kootaan yhteen ja numeroidaan pisteytystaulukon (ks. taulukko 8) tekoa varten. Tämä taulukko tehdään selventämään miksi juuri nämä ehdotukset valitaan. Ehdotuksien vertailussa on käytetty nolasta viiteen pisteytysasteikkoa. Nolla pistettä saanut vaihtoehdon vertailuominaisuus ei täytä vaadittua vertailukriteeriä ja se pudottaa kyseisen vaihtoehdon automaattisesti valinnan ulkopuolelle. Viisi pistettä saanut vaihtoehdon vertailuominaisuus täyttää täysin annetun kriteerin. Vaihtoehtojen ollessa tasapisteissä on painotettu eniten hintaa sen tuomaan hyötynäkökohtaan. Tässä tilanteessa hinta ratkaisee. Joissain tapauksissa on myös mahdollista käyttää molempia tasapisteissä olevia ratkaisuvaihtoehtoja ilmauslaatikon kehittämisessä. Joissain tapauksissa kriteerin täydellisesti täyttävää vaihtoehtoa ei ole, tällöin korkeimmat pisteet saa lähimmäksi pääsevä vaihtoehto.

### 1 Laatikon leveyden standardointi luukkujen välimitan mukaan.

#### Luukkujen välimittavaihtoehdot (ks. taulukko 1):

##### 1.1 Pienin 150 millimetriä

##### 1.2 Keskimmäinen 225 millimetriä

##### 1.3 Suurin 300 millimetriä

#### 1 Laatikon leveyden valinnan kriteerit:

**1a) Muodostuuko** peruskäsipyörien välille riittävän suuri etäisyys kohdan b) käsipyöriä varten? (Kriteeri koskee kaikkia muita paitsi kaksiluukkuista ilmauslaatikkoa.)

- Riittävästi yli 80 mm vähimmäisetäisyyden.
- Korkeimmat pisteet saa vaihtoehto, jossa on suurin yhteiden välinen etäisyys.

**1b) Montako** eri käsipyörän kokovaihtoehtoa ilmauslaatikon leveys tuo suuremmalla käsipyörällä varustetuille venttiileille? (Käsipyörän välimitan tulee mahdollistaa peruskäsipyörien tilalle tulevien enintään viiden suuremman venttiin ja käsipyörän koko.) Esim. vaihtoehdon 150 millimetriä kriteeri 1.1 b) on nolla, koska kriteeri ei täytynyt tällä luukkujen välimitalla saadun suurimman viisiluukkuisen ilmauslaatikon kohdalla.

- Korkeimmat pisteet saa vaihtoehto, joka antaa eniten vaihtoehtoja yllämainituille käsipyörille.

**1c) Hinta:** Hinta muodostuu ilmauslaatikon ja luukkujen valmistuspeltien hinnasta, kehikon materiaalin hinnasta sekä materiaalin menekistä (ilmauslaatikon koosta).

- Koska vaihtoehtojen väliset hintaerot eivät muodostuneet kovin suuriksi, ovat kaikki vaihtoehdot saaneet enemmän kuin nolla pistettä. Näin ei kalleintakaan vaihtoehtoa rajata suoraan hintavuuden takia valinnan ulkopuolelle.
- Vaihtoehtoista halvin saa korkeimmat pisteet.

## 2 Luukun tiivistäminen mahdollisimman vesi- ja höyrytiiviksi.

**Tiivistemateriaalivaihtoehdot (ks. taulukko 6):**

**2.1 Keraaminen naru**

**2.2 Lasikuitunaru**

**2.3 Grafiittitäytteinen PTFE-elementtikuitulanka**

**2 Luukun tiivistämismateriaalin valinnan kriteerit:**

**2a) Lämpötila:** Lämpötila määrittyy sen mukaan, mikä on ilmauslaatikon sisäpuolella vallitseva korkein lämpötila.

- Korkeimman pistemäärän saa se vaihtoehto, jonka lämmönsieto on korkein.

**2b) Kulutuskestävyys:** Kulutuskestävyys määrittyy sen mukaan, miten hyvin se kestää luukkujen avaamisen useampaan kertaan.

- Korkeimman pistemäärän saa se vaihtoehto, joka kestää parhaiten kulutusta.

**2c) Hinta:** Hinnat valmistajien tuotetiedoista.

- Korkeimman pistemäärän saa halvin vaihtoehto.
- Grafiittitäytteinen on kalliimpaa kuin muut tiivistevaihtoehdot. Se ei kuitenkaan saa nollaa pistettä, koska se voi muiden ominaisuuksien osalta olla kelvollinen tiivistemateriaali.



### 3 Luukun tiivisteiden kiinnitys.

#### Tiivisteiden kiinnitysvaihtoehdot (ks. kappale 5.5):

##### 3.1 Tiivisteessä oleva tarra

##### 3.2 Liima

##### 3.3 Naulaus

#### 3 Tiivisteiden kiinnityksen valintakriteerit:

**3a) Kestävyys:** Riippuu käytettävän tuotteen laadusta, tuoreudesta ja reagoinnista vallitseviin olosuhteisiin.

- Parhaat pisteet saa vaihtoehto, joka kestää pisimpään valitulla kiinnityksellä paikoillaan, ennen kunnostamisen tarvetta.

**3b) Asennusnopeus:** Riippuu siitä, vaatiiko se erillisen työkalun tai kiinnitysainetta/osia.

- Tiivisteiden kunnolla ja huolellisesti paikalleen kiinnittämiseen menevä aika.
- Parhaat pisteet saa asennukseltaan nopein vaihtoehto.

**3c) Hinta:** Hintaa riippuu työvälineiden määrästä, kiinnitystavasta/aineesta ja aineen koostumuksesta.

- Perustuu materiaalin ominaisuuksien vaatimustasoon ja tarvittaviin kiinnitysvälineisiin.
- Parhaan pistemäärän saa halvin kiinnitysvaihtoehto.

### 4 Kehikon säädettävyyden pilareiden avulla.

#### Säädettävyyden toteutusvaihtoehdot (ks. kuva 10):

##### 4.1 U-putkipalkkiprofiilin pätkällä

##### 4.2 Neliö putkipalkkiprofiilin pätkällä

#### 4 Säätötavan valinnan kriteerit:

**4a) Säätämisen helppous:** Riippuu kiinnitysmekanismin liikuttamisen pienikitkaisuudesta.

- Perustuu siirtämiseen menevään aikaan, tarvittavaan työvoimaan ja rakenteen lopulliseen kasaamiseen työmaalla.
- Korkeimman pistemäärän saa vaihtoehto, jossa tarvittavien säätöjen tekeminen käy kitkattomimmin.

**4b) Kestävyys:** Riippuu siitä, minkä paksuista tavara on, ja millaisia voimia siihen kohdistuu.

- Perustuu valmistusmateriaalin valintaan, materiaali- vahvuuksiin ja kiinnityksien määrään.
- Korkeimman pistemäärän saa vaihtoehto, johon muodostuu vähiten pettävien liitosten mahdollisuuksia.

**4c) Hinta:** Hintaa muodostuu pilareiden ohuempaan päähän hitsattavan profiilin hinnasta ja kiinnitysten kustannuksista.

- Kokonaishintaan sisältyy lisäksi materiaalin määrä ja valmistuskustannukset.
- Korkeimman pistemäärän saa halvin kehikon säädön ratkaisuvaihtoehto.

## 5 Käyttömateriaalin valinta aiemmin käytetyistä.

**Käyttömateriaali vaihtoehdot (ks. taulukko 7):**

**5.1 Normaali ruostumaton teräs**

**5.2 Haponkestävä teräs**

**Käyttömateriaalin valinnan kriteerit:**

**5a) Korroosionkestävyys:** Riippuu materiaalin seosaineista, pinnanlaadusta (sileys) ja materiaalin valmistustavasta.

- Siihen vaikuttaa kromin ja molybdeenin määrä, pinnan sileys ja vallitsevat olosuhteet.
- Korkeimmat pisteet saa korroosiota eniten kestävä materiaalivaihtoehto.

**5b) Soveltuvuus:** Materiaalilla pitää olla riittävä korroosionkesto olosuhteisiin nähden kohtuulliseen hintaan.

- Valitaan materiaalit käyttöolosuhteiden mukaan parhaiten sopiviksi.
- Korkeimmat pisteet saa käyttökohteeseensa parhaiten sopiva materiaalivaihtoehto.

**5c) Hintaa:** Hintaa muodostuu materiaalissa käytetyistä seosaineista ja materiaalin ominaisuuksista kuten korroosionkesto.

- Riippuu materiaalin ominaisuuksien vaatimustasosta.
- Korkeimmat pisteet saa halvempi materiaalivaihtoehto, sillä saatuihin riittäviin korroosionkesto-ominaisuuksiin nähden.

**Taulukko 8.** Ideoiden pisteytystaulukko.

kehitysidea	Ominaisuus	a	b	c	yhteensä
	Vaihtoehto				
1	1.1	2	0	5	7
	1.2	4	3	3.5	10.5
	1.3	5	3	1	9
2	2.1	5	2	5	12
	2.2	3	2	4	9
	2.3	3	3	1	7
3	3.1	3	5	5	13
	3.2	4	4.5	4.5	13
	3.3	5	1	2	8
4	4.1	4.5	4.5	5	14
	4.2	5	5	3	13
5	4.1	3	5	5	13
	4.2	5	4	2	11

## 6.2 Ilmauslaatikon mitoitus

Ilmauslaatikoiden leveyksiä muodostui kullekin luukkumäärälle kolme. Nämä leveydet muodostuivat luukkujen etäisyyksien vaihtoehdon yksi (150 millimetriä), vaihtoehdon kaksi (225 millimetriä) sekä vaihtoehdon kolme (300 millimetriä) sekä luukun leveyden, luukun reunaetäisyyden ilmauslaatikosta ja luukkujen määrän mukaan. Muodostuneista ilmauslaatikon kokovaihtoehdoista on valittu keskimäinen koko, koska tämä valinta mahdollistaa huokeampaan hintaansa nähden riittävästi lisävaihtoehtoja käytettäville viidelle isommalle käsipyörän koolle suurimpaan kokoon verrattuna (taulukko 9). Toisin sanoen käytännössä yhteiden välille tulee jäädä riittävän suuri etäisyys, jotta näiden viiden isompikokoisen käsipyörän lisääminen on ylipäätään mahdollista. Käsipyörien välille jääneistä väleistä käy tutkimuksessa ilmi, että isoin ilmauslaatikon koko ei tuo merkittävää hyötyä edellä mainittuun asiaan keskimäiseen verrattuna.

**Taulukko 9.** Yhteiden välit ja suurin mahdollinen peruskäsipyörän koko.

Luukkujen määrä	Laatikon leveys (mm)	"maks." käsipyörän mitat (mm)		yhteiden välinen etäisyys (mm)
		koko	etäisyys	
2	2250	225	165	390
	<b>2325</b>	<b>225</b>	<b>180</b>	<b>405</b>
	2400	225	195	420
3	3300	200	100	300
	<b>3450</b>	<b>200</b>	<b>115</b>	<b>315</b>
	3600	200	130	330
4	4350	185	85	270
	<b>4575</b>	<b>185</b>	<b>100</b>	<b>285</b>
	4800	185	115	300
5	5400	175	80	255
	<b>5700</b>	<b>175</b>	<b>95</b>	<b>270</b>
	6000	175	110	285

Muut ilmauslaatikon luukun mitat muodostuivat aksiaalissuunnassa siten, että luukun etäisyys ilmauslaatikon reunasta on 150 millimetriä ja leveys 900 millimetriä. Vertikaalissuunnassa puolestaan luukun etäisyydeksi ilmauslaatikon yläpinnasta muodostui 60 millimetriä ja luukun leveydeksi 200 millimetriä. Ilmauslaatikon alareunan viisteeksi määriteltiin viisi astetta aiempia projektikuvia katsomatta.

Ilmauslaatikoiden leveyksiksi muodostui siis järjestyksessä pienimmästä suurimpaan: 2325 millimetriä, 3450 millimetriä, 4575 millimetriä ja 5700 millimetriä, mikä näkyy myös alla olevasta taulukosta 10. Näitä leveysmittoja on päädytty ehdottamaan standardileveyksiksi, koska valinta mahdollistaa peruskäsipyörien tilalle tulevien enintään viiden suuremman venttiilin käytön kaikille muille paitsi pienimmälle ilmauslaatikon leveydelle, koska siihen ei ollut tarvetta.

**Taulukko 10.** Ilmauslaatikon sopivimman leveysmitan valinta.

Mitat laatikon koon määrittämiseen		Viiste	Niillä laskettiin laatikoille nämä mitat	pituus (mm)
		5 °		320
<b>D</b>	150	<b>Luukkuja</b>		<b>Leveys (mm)</b>
<b>X</b>	900	<b>2</b>		2325
<b>V</b>	225	<b>3</b>		3450
<b>Y</b>	200	<b>4</b>		4575
<b>B</b>	60	<b>5</b>		5700

### 6.3 Käsipyörien koko ja yhteiden määrä

Yhteiden määrän jonkinlaisella määrittämisellä on työssä ollut tarkoitus helpottaa yhdetaulukon tekoa sekä käytettävien venttiilien käsipyöräkokojen valintaa. Yhteiden määriksi laskennan kautta saatiin seuraavat määrät: Kaksiluukkuisen ilmauslaatikon suurin yhdemäärä on 6, kolmiluukkuisen 11, neliluukkuisen 16 ja viisiluukkuisen 21.

Ilmauslaatikon leveyden valinnan mukaan DN 25-venttiilien suurimmat mahdolliset peruskäsipyörän koot ovat kaksiluukkuiselle 225 millimetriä, kolmiluukkuiselle 200 millimetriä, neliluukkuiselle 185 millimetriä ja viisiluukkuiselle 175 millimetriä. Näille kolmelle suurimmalle ilmauslaatikon leveydelle voidaan tarvittaessa asettaa peruskäsipyörien tilalle suurempia venttiilejä.

Näin ollen kolmiluukkuisen ilmauslaatikon viiden suurimman mahdollisen käsipyörän kooksi voitiin määritellä DN 50 koon 254 millimetrinen käsipyörä. Neliluukkuiselle sekä viisiluukkuiselle ilmauslaatikolle voitiin määritellä saman DN 50 kokoluokan 205 millimetrinen käsipyörä. Yllä mainitun vähimmäisvälimitan täytyminen vaikutti myös käsipyörien sijoitteluun siten, että vain neliluukkuisessa ne on mahdollista sijoittaa vierekkäin, mutta muissa niiden väliin on aina sijoitettava vähintään yksi peruskoon käsipyörä.

## 6.4 Ilmauslaatikon kehikon mitoitus

Kehikon mitat on puolestaan määritelty aiempien projektien ilmauslaatikon valmistuspiirustuksia apuna käyttäen, jolloin ilmauslaatikon leveyden mukaan määrittyi myös kehikon leveys. Muita työssä määriteltyjä kehikon mittoja olivat kehikon etäisyys laatikon reunasta, pituus jaettuna kolmeen osaan sekä käytettävän putkipalkin paksuuteen (taulukko 11).

**Taulukko 11.** Laskennallisesti määritetyt mittaehdotukset kehikoille.

Luokku- määrä	Keh. lev. (W) (mm)	Laat. yläp. pit. (L) (mm)	Yl. ja al. väl. os. (M) (mm)	Laat. ala. pit. (H) (mm)	Keh. put. pak. (T) (mm)	Kok. pit. (L+M+H+T) (mm)
2	2325	960	365	380	80	1785
3	3450	1320	385	475	80	2260
4	4575	1680	400	570	80	2730
5	5700	2040	415	665	80	3200

## 6.5 Suositeltava yhdetaulukon toteuttaminen

Tässä työssä esitettyjen standardoitavien mittojen mukaisten valmistuskuvien tekemistä silmällä pitäen on yhteiden automaattista piirustukseen lisäämistä varten suositeltavaa hyödyntää esimerkiksi Autocad-ohjelmiston dynaamista blokkimäärittelyä. Siinä määritellään muun muassa yhteiden koko, määrä, sijainti ja etäisyys seuraavaan. Yhteet tuodaan piirustukseen blokkikäskyllä ”bedit”, jolloin saadaan tarvittava määrä yhteitä oikeille paikoille, oikeilla etäisyyksillä. Käytännössä tämä toimii niin, että aluksi piirretään tavallinen blokki oikeine mittoineen ja siitä sitten luodaan dynaaminen blokki.

Sen erottaa piirustuksessa tavallisesta blokista sen kahvoista blokin aktivoinnin jälkeen. Tarkoituksena on tehdä jokaiselle kolmen suurimman luokkumäärän omaavalle ilmauslaatikon kaikille yhteiden määrille omat erilliset blokkinsa. Niistä sitten haetaan halutun lainen yhdemäärä, asetetaan se vasemmanpuoleiseen ilmauslaatikon reunaan, vedetään kahvasta ilmauslaatikon leveyden yli ja ohjelma sijoittaa ne tasavälein ilmauslaatikolle. (Home 2011; 182)

## 6.6 Ilmauslaatikon ja sen osien valmistusmateriaali

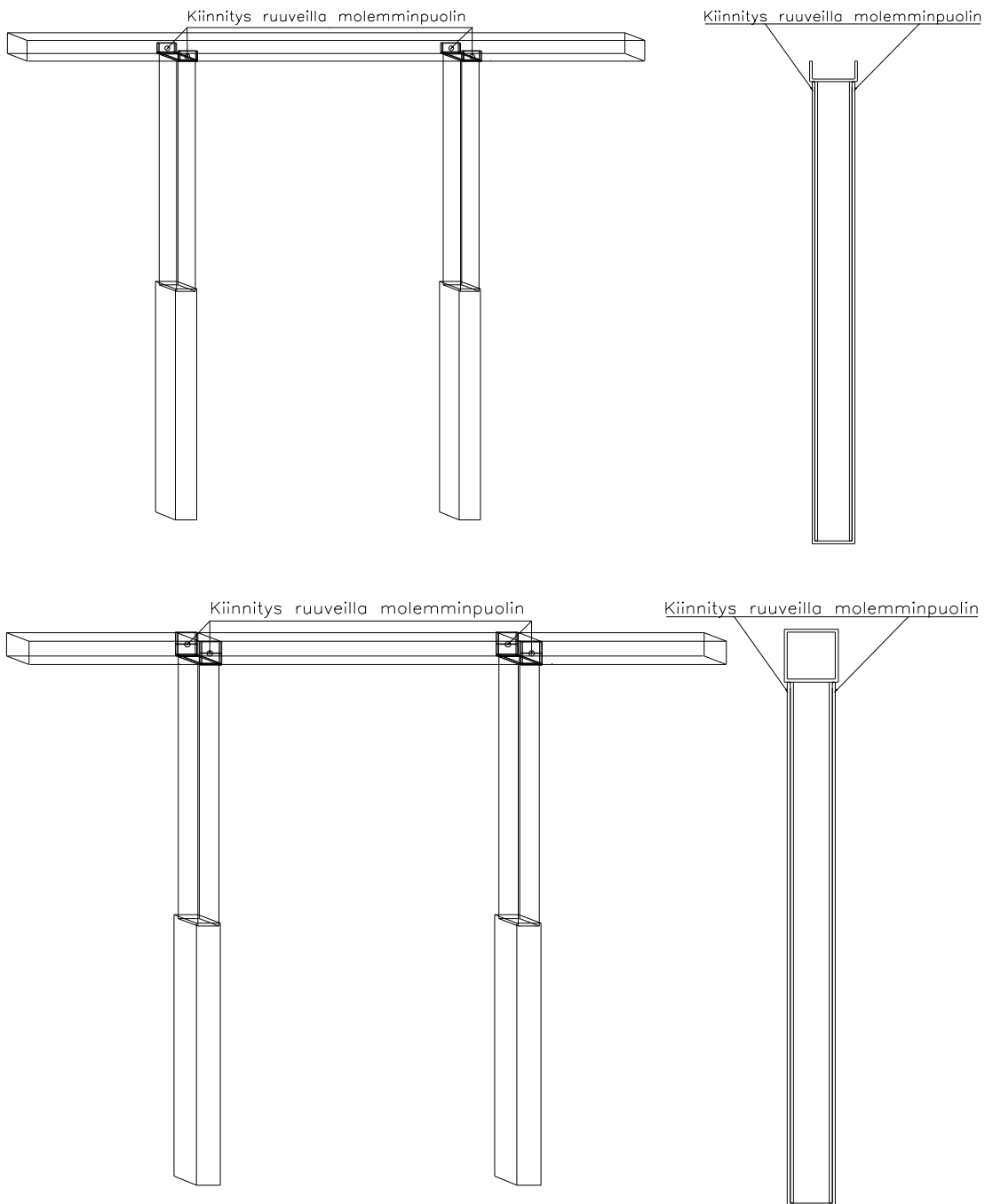
Valmistusmateriaalin vaihtoehdoksi 1 muodostui normaaliteräs 1.4301 ja vaihtoehdoksi 2 ns. haponkestävä 1.4404 teräs. Korroosionkestoltaan austeniittinen ns. haponkestävä teräs 1.4404 oli parempi kuin austeniittinen normaaliteräs 1.4301. Kuitenkin vaakakuppi kallistui austeniittisen normaaliteräksen puolelle sen halvemmalla hinnalla saavutettavan riittävän korroosionkeston takia. Täältä pohjalta on suositeltavaa käyttää valmistusmateriaalina normaalia terästä silloin, kun materiaaliksi ei erityisesti vaadita haponkestävää terästä.

## 6.7 Ilmauslaatikon kehikon säädettävyys

Kehikon säädettävyysongelman ratkaisemiseen on työssä ehdotettu seuraavanlaisia käytäntöjä. Ensinnäkin palkin korkeuden säätäminen pilareilla onnistuu siten, että molemmat pilarit valmistetaan neliönmallisesta teräspalkista kahtena erillisenä pilarina, jotka menevät sisäkkäin (kuva 10). Paksumpi pilari on kooltaan 80x80x5 millimetriä ja sen sisään menevä kokoa 70x70x5 millimetriä. Pilarien leveyssuunnan säädön mahdollistamiseksi ehdotetaan kehikon leveyden säätö toteutettavaksi pajalla pienemmän pilarin päähän hitsattavalla osalla.

Ensimmäisenä vaihtoehtona (kuva 10 yläosa) on toteuttaa pilarin päähän hitsattava osa 40x90x5 millimetrin kokoisella u-profiilisella teräspalkin pätkällä. Toisena vaihtoehtona (kuva 10 alaosa) on tehdä se 90x90x5 millimetrin kokoisella neliöputkipalkin pätkällä. Molemmat on tarkoitus kiinnittää pajalla hitsaten sisäkkäisten pilarien ohuemman pilarin päähän ja lukita toisiinsa ruuveilla kuljetuksen ajaksi. Vaihtoehdon 1 väliin tai vaihtoehdon 2 sisään menee palkki, jota pitkin pilarit pystytään siirtämään halutulle kohdalle.

Kehikon asennus työmaalla toteutetaan säätöjen jälkeen ruuviliitoksin ja lopullinen kiinnitys vahvistetaan tarpeen mukaan kulmarauodoilla. Kestävyydeltään vaihtoehto 2 (90x90x5 millimetrin neliöputkipalkin pätkä) on parempi kuin vaihtoehto 1 (40x90x5 millimetrin u-profiilin putkipalkin pätkä). Vaihtoehto 1 on muilla vertailtavien ominaisuuksien saralla parempi ja vie lopulta voiton vertailussa. Näin ollen on suositeltavaa toteuttaa kehikon säädettävyys vaihtoehdon 1 mukaan.



**Kuva 10.** Ehdotukset kehon säädettävyyteen.



## 6.8 Ilmauslaatikon tiivistemateriaali ja sen kiinnitys

Ilmauslaatikon luukkujen tiivistemateriaalin kolmesta vaihtoehdosta ominaisuuksiensa perusteella olisi suositeltavaa käyttää grafiittitäytteistä vaihtoehtoa (vaihtoehto 3). Sen hintavuuden takia on valinta kuitenkin tehty tässä työssä kahden muun tiivistemateriaalivaihtoehdon väliltä. Keraaminen naru (vaihtoehto 1) oli lasikuitunaruun (vaihtoehto 2) verrattuna parempi sen paremman lämmönsiedon ja huokeamman hintansa vuoksi.

Tiivistemateriaalin kiinnityksen vertailussa puolestaan vaihtoehto 3 eli naulaaminen jäi selkeästi viimeiseksi. Kaksi muuta sai saman pistemäärän, joten niistä suositellaan käytettäväksi tarraa (vaihtoehto 1), jos tuotteessa sellainen on. Tiivisteiden kiinnitys pysyminen on syytä varmistaa liimalla (vaihtoehto 2).

## YHTEENVETO

Tämän työn päällimmäisenä tavoitteena oli selvittää sooda- ja voimakattiloiden ilmauslaatikon erilaisia kehittämistarpeita ja tutkia erilaisia vaihtoehtoja esiin tulleiden kehittämistarpeiden ratkaisemiseksi. Lisäksi työn keskeisenä osana oli eri ratkaisuvaihtoehtoja vertailemalla löytää ratkaisumallit ilmauslaatikon eri osa-alueiden standardoimiseksi.

Yleisenä pyrkimyksenä oli helpottaa koko ilmauslaattikkoon liittyvän prosessin toteutusta aina suunnittelusta työmaa-asennukseen saakka niin kehikon säädettävyyden, ruuviliitosten, yleiskäyttömateriaalin kuin myös ilmauslaatikon yhteneväisten mittojen avulla. Lisäksi haluttiin saada parannettua ilmauslaatikon koekäyttäjien työturvallisuutta etsimällä ratkaisuja luukkujen vesitiiveyden parantamiseksi. Kyselyn mukaan tiiviimmillä luukuilla pyrittiin estämään se, että ilmauslaatikon koekäyttäjä ei polta itseään (Liitteet 2 & 3). Työssä esitetyt ratkaisuehdotukset ilmauslaatikon standardoimiseksi toimivat myös pohjana tulevaisuudessa tehtäville ilmauslaatikon valmistuspiirustuksille.

Kehitysehdotuksiksi ja ilmauslaatikon soveliaimmiksi standardoinneiksi muodostui ilmauslaatikon leveyden mitoituksen osalta ilmauslaatikon luukkujen välimittavaihtoehdolla kaksi (225 millimetriä) järjestyksessä pienimmästä suurimpaan: 2325 millimetriä, 3450 millimetriä, 4575 millimetriä ja 5700 millimetriä. Ilmauslaatikon pituudeksi muodostui kaikkiin ilmauslaatikon kokoihin 320 millimetriä. Luukun leveydeksi muodostui 900 millimetriä ja pituudeksi 200 millimetriä. Luukun vaakasuuntaiseksi etäisyydeksi ilmauslaatikon reunasta muodostui 150 millimetriä. Vertikaalisuunnassa puolestaan luukun etäisyydeksi ilmauslaatikon yläpinnasta muodostui 60 millimetriä ja ilmauslaatikon alareunan viisteeksi viisi astetta.

Peruskäsipyörien koot muodostuivat kahdesta viiteen luukua sisältäviin ilmauslaattikoihin järjestyksessä pienimmästä suurimpaan: 225 millimetriä, 200 millimetriä, 185 millimetriä ja 175 millimetriä. Peruskäsipyörien tilalle laitettavien enintään viiden käsipyörän suurimmat koot muodostui kolmi-, nel- ja viisiluukkuseen ilmauslaattikkoon pienimmästä suurimpaan: DN 50 koon 254 millimetrinen käsipyörä ja seuraaville saman kokoluokan 205 millimetrinen käsipyörä. Yhteiden määrät muodostuivat järjestyksessä pienimmästä suurimpaan 6, 11, 16, 21.

Kehikon palkkien leveydet muodostuivat samoiksi kuin määriteltyjen ilmauslaatikoiden leveydet pienimmästä suurimpaan eli: 2325 millimetriä, 3450 millimetriä, 4575 millimetriä ja 5700 millimetriä. Pilareiden pituudet muodostuivat seuraaviksi järjestyksessä pienimmästä suurimpaan: 1785 millimetriä, 2260 millimetriä, 2730 millimetriä ja 3200 millimetriä. Valmistusmateriaaliksi ehdotettiin austeniittista ruostumatonta normaaliterästä 1.4301.

Kehikon säädettävyyteen ehdotettiin pilareiden valmistamista kahdesta sisäkkäin menevästä pilarista. Lisäksi sisäkkäisten pilareiden ohuempaan päähän hitsattavalla 40x90x5 millimetrin kokoisella u-profiilipalkin pätkällä. Ilmauslaatikon luukkujen tiivistämateriaaliksi muodostui keraaminen naru ja tiivisteen kiinnitys tuotteessa olevalla tarralla sekä kiinnityksen varmistaminen liimalla. Yhdetaulukon luomiseen ilmauslaatikon valmistuspiirustuksiin ehdotettiin dynaamista blokki-määrittelyä.

Tässä opinnäytetyössä esitettyjen tulosten pohjalta on syytä tutkia jatkossa kehityskyselyssä ilmi tulleita asioita. Näitä ovat esimerkiksi luukun kahvojen kehittäminen helppokäyttöisemmiksi sekä höyryn- ja lauhteenpoistimien parhaan sijoituspaikan tutkiminen. Tässä työssä esitettyjen standardointiehdotusten pohjalta on syytä piirtää ilmauslaatikon valmistuskuvat. Lisäksi tulee korjata kehitysideoiden mukanaan tuomat muutokset vanhoihin kuviin sekä päivittää työssä esitetyt ilmauslaatikon kehitysehdotukset ja standardoinnit Andritzin suunnitteluohjeisiin ja PDMS-, INVENTOR-mallina tai standardipiirustuksena luotaviin valmistuskuviin.

Jatkossa on syytä myös huomioida tehdyssä kyselyssä (liite 2 & 3) esiin nousseita asioita. Näitä asioita olivat ilmauslaatikon viemärin suurempi vesilukko, luukkujen tiiveys sekä luukkujen kannen teko läpinäkyväksi ja valon kehittäminen sen taakse. Suuremmalla vesilukolla pyritään estämään höyryn puskeminen ilmauslaatikon kautta ylös kattilahuoneeseen nuohoushöyryä päälle otettaessa (liite 2). Ilmauslaatikon luukkujen tiivistämisen lisäksi läpinäkyvästä pleksistä tehdyllä ilmauslaatikon luukun kannella ja takana olevalla valolla välttyttäisiin luukkujen avaamiselta (liitteet 2 & 3).

Vaikka ilmauslaatikko on sooda- ja voimakattilan kokonaisuudessa pienessä roolissa, on sen kehitystyö kuitenkin hyvin oleellista. Tämän opinnäytetyön pohjalta ja jatkokehityksen myötä saavutetaan kilpailuetua muihin alan toimijoihin nähden, koska ilmauslaatikon eri osa-alueiden standardoinnilla yhdenmukaistetaan, yksinkertaistetaan ja nopeutetaan niin sen suunnitteluprosessia kuin hankintaakin. Ilmauslaatikon eri osa-alueiden standardoinnin mahdollistama nopeutunut suunnitteluprosessi ja yhdenmukaistettu hankintaprosessi tuovat kustannussäästöjä.

## LÄHTEET

ACO Nordic Oy – Terästen kuvauksia [viitattu 7.3.2012]. Saatavissa:

<http://www.acodrain.fi/Tuotteet/Hulevesijarjestelmat/Materiaalit/Ruostumaton%20ter%C3%A4s.aspx>

Andritz-tulos 2011, 2012. 010312\_andritz\_tulos2011 [lehdistötiedote]. Word-tiedosto [viitattu 26.3.2012]. Saatavissa: Andritzin sisäinen Intranet.

Recovery and Power Division. App-kr-pp-cover-with-picture. PowerPoint-esitys [viitattu 26.3.2012]. Saatavissa: Andritzin sisäinen Intranet.

Future 500 – ilmankäsittelykone käyttö- ja huolto-ohje [viitattu 9.3.2012]. Saatavissa: [http://www.koja.fi/uploads/pdf/KH\\_Future500\\_FIN.pdf](http://www.koja.fi/uploads/pdf/KH_Future500_FIN.pdf)

Hautajärvi, H. 2005. JUKO [verkko-ohje] – ohjeistokansio julkisivukorjaushankkeen läpiviemiseksi [viitattu 9.3.2012]. Saatavissa: [http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari2/juko/JUKO\\_pdf\\_web/Korjaustavat/Ikkunat/Suunnitteluohjeet\\_Ikkunat\\_Uusiminen.pdf](http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari2/juko/JUKO_pdf_web/Korjaustavat/Ikkunat/Suunnitteluohjeet_Ikkunat_Uusiminen.pdf)

Home, L. 2010. AutoCAD 2011 perusteet. PDF-tiedosto [viitattu 8.4.2012]. Autodesk. Opetusmateriaali. Saatavissa: Future CAD Oy

Joronen, O-P & Viertävä, J. 2008. Putkilozilla tehoa putkistosuunnitteluun [verkkoesite]. Promaint [viitattu 10.11.2011]. Saatavissa: <http://www.promaint.net/downloader.asp?id=2988&type=1>

Karotek. Putkien koot taulukko DN-, mm-, tuuma- mitoilla. Karotek [viitattu 29.12.2011]. Saatavissa: [http://karotek.fi/fi2/wrappers/Schedule\\_mitat.pdf](http://karotek.fi/fi2/wrappers/Schedule_mitat.pdf)

Know energy. Kattilan lämmönsiirtimien rakenne ja toiminnan johdanto [viitattu 25.3.2012]. Saatavissa: [http://www.knowenergy.net/suomi/monipoltt\\_kattilat/7\\_lammonsiirtimet/frame.htm](http://www.knowenergy.net/suomi/monipoltt_kattilat/7_lammonsiirtimet/frame.htm)

Kodinterra – lasikuitunaruviiviste [viitattu 9.3.2012]. Saatavissa [http://kodinterra.com/market/kodinterra?a\\_Visit:tuote=trm0i7uobiw7lifm&tuotekat=Rakennusvalut&path=RakTarvLVI%2FTulisijat%2FValut%2FRakennusvalut&paikkakunta=Salo&osuuskauppa=SSO&myymala=Kodin+Terra+Salo&pageName=Hakutulos](http://kodinterra.com/market/kodinterra?a_Visit:tuote=trm0i7uobiw7lifm&tuotekat=Rakennusvalut&path=RakTarvLVI%2FTulisijat%2FValut%2FRakennusvalut&paikkakunta=Salo&osuuskauppa=SSO&myymala=Kodin+Terra+Salo&pageName=Hakutulos)

Kuusakoski – terästuoteluettelo [viitattu 9.3.2012]. Saatavissa:

[http://www.kuusakoski.fi/inet/Kuusakoski/FI4/AKPMedia.nsf/Resources/KK\\_terastuoteluettelo\\_2010.pdf/\\$file/KK\\_terastuoteluettelo\\_2010.pdf](http://www.kuusakoski.fi/inet/Kuusakoski/FI4/AKPMedia.nsf/Resources/KK_terastuoteluettelo_2010.pdf/$file/KK_terastuoteluettelo_2010.pdf)

Outokumpu – Austeniittisten terästen DN ja ASTM standardien vastaavuudet [viitattu 7.3.2012]. Saatavissa:

<http://www.outokumpu.com/en/Products/coil-sheet-plate/grades/All-grades/Pages/default.aspx>

Piispa, P. 2011. Putkistosuunnittelu osana laitosinvestointiprojektia [verkkajulkaisu]. Helsingin Metropolia Ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikka. Insinööriyö [viitattu 10.11.2011]. Saatavissa:

[https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/27669/Petteri\\_Piispa\\_Putkistosuunnittelu\\_osana\\_laitosinvestointiprojektia.pdf?sequence=1](https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/27669/Petteri_Piispa_Putkistosuunnittelu_osana_laitosinvestointiprojektia.pdf?sequence=1)

PB-Training, 2008. Powerboiler\_training\_material\_spring\_2008. PDF-tiedosto [viitattu 26.3.2012]. Saatavissa: Andritzin sisäinen Intranet.

PSK standardisointiyhdistys ry. Putkiluokat, Pipe classes. 2011. PSK-käsikirja 7 [verkkokäsikirja]. Helsinki: Copy-Set Oy. [viitattu 10.11.2011]. Saatavissa: [http://www.pskstandardisointi.fi/Standard/Ryhma42/KK7\\_2p%20Koko%20kasikirja.pdf](http://www.pskstandardisointi.fi/Standard/Ryhma42/KK7_2p%20Koko%20kasikirja.pdf)

Riihimäki, J. 2011. Putkistosuunnitteluohjelman käyttöönotto [verkkajulkaisu]. Kokkolan Keski-Pohjanmaan Ammattikorkeakoulu, teknologiaosaamisen johtaminen. [viitattu 10.11.2011]. Saatavissa: [https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/30336/Riihimaki\\_Jouko.pdf?sequence=1](https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/30336/Riihimaki_Jouko.pdf?sequence=1)

Saunainter – keraaminen narutiiviste [viitattu 9.3.2012]. Saatavissa: [http://www.saunainter.com/fi/rakennustarvikkeet/eri/keraaminen\\_ttiivistenaru/pisla\\_rop\\_e\\_6mm/?menu\\_rule=284](http://www.saunainter.com/fi/rakennustarvikkeet/eri/keraaminen_ttiivistenaru/pisla_rop_e_6mm/?menu_rule=284)

Talja, A, Törnqvist, J, Carpen L, Kivikoski H & Nippala, E. 2006. Ruostumaton teräs maa- ja vesirakentamisessa [verkkokirja]. Espoo: VTT [viitattu 7.3.2012]. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2006/W65.pdf>

Tiivistekeskus - Grafiittitäytteinen PTFE-elementtikuitulanka [viitattu 9.3.2012]. Saatavissa: <http://tuotteet.tiivistekeskus.fi/main.html?nodeUid=6037715&catalogUid=1154028&parents=1154661|1154663&style=view0>

Vainio, H. 2000. Rautaruukin putkipalkkikäsikirja. Korjattu uusintapainos. Keuruu: Otavan kirjapaino OY.

Willem, DR, Circa, D & Stelos. 2004. Rakennussarja, julkaisu 5. Tekninen opas – ruostumattoman teräksen käyttö vesikatoissa [verkko-opas]. Euro Inox [viitattu 7.3.2012]. Saatavissa: [http://www.euro-inox.org/pdf/build/roofing/RoofingTech\\_FI.pdf](http://www.euro-inox.org/pdf/build/roofing/RoofingTech_FI.pdf)


**ASEKO OY**
**ISTUKKAVENTTIILI**

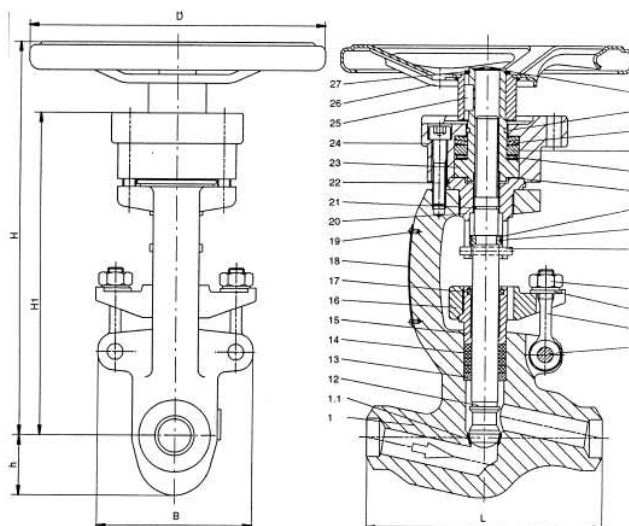
SEMPELL VA500

Hitsauspäin

Tilausesimerkki: ISSE2160

**03SE-11**
**Osat, materiaalit ja käyttöalueet**

Osanro	Osa	Mat./koodi							
		01	11	10	13	15	30	31	
1.	Runko	1.0460	1.5415	1.7335	1.7380	1.4922	1.4903	1.4550	
1.1	Rungon panssarointi	Stelliitti							
1.3	Hitsauslaippa	1.0460	1.5415	1.7335	1.7380	1.4992	1.4903	1.4550	
12	* Karalautanen	1.4122							
13	Perusrenkas	1.4021	1.4021	1.4021	1.4021	1.4021	1.4021	1.4057	
14	* Tiiviste	Grafiitti							
15	Tiivistysholkin varsi	1.4027							
16	Tiivistysholkin laippa	1.4313							
17	* Irrotin	Grafiitti							
18	Tyypikilpi	1.4301							
19	Kupukantauraniitti	1.4305							
20	Ohjausholkki	1.0718							
21	* Tiivisterengas	FPM							
22	Sylinteriruuvi	8.8							
23	* Kierreholkki	2.0550							
24	Kansi	1.0460							
25	Sovitusjousi	1.0503							
26	Käsipyörä	Teräs							
27	Varmistusrenkas	Jousiteräs							
28	* Lukituslevy	1.0330							
29	* Tiivisterengas	FPM							
30	Lautasjousi	1.8159							
31	Lautasrenkas	1.4021							
32	* Neulalaakeri	Teräs							
33	* Liukurenkas	PTFE/1.4301							
34	Jaettu rengas 1	.4122							
35	Rengas	1.4310							
36	Ohjauspultti	1.4122							
37	Kuusiomutteri	1.7258							
38	Levy	Teräs							
39	Rengasruuvi	1.7709							
40	Uraniitti	A4.70							



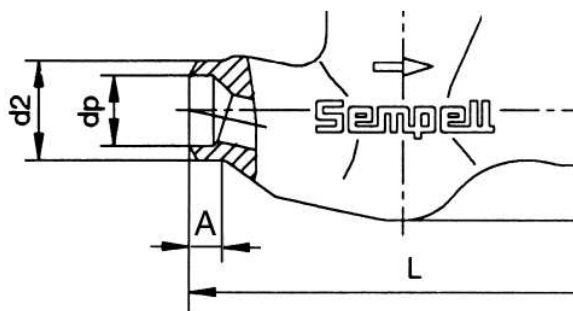
Osat 20, 22, 27, 28, 37, 38, 39 korroosiosuojatut \* =varaosasuositus

Käyttöalue		Laskentalämpötila C																				
Mat.koodi	Pesämateriaali	DIN-nro	20	250	300	350	400	450	480	500	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610	620	
01	C22.8	1.0460	543	515	467	397	311	236														
11	15 Mo3	1.5415	543	515	508	501	494	484	474	311	186											
10	13 CrMo44	1.7335	543	515	508	501	494	484	478	474	315	257	207	161								
13	10 CrMo910	1.7380	543	515	508	501	494	484	478	474	377	328	282	240	207							
31	X 6 CrMo910	1.4550	543	515	508	501	494	484	478	474	470	468	466									
15	* X 20 CrMoV121	1.4922	543	515	508	501	494	484	478	474	470	468	466	460	398	336	282	240	199	166	137	
30	* X 10 CrMoVNB91	1.4903	543	515	508	501	494	484	478	474	470	468	466	464	462	449	397	352	311	269	235	

\* Kysyttäessä

sallitun käyttöilpaineet baareina (hitsauspääät käsittelemättömät)

Koeylipaine=1,3 x max. käyttöilpaine tai 1,5 x PN (max. 706 bar)

**Mitat ja painot**


DN	PN	Tilauskoodi		Mitat mm					VA500 DIN 3239			Paino kg
		Mat.11	Mat.10	L	H	h	D	isku	dp	d2	A	
10	400	ISSE2150	ISSE2152	160	250	35	200	5	10	18	10	13
15	400	ISSE2155	ISSE2157	160	250	35	200	5	17	28	15	16
20	400	ISSE2160	ISSE2162	180	300	45	225	7,5	29	44	25	28
25	400	ISSE2165	ISSE2167	180	300	45	225	7,5	29	44	25	28
40	400	ISSE2175	ISSE2177	300	455	75	350	10	40	61	40	74
50	400	ISSE2180	ISSE2182	300	455	75	350	10	50	77	50	88

Aseko Oy, Tinankuja 3, 02430 Masala puh. 010 400 1012 fax 010 400 1200 markkinointi@aseko.fi www.aseko.fi

Kaikki mitat, painot ja muut tekniset tiedot sitoumuksesta.

## Ilmauslaatikkoon liittyvä kysely 07.03.2012 starttereille, Jurttila Jukka

### 1. Miten ilmauslaatikko toimii ja mikä on sen tehtävä prosessissa?

*Ilmauslaatikon tehtävä:*

On poistaa kattilaputkistoista ilmaa, pyrkien estämään kiertohäiriöitä kattilassa. Kattilaa täyttäessä ilmaa jää putkistoihin esim. kokooja kammioihin ja kiertoputkiin. Kattilan vesikiertohan on tehty siten, että jakokammioon tuodaan syöttövesi tai höyry, josta virtaava aine jaetaan menemään useisiin eri putkiin. Putkisto kootaan taas yhteen kokooja kammioissa.

Kun kattilaa aletaan lämmittämään eli ylösajamaan (paineistamaan) saattaa syntyä tilanteita, jossa kaikissa putkissa ei vesi/höyry kierrä vaan seisova ilmatulppa estää kierron → putken yli kuumeneminen/ putken rikkoutuminen. Tästä syystä on kattiloihin lisättynä ilmausputkisto, jonka avulla poistetaan ilma putkistoista ylösajon aikana. Ilmausputket on koottuna yleensä keskitetysti.

### 2. Mitkä ovat ilmauslaatikon mitoitusperiaatteet?

*Ilmauslaatikon mitoituksesta on käytetty seuraavaa:*

hönkäputki ylöspäin DN 80 ja viemäriputki ulospuhallus säiliöön on yleensä DN 100 Mitoitus periaattena on käytetty seuraavaa Putkien on oltava riittävän suuret eli kylläisen höyryn nopeus ei saa nousta yli 20 m/s ja veden nopeus yli 3 m/s. Ilmauslaatikolle tulevien putkien koko on DN 25

### 3. Mitä puutteita nykyisestä ratkaisusta löytyy?

Ilmauslaatikoiden luukkujen tiiveys, voisi olla kansi tehtynä plexistä ja takana valo, jolloin ei tarvitsisi avata luukkuja. Ilmaus laatikoiden viemäriin pitäisi tehdä suurempi vesilukko, sillä nuohoushöyryn otettaessa päälle (nuohousvesityslinja menee myös ulospuhallus säiliöön, paineistaen hieman säiliön → höyry pääsee puskemaan ilmauslaatikon kautta ylös kattilahuoneeseen, kun vesilukko ei estä takaisin virtausta

### 4. Mitkä ovat yleisimmin käytetyt hönkä- ja lauhdeyhteiden koot?

kts vastaus 2.

### 5. Millainen virtausnopeus edellisessä vallitsee?

kts vastaus 2

## **Ilmauslaatikkoon liittyvä kysely 07.03.2012 starttereille, Fabritius Marko**

### **6. Miten ilmauslaatikko toimii ja mikä on sen tehtävä prosessissa?**

Ilmauslaatikon tarkoituksena on erottaa ilmauslinjasta tulevasta ilma-/höyry-/lauhdeseoksesta ilma sekä höyry lauhteesta. Ja johtaa ilma/höyry hönkälinjaan, lauhde lauhdelinjaan.

### **7. Mitkä ovat ilmauslaatikon mitoitusperiaatteet?**

Onko sille mitoitusperiaatetta ? Vai onko kyseessä ns. armeijan standardi "one size, fits for all" ??

### **8. Mitä puutteita nykyisestä ratkaisusta löytyy?**

Ainakin ilmauslaatikon tarkastusluukkujen tiiveys on sitä luokkaa, että navan seutu tai näpit/naama palaa venttiilejä käytettäessä.

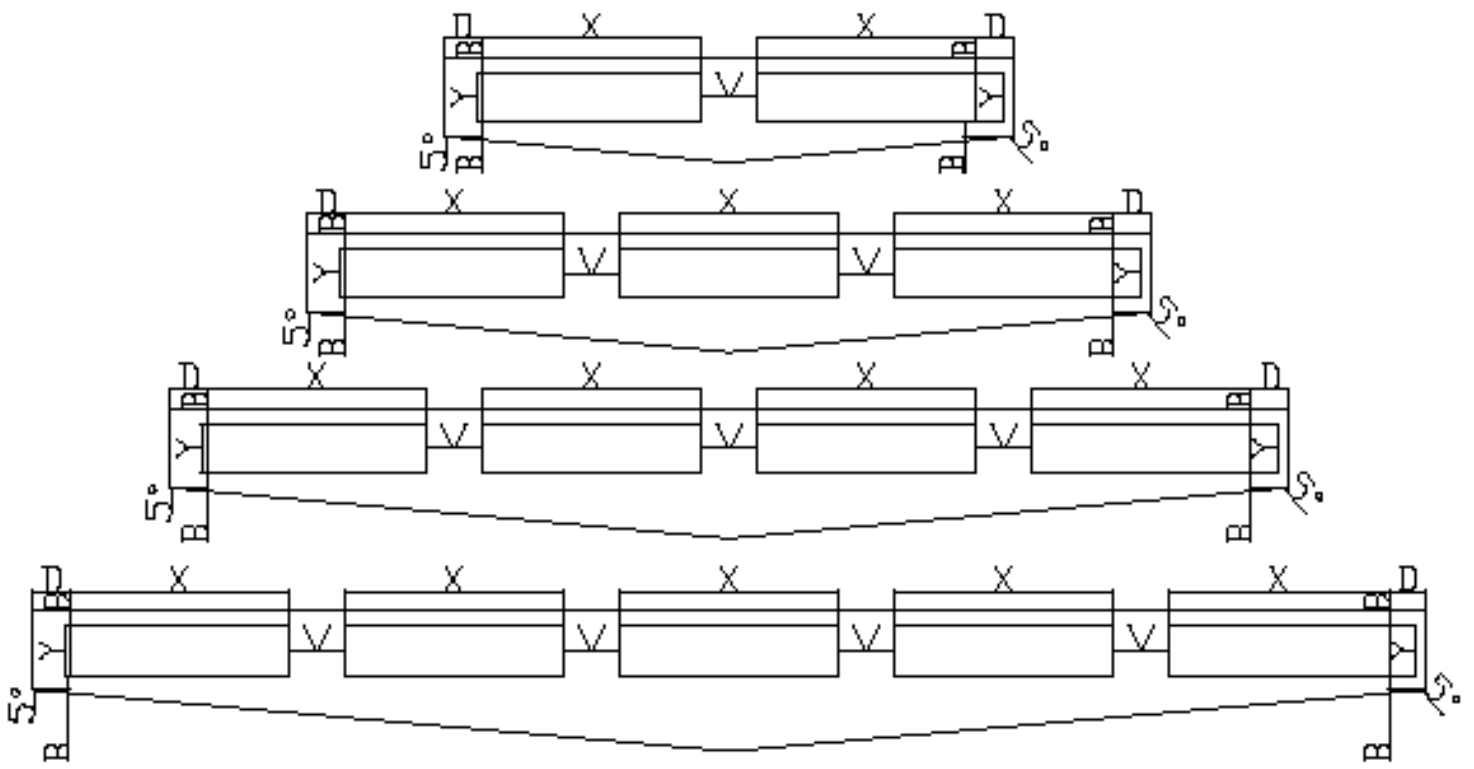
### **9. Mitkä ovat yleisimmin käytetyt hönkä- ja lauhdeyhteiden koot?**

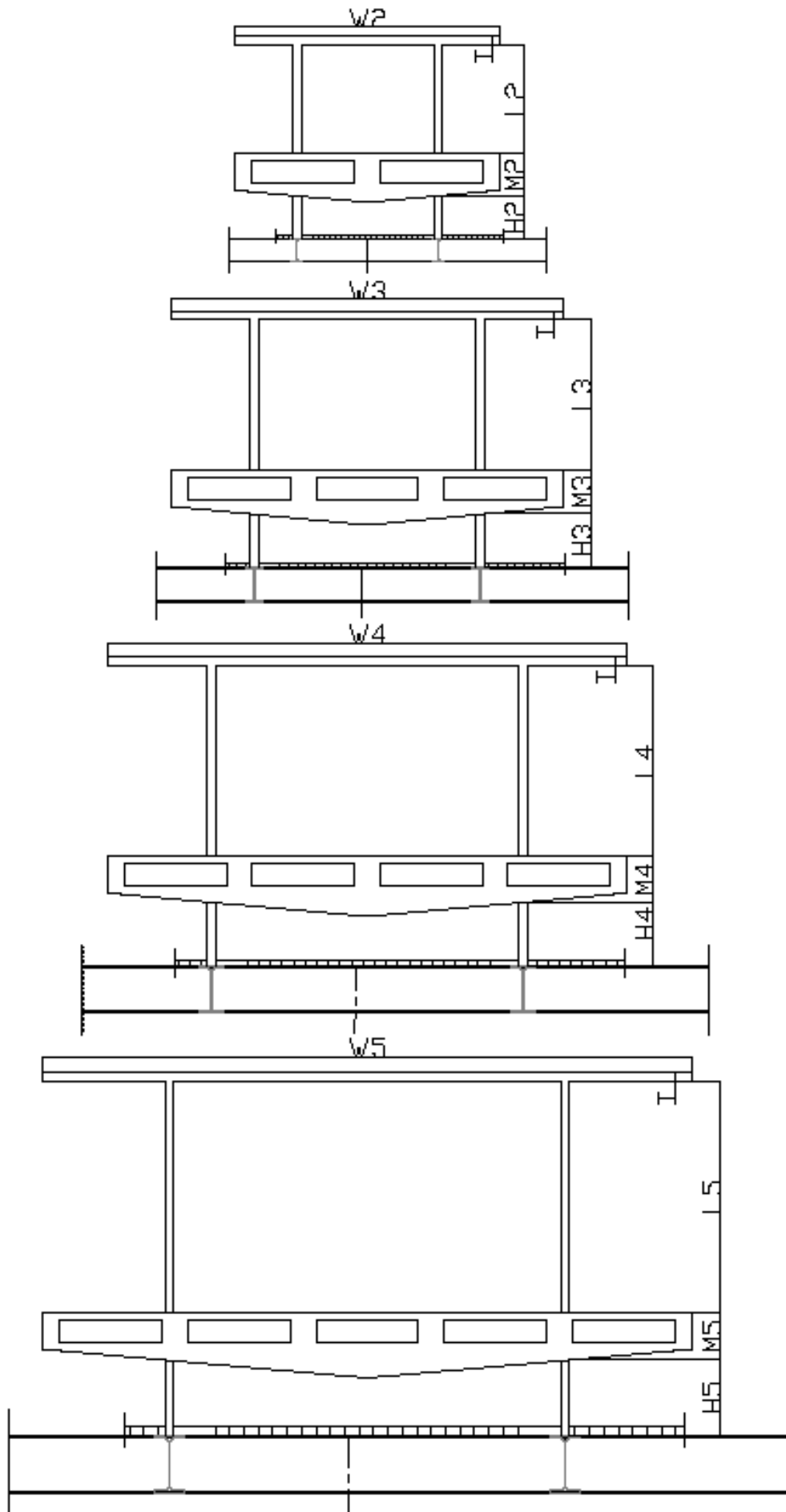
Lauhdelinja tyypillisesti DN50, hönkälinja DN80. Ilmauslinjat laatikkoon tyypillisesti DN25

### **10. Millainen virtausnopeus edellisessä vallitsee?**

Tuo on hyvä kysymys, vaan tietääkö kukaan ?? Tilannehan on se, että ilmaukset pidetään tyypillisesti auki, kunnes kattilan paine on 2..3 bar luokkaa. Tällöin jokaisesta auki olevassa linjassa on kriittinen virtaus (riippuen toki ilmausputken pituudesta). Eliikä virtaus per putki on luokkaa 300 kg/h. Riippuen höyryn lämpötilasta, osa menee hönkänä ja loput lauhdeena.





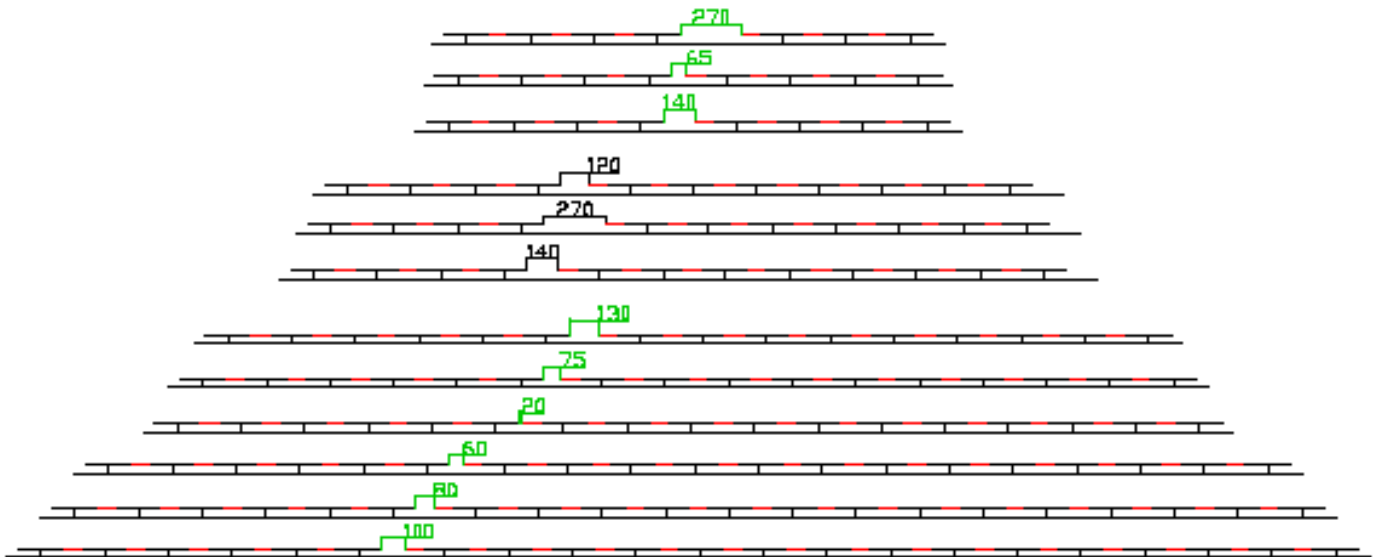


50	85	150
40	84	144
30	104	136
20	125	128
10	146	118
0	165	108

50	71	150
40	90	140
30	110	130
20	131	120
10	151	110
0	171	100

50	75	150
40	94	140
30	114	130
20	135	120
10	155	110
0	175	100

50	80	150
40	99	140
30	119	130
20	140	120
10	160	110
0	180	100



DN	min (mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	max (mm)
20	75	110±5	120	200				225
25	120	170±5	200					225
32	160	170±5	250					350
40	144	160	170±5	200	250			350
50	144	160	170±5	200±5	250	315	350	400

DIN	KP Ø
34-1-D	3210
200	160
225	200
350	315
390	400
560	500

Size	KP Ø		Laja RB
INCH	(mm)	(mm)	mm
0.375	10	100	160
0.5	15	100	
0.75	20	125	160
1	25	125	160
1.5	40	160	240
2	50	180	240
3	150		
3	80	305	
4	100	400	
6	150		
8	200		
10	250		
12	100		
12	300		
16	400		

Size		KP Ø	KP Ø	Örebro
INCH	mm	mm	mm	mm
2	50	229	254	204

Size	KP Ø		Setubal
INCH	(mm)	(mm)	(mm)
0.5	15	180	
0.75	20	180	
1	25	200	
1.5	40	250	
2	50	250	305
2.5	65		
3	80	305	
4	100		
5	125		
6	150		
	PDF	160	

SantaFe		
Size	KP Ø	
INCH	mm	mm
1	25	185
2	50	203
6	150	457

Cacia		
Size	KP Ø	
INCH	mm	mm
2	50	
2.5	65	
6	150	

