



TUTKIMUSKUPLAPEDIN TULI- PESÄN LÄMPÖTILAPROFIILIN STABILOINTIELEMENTIN SUUNNITTELU

TEKIJÄ/T: Marjaana Kolehmainen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Energiatekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Marjaana Kolehmainen	
Työn nimi Tutkimuskuplapedin tulipesän lämpötilaprofiilin stabilointielementin suunnittelu	
Päiväys 8.12.2013	Sivumäärä/Liitteet 25/11
Ohjaaja(t) Jukka Huttunen, Seppo Ryyänen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savonia ammattikorkeakoulu	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Savonia-ammattikorkeakoulun Varkauden koulutusyksikön yhteyteen rakennetaan koevoimalaitos, jossa tulee olemaan kuplaleijupetikattila. Palamisprosessin kannalta on tärkeää, että lämpötila saadaan kattilassa mahdollisimman tasaiseksi. Tämän vuoksi tutkimuskuplapedin tulipesän lämpötilaprofiiliin tuli suunnitella stabilointielementit.</p> <p>Tutkimuskuplapeti koostuu erillisistä segmenteistä, joihin kolmeen ylimpään suunniteltiin lämpötilaprofiilin stabilointielementit. Suunnitellut elementit muodostuivat kattilan segmenttien runkoputken sisälle rakennetusta tiiviistä teräslieriöstä, jonka alareunassa olevaan yhteeseen johdettaisiin pellettipolttimesta sisään savukaasua, joka ohjattaisiin ylöspäin lieriön sisään hitsattuja spiraalin muotoisia kanavia pitkin yläreunassa olevaa savukaasun poistoyhdettä kohti. Jäähdytyksessä lämpötilaprofiiliin stabilointielementtiin ohjattaisiin paineilmaa.</p> <p>Suunnitelmien tarkemmassa tarkastelussa todettiin, että lämpötilaprofiilin stabilointielementit eivät toimisi niin kuin oli tarkoitus. Koska elementit oli tarkoitus rakentaa kahden keraamisen muurauskerroksen väliin, olisivat materiaalien väliset lämpölaajenemiset aiheuttaneet ilmansyöttö- ja näytteenottoyhdeputkien vääntyilemistä ja materiaali- vaurioita sekä keraamisen muurauksen rikkoontumista. Lisäksi materiaalien erilaiset lämpölaajenemiset olisivat aiheuttaneet kattilassa tiiveysongelmia: leijutushiekka olisi karannut tulipesästä ja täyttänyt yhteet ja näin ollen haitannut palamisprosessia. Savukaasut olisivat myös voineet päästä voimalaitoksen kattilahuoneeseen.</p> <p>Lieriömäisistä lämpötilaprofiilin stabilointielementeistä päätettiin luopua ja tehdä tilalle yksi paksumpi keraaminen muuraus sekä sen ja runkoputken väliin valettava eristemassakerros. Runkoputkeen hitsataan ensin yhdeputket paikoilleen ja runkoputken sisälle rakennetaan keraamin valua varten muotti. Kun keraamimassa on kovettunut, poistetaan muotti, minkä jälkeen runkoputki lämpökäsitellään n. 400-asteisessa uunissa, millä poistetaan kosteus keraamista. Keraamin lopullinen poltto tapahtuu kun kattila lämmitetään ensimmäisen kerran.</p> <p>Tutkimuskuplapedin tulipesän lämpötilaprofiilin stabilointi tapahtuu seuraavasti: ensin lämmitetään hitaasti keraamista muurauskerrosta n. kahdentoista tunnin ajan ennen polttoaineen syöttöä. Jäähdytys hoidetaan johtamalla palamisilman sekaan vähähappista savukaasua, mikä rajoittaa palamisreaktiota.</p> <p>Keraamin valun yhteydessä pyritään lämpölaajenemisen aiheuttamia tiiveysongelmia poistamaan yhdeputkien ja segmenttien väliin asennetuilla joustavilla keraamisilla eristevillakerroksilla.</p>	
Avainsanat Koevoimalaitos, kuplaleijupetikattila, savukaasu, lämpölaajeneminen, keraaminen muuraus	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Technology			
Author(s) Marjaana Kolehmainen			
Title of Thesis Desing of the temperature profile stabilizing elemets of the BFB-boiler furnace			
Date	8.12.2013	Pages/Appendices	25/11
Supervisor(s) Jukka Huttunen, Seppo Rynänen			
Client Organisation /Partners Savonia University of Applied Sciences			
Abstract			
<p>A test power plant will be built on Varkaus campus of Savonia University of Applied Sciences where the boiler will be a Bubbling Fluidized Bed boiler. For the combustion process it is important that the temperature of the boiler can be as equable as possible. That´s why the stabilizing elements must be designed.</p> <p>The research bubbling fluidized bed consists of individual segments. On the top three of them stabilizing temperature profile test elements were designed. The designed elements consist of steel cylinder built inside the boiler tube of the segments. The cylinder is close to the bottom of the channel outlets discharging tube gas from the pellet burner. The gas is channeled to the top of the cylinder in the welded spiral-shaped channels towards the flue gas extraction pipes. For cooling, the stabilizing element will use compressed air.</p> <p>On closer examination of the temperature profile it was found out that the stabilizing elements won´t work as intended. Since the the idea was to build elements between two ceramic masonry layers, thermal expansions would have caused twisting of the sampling pipes and material damage, as well the failure of the ceramic masonry. In addition, the materials provide different thermal expansion and this would have caused air tightness problems: the sand bed would have run away from the combustion chamber, and filled the joints, and thus hindered the fire process. It might have been possible that the fuel gas would have entered the boiler room.</p> <p>It was decided to abandon the cylindrical stabilizer elements and they were replaced by thicker ceramic and masonry, as well by casting insulating mass layer between the body tube and ceramic layer. The body tube is welded in place and the first sampling pipes are built into the ceramic mold casting. Then the mold of the ceramic layer will be removed and the heat treatment in takes places a preheated oven at 400 C° to move the moisture. The final burning will happened when the boiler is heated for the first time.</p> <p>The stabilization of the temperature profile occurs as follows: the ceramic heating is started slowly. The masonry layer is heated for about twelve hours before the start of the supply of fuel. Cooling works by passing oxygen-depleted flue gas to the combustion air, so combustion reaction will be limited.</p> <p>It is aimed at reducing the tightness problems caused by thermal expansion by placing flexible ceramic insulation wool between the segments and the sampling pipes.</p>			
Keywords Test power plant, Bubbling fluidized bed boiler, fuel gas, thermal expansion, ceramic masonry			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	5
	LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT	6
2	ENERGIATUTKIMUSKESKUS.....	7
3	KUPLALEIJUPETIKATTILA	8
4	PALAMINEN.....	10
4.1	Tulipesän lämpötilaprofiili	11
5	KATTILAMATERAALIT JA VALMISTUS	13
5.1	Työpiirustukset	13
5.2	Teräket.....	13
5.3	Runkoputket ja yhteet.....	14
5.4	Keraamit	14
5.5	Keraamikerroksen valmistus	15
5.6	Eistemassakerros.....	15
5.7	Lämpölaajeneminen	16
6	LÄMMITYSELEMENTTIEN SUUNNITTELU.....	17
7	ONGELMAKOHDAT JA MODIFIKAATIOT	21
8	KATTILAN YLÖSLÄMMITYS	23
9	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	24

1 JOHDANTO

Savonia-ammattikorkeakoulun Varkauden koulutusyksikköön rakennetaan energiatutkimuskeskus, johon tulee noin 300kW kuplaleijupetikattila pääasiallisesti jätteenpolttoon. Tässä työssä esitellään energiatutkimuskeskuksen kuplaleijupetikattilan tulipesän lämpötilaprofiilin stabilisointielementtien suunnittelua, lopullisia ratkaisuja ja niihin johtaneita seikkoja.

Työn tarkoituksena on suunnitella ja mallintaa tutkimusleijupetiin sisään tulevat lämmitys- ja jäähdytys-elementit sekä tuottaa työpiirustukset. Teoriaosuudessa tavoitteena on selvittää, miksi elementtejä tarvitaan verrattaessa tutkimuskattilan olosuhteita isoon kattilaan, ja käydä läpi valmistukseen liittyvä tieto sekä niitä teknisiä ongelmakohtia ja ratkaisuja, joita kattilaympäristö asettaa elementeille.

Työn merkitys kattilan toimivuuden kannalta on tärkeä. Mikäli elementit toimivat halutulla tavalla, niillä saadaan parannettua kattilan toimivuutta ja skaalattavuutta. Näin saadaan parempia ja luotettavampia koetuloksia ja tulosten skaalattavuus myös helpottuu.

Kuplaleijupetikattilan tulipesässä on tärkeää stabiloida lämpötila mahdollisimman tasaiseksi ja sopivan korkeaksi, jotta palaminen tapahtuisi edullisimmissa olosuhteissa. Tässä kattilassa ei tule olemaan vesikiertoa, kuten suurissa voimalaitoksissa yleensä on, joten kattilaan tulee suunnitella järjestelmä lämpötilan stabiloimiseksi, koska halutaan stimuloida suuren kattilan olosuhteita, mikä oli tämän työn tavoitteena.

Alun perin ajatuksena oli rakentaa kattilan runkoputken ja keraamisen kerroksen väliin lieriömäinen elementti, jonne johdetaan savukaasua pellettipolttimesta lisälämmityksen aikaansaamiseksi ja vuorostaan ilmaa jäähdytykseen. Suunnitteluprosessin aikana ilmeni lukuisia määriä ongelmia kyseisen lämpötilaprofiilin stabilointielementtien toimivuudessa ja käytettävyydessä, joten tästä ratkaisusta päätettiin luopua.

Lämpötilaprofiilin stabiloimiseksi tehty ratkaisu on yksinkertainen ja edullinen: keraamisen kerroksen vahvuutta lisäämällä saadaan keraamin materiaaliominaisuuksien ansiosta varastoitua lämpöä. Jäähdytys puolestaan järjestetään johtamalla palamisilmaan vähähappista savukaasua, jolloin rajoitetaan palamisreaktiota ja näin lämmön määrää, mutta ei voida enää tarkasti rajata yhtä olosuhdetta.

Ajankohtaiseksi aiheen tekee energiatutkimuskeskuksen valmistumisaikataulu. Suunnitelmat ja piirustukset täytyi saada valmiiksi kilpailutusta varten. Omalta osaltani työ on ollut hyödyllinen suunnitteluohjelman sujuvan käytön oppimisessa ja ennen kaikkea voimalaitoksen prosessien ja suunnittelun hallinnan lisääntymisessä.

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

BFB = Bubbling Fluidized Bed (Kuplaliejupeti)

Luvo = palamisilman esilämmitin

Windbox = tutkimuskuplapetikattilan leijutusilman syöttökammio (ilmakaappi)

Amfoteerinen aine = aine, joka voi toimia sekä happona että emäksenä.

TYÖN TOTEUTTAMINEN

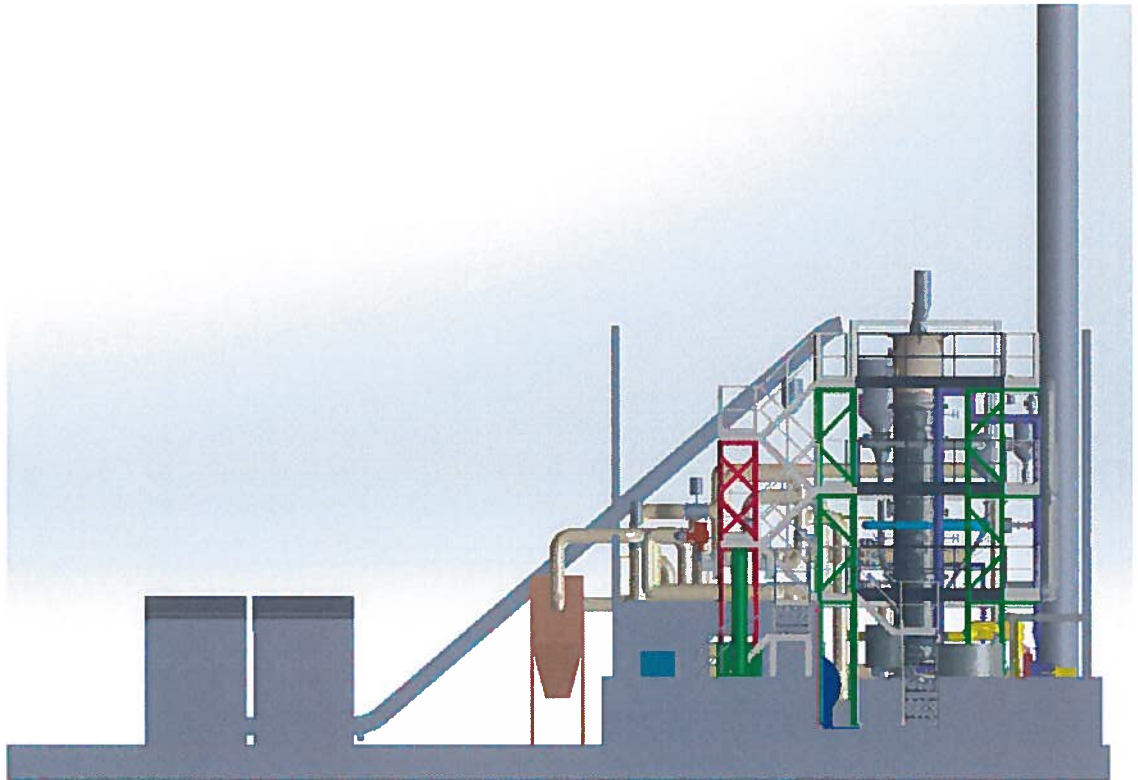
Työ toteutetaan Savonia-ammattikorkeakoulun tiloissa Varkaudessa. Mallinnus ja työpiirustukset tehdään SolidWorks-mallinnusohjelmalla. Tuotokset tallennetaan tiedonhallintajärjestelmän CADPDM:n kautta Vaultiin, jonne on tallennettu muutkin koevoimalaitokseen liittyvät mallinnukset ja piirustukset. Tietokoneet joihin CADPDM on asennettu, palautetaan luokkaan missä on opetusta, joten tämä saattaa aiheuttaa ongelmia työn tekemisessä. Laskentaohjelmana oli Excel.

Työn toteuttaminen vaati SolidWork-osaamisen lisäksi valmistusteknistä- ja materiaalitietämystä.

2 ENERGIATUTKIMUSKESKUS

Savonia-ammattikorkeakoulun Varkauden koulutusyksikköön rakennetaan energiatutkimuskeskus. Tutkimuskeskukseen luodaan ympäristö, jossa on valmiudet tutkia, kehittää ja testata kierrätyspolttoaineiden, hakkeen, turpeen sekä pyrolyysiöljyn palamiseen, materiaalien korroosiokäyttäytymiseen sekä muodostuviin päästöihin ja niiden hallintaan liittyviä asioita niin arina- kuin liejupetikattilaympäristöissäkin.

Ympäristöä voidaan käyttää niin perusopetuksessa kuin yritysten tarpeisiin räätälöidyissä koulutuksissakin.

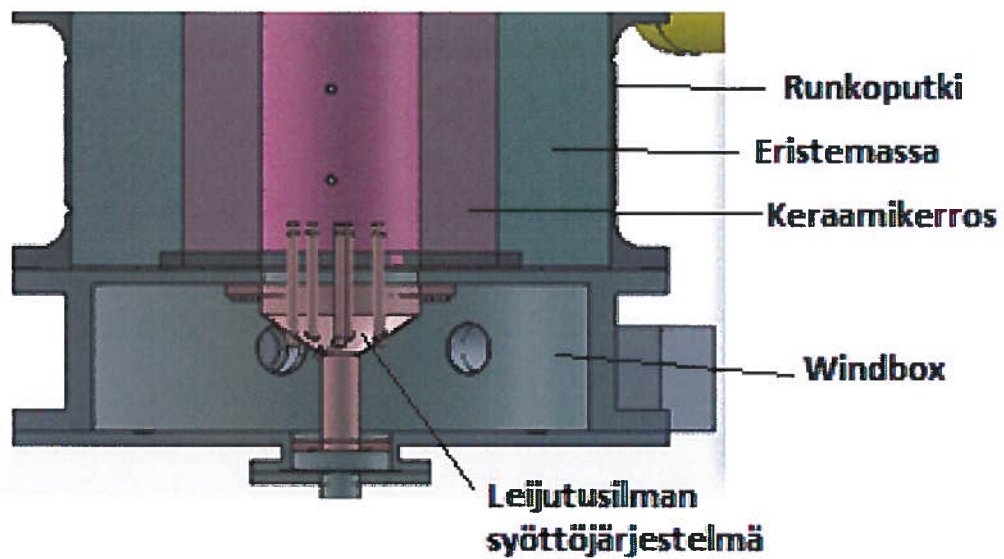


Kuva 1: Energiatutkimuskeskus

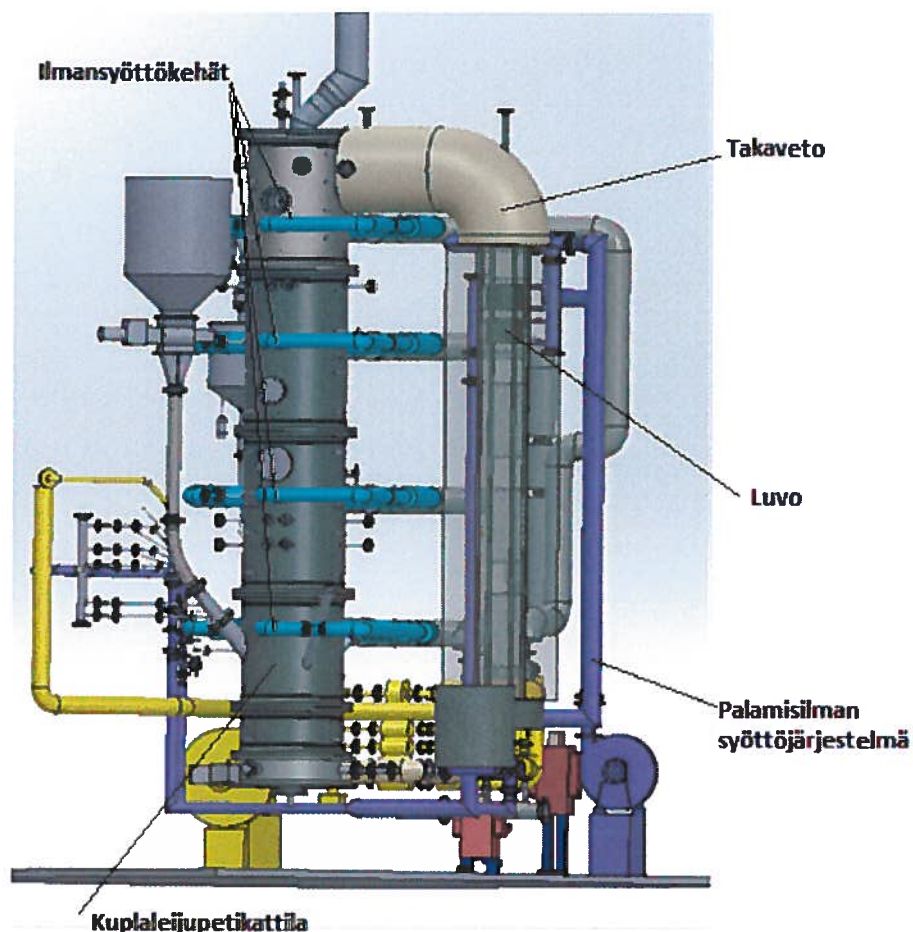
3 KUPLALEIJUPETIKATTILA

Kuplaleijupetikattilassa puhalletaan alhaalta ilma, jolla leijutetaan tulipesään syötettyä leijutushiekkaa. Ilman syöttönopeuden ylittäessä minimileijutusnopeuden alkaa hiekkapeti kuplia kuin kiehuva vesi. Tätä menetelmää käytetään kiinteiden polttoaineiden poltossa. Koska kuumat hiekkajyvät leijuvat polttoainepartikkeleiden seassa, ne tasoittavat polttoaineen lämpötilaa ja näin edistävät palamisprosessia.

Kuvassa 2 on testikuplapetikattilan leijutusilmajärjestelmä. Alapuolella olevaan koteloon nk. windboxiin johdetaan palamisilmaa, joka lämmitetään savukaasulla palamisilman esilämmittimessä luvossa, joka sijaitsee kattilan takavedossa (kuva 3).



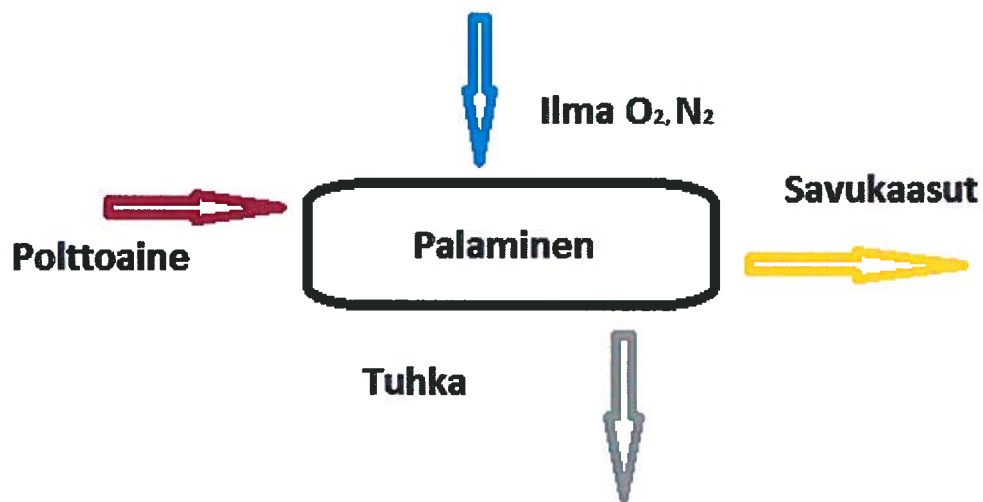
Kuva 2: Testikuplapetikattilan leijutusjärjestelmä



Kuva 3: Testikuplapetikatila

Tavallisesti suurissa kattiloissa on vesikierto. Kattilan seinät muodostuvat putkista joissa muodostetaan vesihöyryä. Se ajetaan tulistimien kautta turbiinille ja tämän jälkeen mahdollisesti lämmönsiirtimeen kautta kaukolämpöverkkoon. Rakennettavan testikuplapetikatilaan ei kuitenkaan tule vesikiertoa vaan kattilan seinämät koostuvat ulkopinnan teräksisestä runkoputkesta ja sisäpinnan keraamisesta kerroksesta, joiden väliin tulee eristemassakerros (kuva 2). Rakenteen erilaisuudesta huolimatta paloprosessi kuvaa isossa kattilassa tapahtuvaa paloprosessia.

"Palamisreaktiossa happi reagoi jonkun alkuaineen tai kemiallisen yhdisteen kanssa. Yhdisteitä, jotka sisältävät hiiltä, vetyä, happea, rikkiä, typpeä tai muita alkuainetta voidaan polttaa. Jos yhdiste sisältää hiiltä palamistuotteena on hiilimonoksidia eli häkää (CO), ellei happea ole riittävästi. Jos taas happea on riittävästi, palamistuotteena syntyy hiilidioksidia (CO_2), ja jos palava aine sisältää vetyä, palamistuotteena syntyy aina vettä. Rikkiä sisältävät yhdisteet puolestaan synnyttävät palamistuotteena rikkidioksidia (SO_2) ja typpeä sisältävät yhdisteet synnyttävät palamistuotteena typen oksidien, kuten typpimonoksidia (NO) ja typpidioksidia (NO_2)."(LEHTONEN ja LEHTONEN. 2008, 87)



Kuva 4: Palamisprosessi

"Kiinteää palamistuotetta eli tuhkaa muodostuu, jos polttoaine sisältää metallien ja piin tai fosforin yhdisteitä. Näiden aineiden oksidit, mahdolliset myös suolat, jäävät joko arinatuhkaan tai poistuvat lentotuhkana savukaasujen mukana. Jos tuhka kuumenee riittävästi, se sulaa ja muodostaa kuo-
naa." (ANTILA ym. 2000, 108)

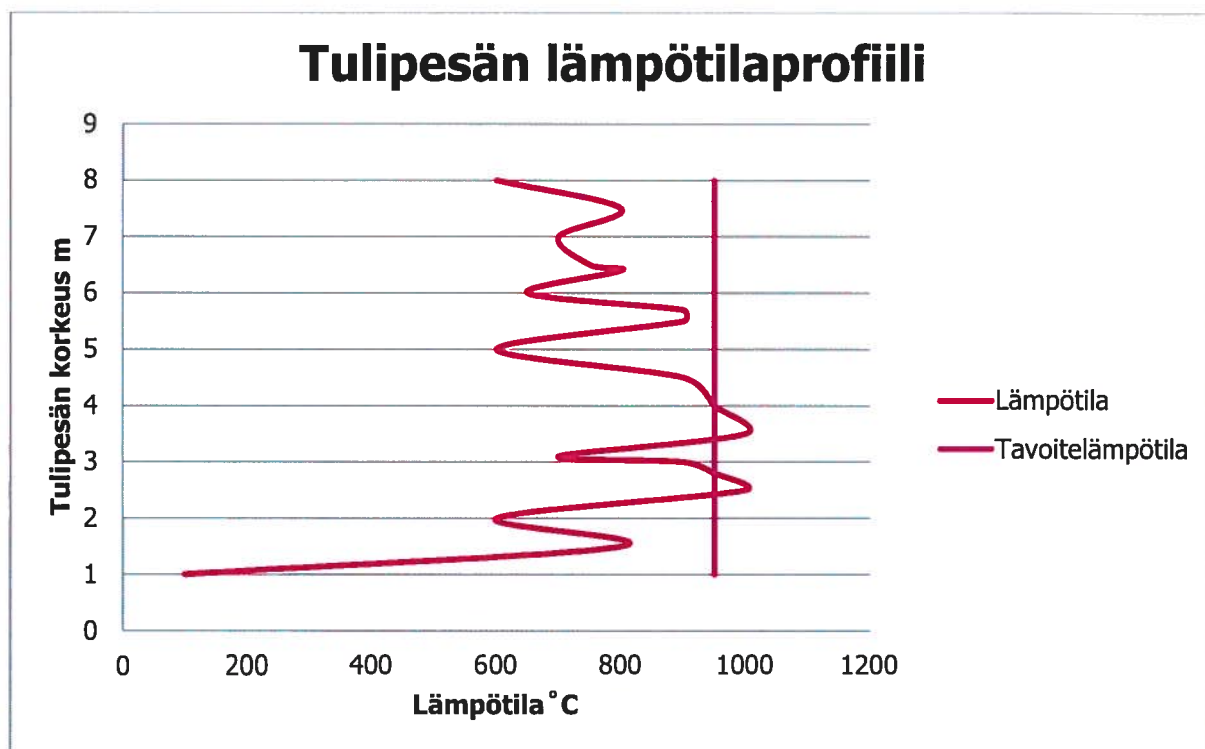
Palamisprosessia selvitetään kuvassa 4.

Tarvittava teoreettinen ilman määrä palamisreaktiossa ei yleensä riitä täydelliseen palamiseen, vaan tarvitaan lisäilmaa, etenkin kiinteillä polttoaineilla. Tätä lisäilmaa kutsutaan ilmakertoimeksi, joka voi olla kiinteillä polttoaineilla yli 2. Lämpötila kattilassa voi kuitenkin nousta liian korkeaksi, jolloin tulipesään voidaan johtaa vähähappisista savukaasua palamisreaktion rajoittamiseksi. (ANTILA ym. 2000, 108)

4.1 Tulipesän lämpötilaprofiili

”Lämpökemian tuntemus on tärkeää esimerkiksi energiantuotannon näkökulmasta, sillä suuri osa tuotetusta energiasta on polttoaineiden palamisreaktiossa vapautuvaa lämpöä.” (ANTILA ym. 2000, 92)

Tulipesän lämpötilaprofiili muodostuu tulipesästä mitatuista lämpötiloista. Tämä lämpötilaprofiili on jokaisessa kattilassa omanlainen. Rakennettavan tutkimuskuplapetikattilan lämpötilaprofiilin muotoa ei vielä tiedetä ennen kattilan valmistumista ja polton aloittamista. Kuvaajassa 1 nähdään arvioitu lämpötilaprofiili. Lämpötilapiikit muodostuvat ilmansyötöstä n. 500 mm päähän. Kuvaajan neljä ensimmäistä lämpötilapiikkiä on laskettujen ilmansyöttökorkeuksien kohdalla ja viimeinen lämpötilapiikki muodostuu, kun savukaasuissa olevat suuret hiukkaset palavat. Tämä kuitenkin riippuu viipymästä tulipesässä – jos viipymä on liian lyhyt, niin hiukkaset eivät ennätä palaa loppuun. (JUUTILAINEN. 2013-08-27)



Kuvaaja 1: Tulipesän lämpötilaprofiili

Lämpötila on korkeimmillaan tulipesän alaosassa kuplaleijupedin yllä ja laskee ylöspäin mennessä. Tutkimuskuplapetikattilaan on tärkeää saada samanmuotoinen lämpötilaprofiili kuin suuriin kattiloihin, jotta saatu tutkimustieto olisi vertailukelpoinen.

Marko Fabritius Andritz Oy:ltä laski ilmansyöttöjen korkeudet. Hänen laskelmiensa mukaan sekundaari-ilmansyöttöjen tasot olisivat 2,5m, 2,8m ja 3,1m. Tertiääri-ilmansyötöt taas tulisivat tasoille 5m 5,7m ja 6,4m. Näistä korkeuksista neljään tulee ilmansyöttökehä. Korkeuksien säätömahdollisuuksien ansiosta ilmansyöttökehien sijainnit voidaan tarvittaessa siirtää kokemuksen karttuessa tutkimuskuplapedin käyttäytymisestä.

Lämpötilapiikkejä pyritään stabiloimaan tasoittamalla kattilan lämpötilaa. Tosin lämpötilapiikkejä voi esiintyä, mutta niiden tulisi olla isossa kattilassa olevien kaltaisia. Tätä tarkoitusta varten aluksi suunniteltiin lämpötilaprofiilin stabilointielementit, joihin lämmitystä varten johdettaisiin savukaasua pellettipoltimesta ja jäähdytyksessä puolestaan paineilmaa. Tulipesän lämpötilaprofiilin stabilointielementtien suunnittelun yhteydessä havaittiin runsaasti niihin liittyviä ongelmia, joten niistä päätettiin luopua. Elementtien sijaan päätettiin muokata kattilan rakennetta. Jäähdyttäminen puolestaan tapahtuu johtamalla palamisilman sekaan vähähappista savukaasua rajoittamaan palamisreaktiota (näistä seikoista myöhemmin tässä opinnäytetyössä).

5 KATTILAMATERAALIT JA VALMISTUS

Tutkimuskuplapedin rakentamisen käytetään erilaisia materiaaleja, kuten useaa teräslaatua ja ke-raameja. Piirustusten teossa on omat ohjeensa, jotka löytyvät esimerkiksi Aimo Pereen Koneenpiirustus 1 ja 2 kirjoista.

5.1 Työpiirustukset

Kun kyseessä ovat monimutkaiset asiat ja kappaleiden monimutkaiset muodot sekä toleranssit, olisi asioiden selvittäminen suullisesti tai kirjoittaen varsin vaikeaa. Teknisellä piirustuksella voidaan ilmaista asiat perusteellisesti, eikä ilman piirustuksia olisi nykytekniikkaa. (PERE. 1999, 1-1)

Työpiirustuksien täytyy olla yksikäsitteisiä, joten tätä ohjetta on noudatettu piirustusten teossa. Joihinkin kohtiin on tehty lisäksi mittausohjeita (liitteet 5 ja 6). Joihinkin hitsausmerkintöihin on jätetty konepajalle mahdollisuus valita joko TIG- tai puikkohitsaus sen mukaan, kumman menetelmän konepaja katsoo sopivammaksi tai helpommaksi toteuttaa.

5.2 Teräket

Tutkimuskuplapetikattilan runkoputkena käytetään DN 1200 kokoista putkea, jonka lujuusluokka on PN 10 ja materiaali on S235JRG2 / 1.0038. Ilmansyöttö- ja näytteenottoyhdeputkissa käytetään tulen kestäväää terästä 1.4828 ja ilmansyöttösuuttimissa ruostumatonta terästä 1.4301.

Rakenneteräs S235JRG /1.0038

S235JRG2 on niukkahiilinen seostamaton teräs, jonka myötöraja on 235 N/mm². Tätä terästä voidaan hitsata ilman erityistoimenpiteitä kaikilla tavanomaisilla konepajoissa ja asennutyömailla käytettävillä hitsausmenetelmillä. (LEPOLA ja MAKKONEN. 1998, 45)

Tulenkestäväteräs EN X15CrNiSi20-12 / W. Nr 1.4828

Tulenkestävässä teräksessä 1.4828 on austeniittinen laatu, jolla on hyvät lujuusominaisuudet, hyvä kylmämuovattavuus ja hitsattavuus. Sillä on myös hyvä tulenkestävyys ilmassa. Teräksen toimitustila on sammutushehketetty ja sen kovuus on enintään 223 HB. (Sten Oy, 2013)

Ruostumatonteräs 1.4301

Ruostumattoman teräksen lajeista yleisin on 1.4307, joka tunnetaan myös ns. 18/8 teräksenä. Sillä on laaja tuotevalikoima, ja muoto- ja pinnoitevaihtoehtoja on saatavilla enemmän kuin muissa teräslajeissa. Muovaus- ja hitsausominaisuudet ovat erinomaiset. Syväveto ilman välihehketusta on mahdollista tasapainotetun austeniittirakenteen ansiosta. Lisäksi sen korroosion kesto on hyvä eri ympä-

ristöoloissa. (Ruukki Oyj, 2013)

5.3 Runkoputket ja yhteet

Runkoputkien poraukset, laippojen sekä ilmansyöttö- ja näytteenottoyhteiden hitsaukset tehdään hyvän konepajakäytännön mukaisesti paikallisilla konepajoilla. Hitsausaumoille on määrätty laatu-luokaksi B ja niille tullaan määrittämään tarkastusmenetelmät ja -määrät. Laatu-luokka B tarkoittaa vaativaa ja määrittää hitsausten laadun ja hitsaajien pätevyysvaatimukset. Laatu vaatii huolellista hitsausuunnitelmaa ja laadunvalvontaa.

5.4 Keraamit

”Keraamit ovat korkeita lämpötiloja kestäviä epäorgaanisia ja epämetallisia materiaaleja. Rakeiset materiaalit muodostavat kiinteitä kappaleita siten, että sintrauksessa rakeet kemiallisesti reaktioiden kautta kiinnittyvät toisiinsa. Vähäisen kemiallisen aktiivisuuden takia ovat sintrauslämpötilat korkeita, yleensä yli 1000°C. Rakeisuuden takia lopputuote on huokoinen.” (LAITINEN *ym.* 1990. 179–180)

Energia-Muuraus Oy:ltä saatujen materiaalitietojen mukaan energiatutkimuskeskuksen kuplaleijupeti-kattilan keraamisessa muurauskerroksessa käytettävä materiaali on alumiinioksidia (Al_2O_3) 53 %, piidioksidia (SiO_2) 44,4 %, kalsiumoksidia (CaO) 1,5 % ja rautaoksidia (Fe_2O_3) 0,5 % (Liite 1)

Alumiinioksidi (Al_2O_3)

Alumiinioksidi on amfoteerinen ja sillä on hyvä sähkön ja lämmön eristyskyky, joten se sopii kattilamuurauksiin. Se säilyttää myös lujuutensa hyvin korkeissa lämpötiloissa, sekä on kulumiskestävä. Alumiinioksidin heikkoutena on sen huono lämpöshokin kestävyys, joten kattilamuurauksessa käytettynä esilämmitys täytyy tapahtua rauhallisesti. Alumiinioksidin sulamislämpötila 2014 °C. (MÄNTYLÄ. 2008), (Tampereen teknillinen yliopisto, Materiaaliopin laitos 2013), (LAITINEN *ym.* 1990)

Piidioksidi (SiO_2)

Piidioksidi muodostaa yhdessä alumiinioksidin kanssa tulenkestävän neutraalin materiaalin. Piidioksidi on kvartsilasin raaka-aine. Sillä on kyky kestää hyvin vettä ja vesihöyryjä laajalla paine- ja lämpötila-alueella.

Kattilamuurauksissa käytettynä muuraus ei kuitenkaan kestä jos höyry pääsee pois putkistosta. (Haastattelu 1), (MÄNTYLÄ. 2008)

Kalsiumoksidi (CaO)

Kalsiumoksidia eli poltettua kalkkia vedellä käsittelemällä saadaan kalsiumhydroksidia eli sammutettua kalkki. Se imee ilmasta hiilidioksidia ja muuttuu kalsiumkarbonaatiksi. Tähän reaktioon perustuu esim. laastin kovettuminen. (KOUKKUNEN. 1996).

Kalsiumoksidi kuitenkin alentaa massan lujuutta ja kuonan kestoa korkeissa lämpötiloissa. (Liite 11)

Rautaoksidi (Fe_2O_3)

Rautaoksidi on yleensä käytetty väriaineena, mutta muurausmassoissa se on ainoastaan laatua heikentävä tekijä, koska se rapauttaa muurausta paloprosessin aikana reagoituaan kuonien kanssa.

Hyvälaatuisissa muurausmassoissa rautaoksidin määrä on 0,1- 1,7 %. Rautaoksidi on yleensä jäännöksenä massassa valmistusprosessin jäljiltä. (Haastattelu 1), (Liite 11)

5.5 Keraamikerroksen valmistus

Muurauksen muotti rakennetaan kattilasegmenttien runkoputkien sisälle, joihin on hitsattu keraamin kannakehyllyt ja yhteen paikoilleen. Ilmansyöttö- ja näytteenottoyhteiden ympärille kiedotaan keraaminen eristevillakerros, joka toimii ensin keraamin valumuotin osana ja loppukäytössä kattilan eristeenä. Näin keraamin reiät tulevat juuri oikeille paikoilleen ja oikean kokoisina. Valumuotti rakennetaan esimerkiksi ohuesta vanerista kahdessa osassa. Toisen puoliskon valmistuttua segmentti käännetään ja rakennetaan samalla tavalla toinenkin puolisko, koska muutoin keraami kovettuisi epätasaisesti. Puoliskojen ja segmenttien välille tulee keraaminen eristevillakerros.

Jauhemainen keraamiaines sekoitetaan veteen, valetaan muottiin ja annetaan lopuksi kovettua. Lopuksi vaneerinen muotti poistetaan.

5.6 Eristemassakerros

Tutkimuskuplapeti kattilan runkoputken ja keraamikerroksen väliin valetaan eristemassakerros, jonka materiaalikoostumus on SiO_2 31 %, Al_2O_3 31 %, CaO 22 % ja Fe_2O_3 7 %. Eristekerros voi olla edullisempaa laatua kuin varsinainen tulipesän keraaminen muuraus, koska sen tehtävänä on ainoastaan eristää lämpöä, eikä se joudu leijutushiekan sekä palamisprosessin aiheuttamalle rasitukselle. Valumuottina toimii keraamikerros ja segmentin runkoputki.

Tämän jälkeen segmentit kuljetetaan lämpökäsittelyyn, jossa loppu kosteus poistetaan n. 400° C:n lämpötilassa. Lopullinen kosteuden poisto ja kovettuminen keraamista tapahtuvat vasta, kun kattila lämmitetään ensimmäisen kerran. (Haastattelu 2)

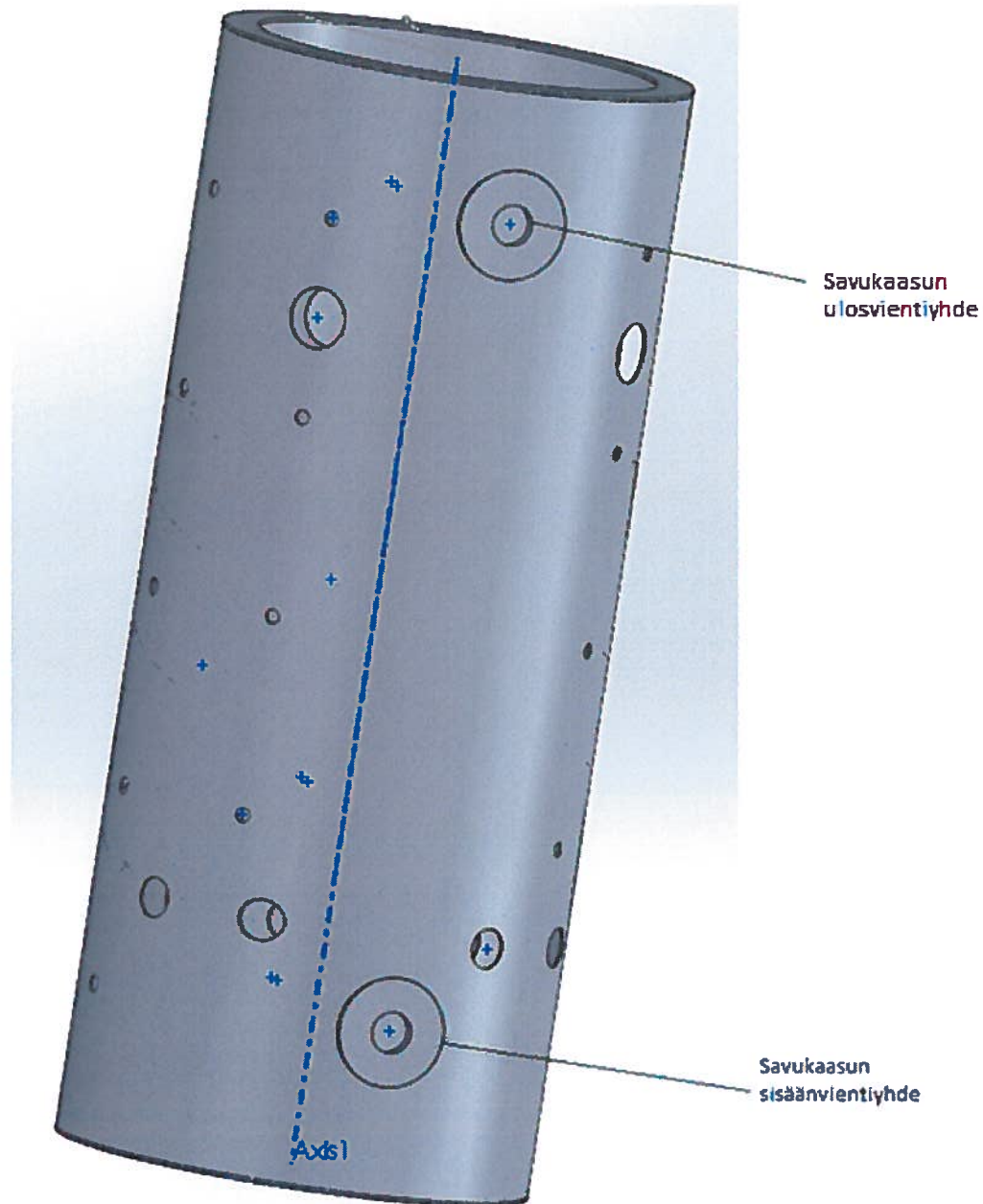
5.7 Lämpölaajeneminen

Lämmityselementtien lämpölaajenemiset on laskettu mitoitusta ja kattilan käyttöaikaisen käyttäytymisen arviointia varten. Referenssilämpötilana on käytetty 20°C:n lämpötilaa. Tässä vaiheessa ei ollut vielä tiedossa keraamin materiaalikoostumusta eikä täten myöskään lämpölaajenemiskertoimia, joten laskennassa käytettiin arvioita. (Liite 10)

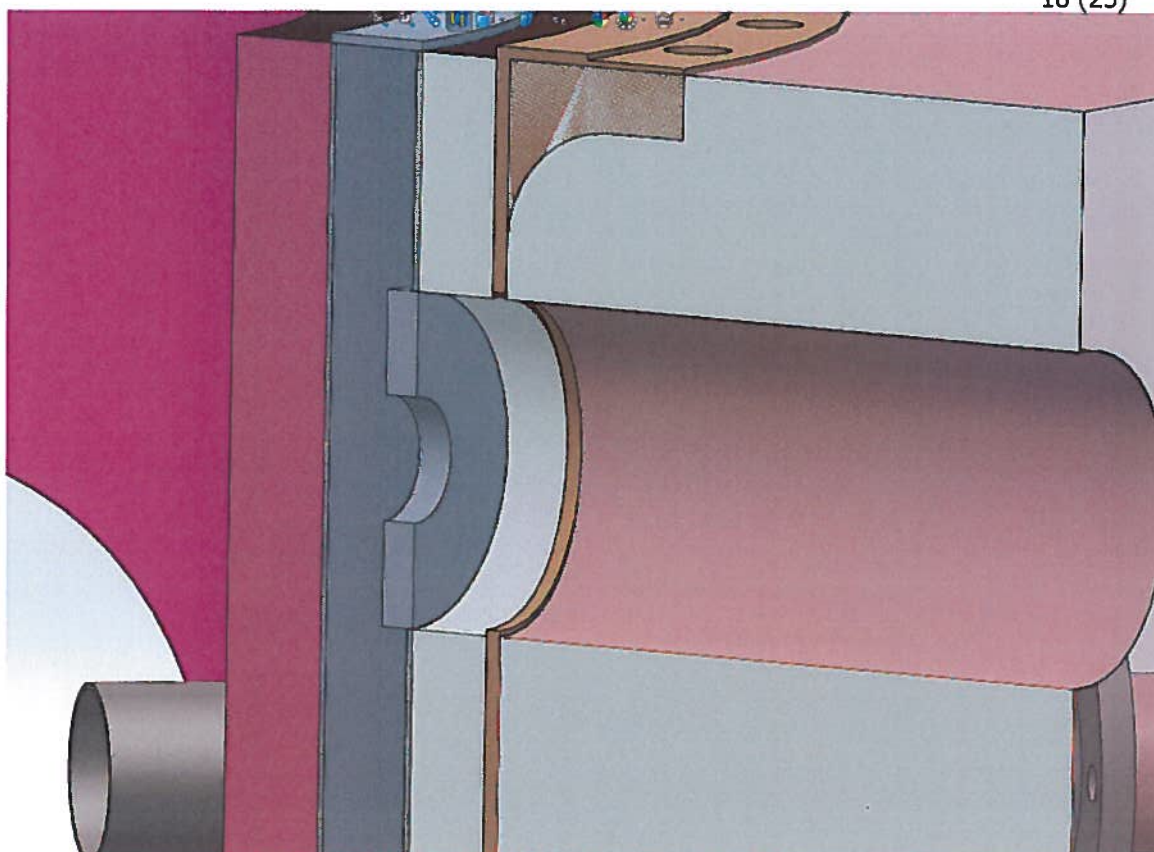
Uusissa suunnitelmissa, joissa kattila toteutetaan ilman tulipesän lämpötilan stabilointielementtejä, oli tiedossa keraamin todelliset lämpölaajenemiset. Valmistajan tietojen mukaan keraameilla ovat erilaiset lämpölaajenemisprosentit eri lämpötiloille: 1200°C:een saakka keraaminen muuraus kutistuu ja 1480°C:ssa puolestaan laajenee 0,6 %. (Liite 7)

Keraamisen muurauksen ja runkoputken väliin valettava eristemassakerros puolestaan vain kutistuu. (Liite 8: Eristemassan materiaalitiedot valmistajalta) (Liite 9: Segmenttien lämpölaajenemislaskelmat). Näitä materiaalien välisiä erilaisia lämpölaajenemisesta aiheutuvia haittoja pyritään lieventämään ilmansyöttö- ja näytteenottoyhteiden ympärille sekä segmenttien keraamisten muurausten välille asennettavalla joustavalla keraamisella eristevillalla. (Haastattelu 2)

Aluksi tutkimuskuplaleijupetikattilaan oli suunnitteilla lämpötilaprofilin stabilointielementit kolmeen ylimpään kattilasegmenttiin, mahdollista lisälämmitystä tai jäähdytystä varten. Kattilan kahden keeramikerroksen väliin suunniteltu elementti muodostuu tiivistä metallilieriöistä (kuva 5).

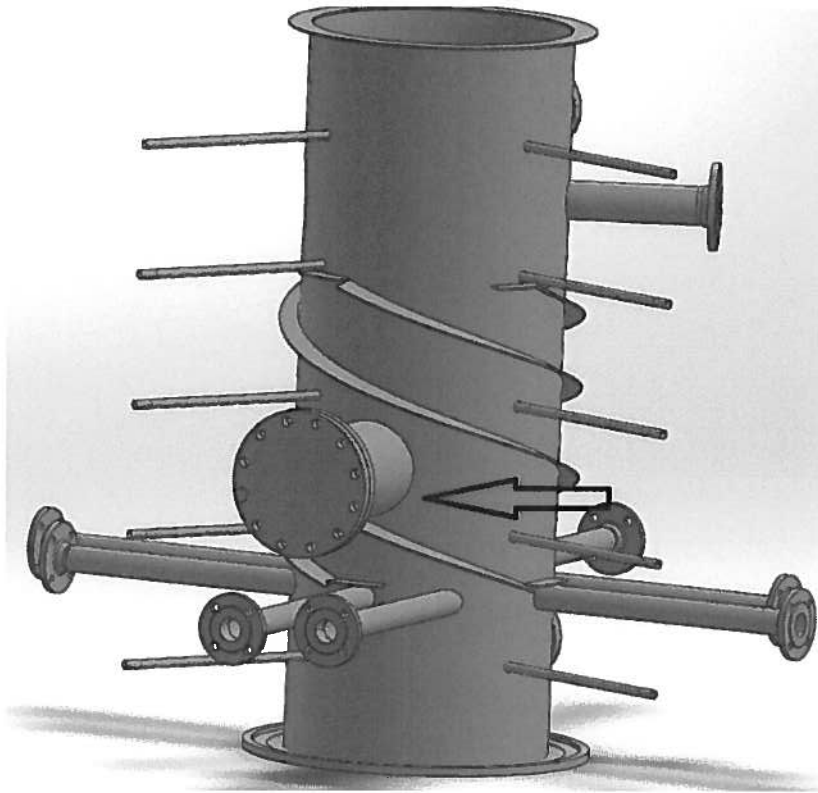


Kuva 5. Savukaasulla toimiva lämmityselementti

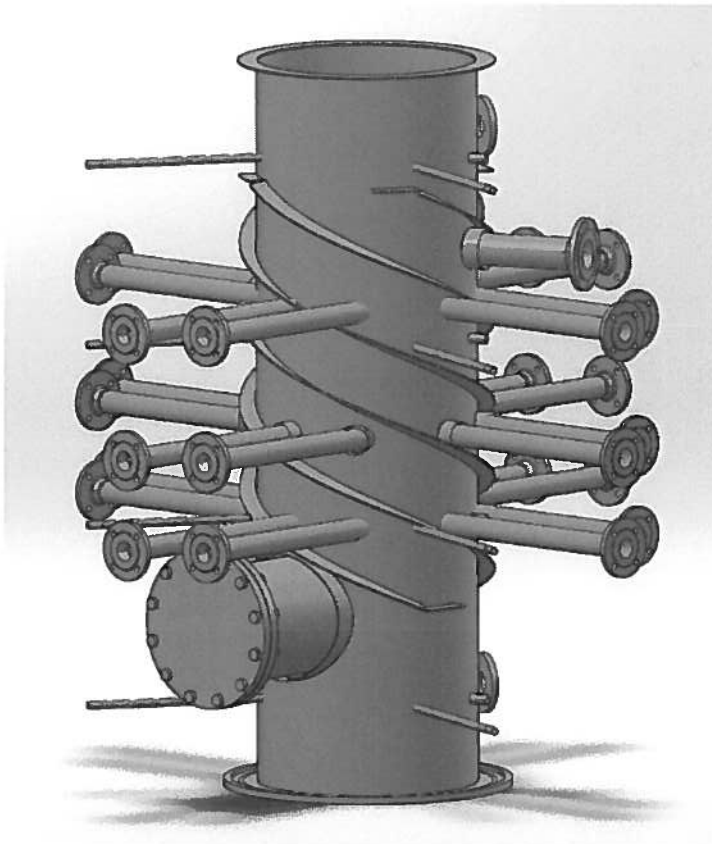


Kuva 6. Poikkileikkaus ylimmän segmentin poistoyhteestä.

Lieriön alareunan yhteestä johdetaan pellettipoltimesta savukaasua lieriön sisään (kuva 5) ja ohjataan spiraalien avulla tasaisesti ylöspäin kohti yläreunassa olevaa poistoyhdettä kohti (kuvat 5 ja 6). Sisäänvienti- ja poistoyhteissä laippaan työstettyä uraa vasten painetaan putki. Lämmön mahdollisimman tasaisen jakautumisen kannalta spiraalien olisi hyvä alkaa savukaasun sisäänsyöttöyhteen tasolta ja jatkua ulostuloyhteen tasolle mahdollisimman tasaisin välein, mutta spiraaleita on erittäin hankala asettaa niin, etteivät ilma- ja näytteenottoyhteet sekä anturiyhteet tuki spiraaleista muodostuvaa kanavaa (kuva 7).



Kuva 7. Ylimmän segmentin lämmityselementti, josta on poistettu ulkopinta;
kuvassa 7 nuoli osoittaa ongelmakohtaa.

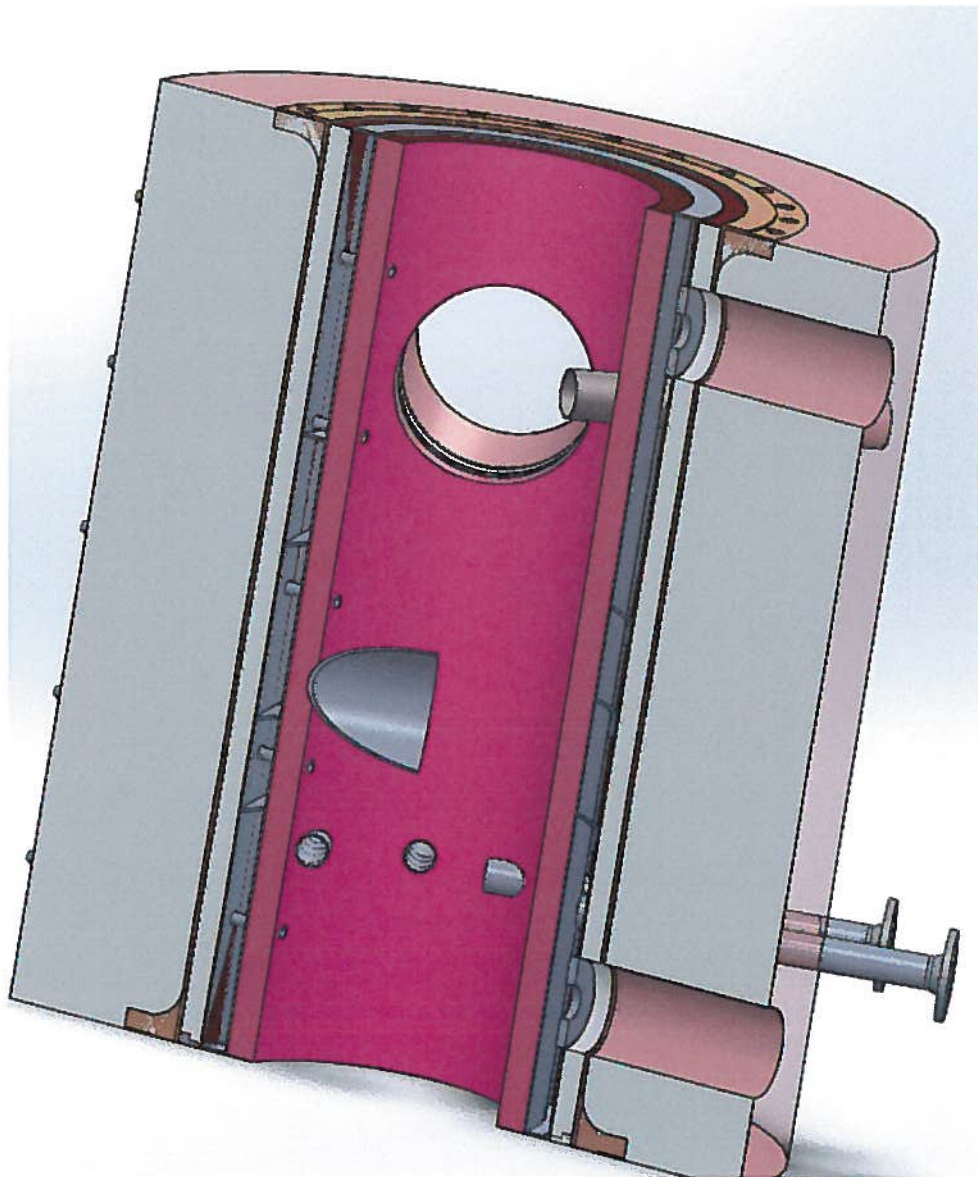


Kuva 8. Kolmannen segmentin lämmityselementti (Ulkopinta poistettu)

Tutkimuskuplapedin tulipesän jäähditys puolestaan tapahtuu johtamalla lämpötilaprofiilin stabilointi elementtiin paineilmaa sekä sekoittamalla palamisilmaan vähähappista savukaasua.

Lisäksi polttoaineensyöttöyhteessä on lisäilmansyöttö yhteitä, joihin voidaan myös johtaa savukaasua. Yhteiden varsinainen tarkoitus on tukoksien poistaminen polttoaineen syöttöputkesta ja sen jäädyttäminen.

Segmentit koostuvat sisimmästä keraamisesta muurauksesta lämpötilaprofiilin stabilointielementistä toisesta keraamikerroksesta runkoputkesta ja runkoputken ulkopuolella olevasta eristevillakerroksesta (kuva 9).



Kuva 9. Poikkileikkaus ylimmästä segmentistä

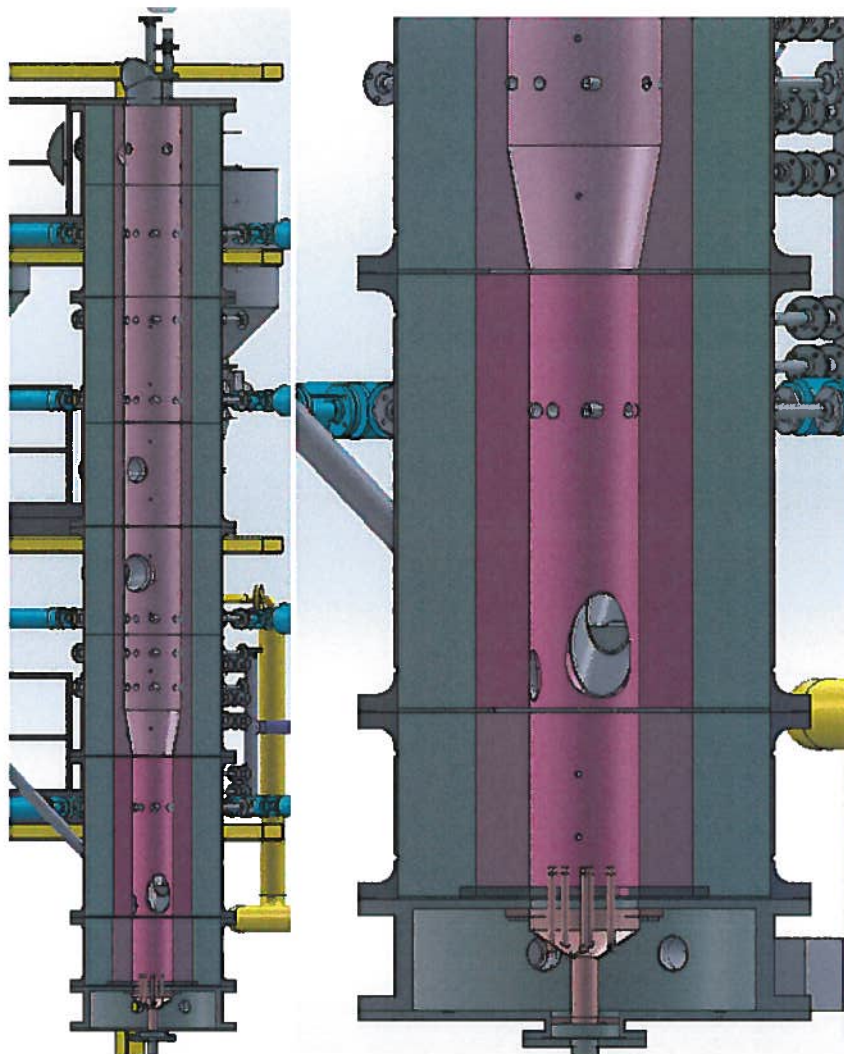
7 ONGELMAKOHDAT JA MODIFIKAATIOT

Suunnitelmassa, jossa on lämpötilaprofiilin stabilointielementti, lämpölaajeneminen eri materiaalien välillä oli erittäin suuri. Materiaalien vuorottelu rakenteessa ja niiden erilaisten lämpölaajenemisten vuoksi kattilaan aiheutuu tiiveysongelmia, jolloin savukaasut ja leijutushiekka pääsevät vuotokohdistta ulos. Lisäksi metallien voimakkaat lämpölaajenemiset keraamiseen muuraukseen verrattuna voivat aiheuttaa rakenteissa vaurioita, kuten keraamisen muurauksen säröilyä tai lohkeamista sekä tulenkestävien teräksisten ilmansyöttö- ja näytteenottoyhteiden vääntymistä ja materiaalivaurioita. Lisäksi ongelmaksi muodostuu yhteiden liiallinen kuumeneminen kohdissa, joissa yhteydet tulevat spiraalien muodostamiin kanaviin, jolloin tutkimuskuplapedin lämpötilaprofiili on epätasainen, ja näin ollen stabilointielementti ei toimi toivotulla tavalla. Kuvaan 7 on merkitty nuolella tällainen ongelma-kohta.

Erityisesti nämä yhteiden kuumenemisongelmat korostuvat kolmanneksi ylimmän segmentin lämmityselementissä, koska tässä segmentissä on paljon ilmansyöttöyhteitä (kuva 8).

Koska lämpötilaprofiilin stabilointi elementtiin johdetaan pellettipoltimesta savukaasua, kerääntyy savukaasussa oleva noki ja muut haitta-aineet stabilointielementin sisäisiin rakenteisiin. Nuohousta ei voitaisi suorittaa, muuten kuin paineilmalla. Nokea jäisi rakenteisiin ja se aiheuttaisi palovaaran. Edellä mainittujen ongelmien lisäksi lämmitys/jäähdytys-elementit olisivat tulleet suhteellisen kalliiksi rakentaa, joten niistä päätettiin luopua. Lämmityselementtien sijaan keraamisen muurauksen paksuudeksi kattilan yläosaan tulee 100mm ja alaosaan 172mm. Lisäksi keraamisen muurauksen ja kattilan runkoputken väliin valetaan eristemassakerros. Segmenttien runkoputkien koko muutettiin myös, DN koosta 800 DN kokoon 1200, näin saatiin eristemassakerroksesta riittävän paksu. Näin ollen myös runkoputken ulkopuolelle suunnitellusta eristevillakerroksesta voidaan luopua. Kuvassa 10. näkyy tutkimuskuplapetikattilaan tehdyt modifikaatiot. Kuvassa vaaleanpunaisella on esitetty tulenkestävä keraamikerros ja vaaleanvihreällä eristemassakerros.

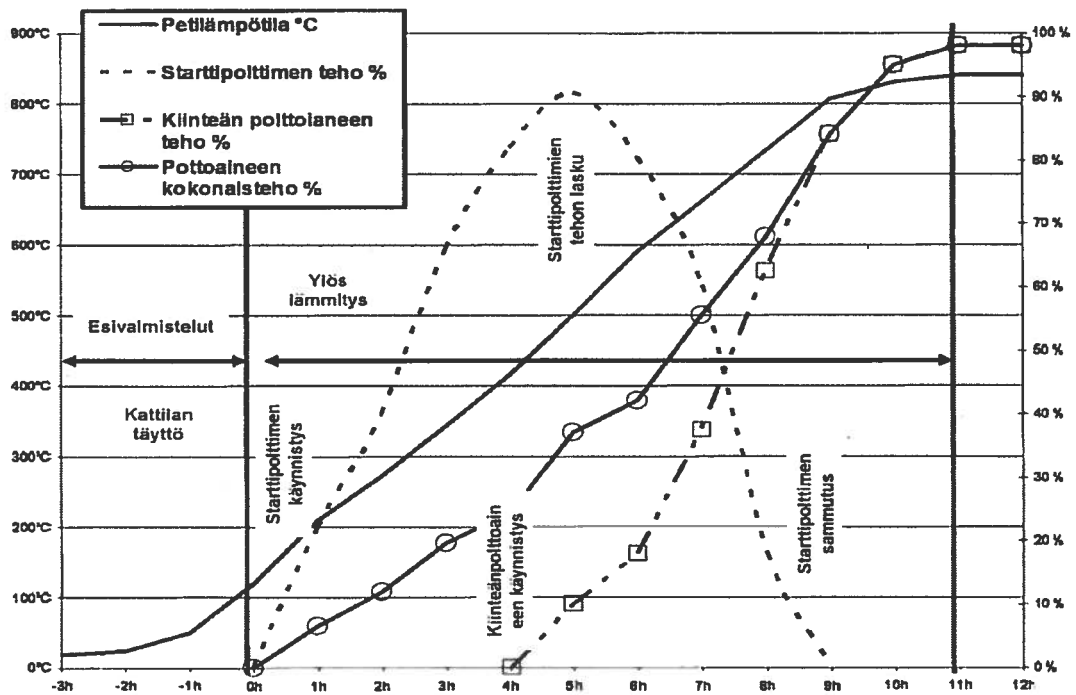
Jäähdyttäminen puolestaan tapahtuu johtamalla palamisilman sekaan vähähappista savukaasua rajoittamaan palamisreaktiota. Tarkan lämpötilaprofiilin testausympäristöstä jouduttiin kuitenkin tätä kautta luopumaan.



Kuva 10. Poikkileikkauskuva tutkimusleijupetikattilasta

"Kattilan ylöslämmityksessä on tärkeää seurata eri lämpötila- ja painegradienttien kehitystä. Leijuja kiertopetikattiloissa on erityisen tärkeää, ettei kattilavalmistajan antamaa ylöslämmitysnopeutta ylitetä petilämpötilan osalta, koska tällöin tulipesän suojamuuraukset voivat vaurioitua. Tyypillien kattilan petilämpötilan nostonopeus on noin 1-1,2 °C/min."

"Kuvassa 11 on esitelty leijupetikattilan tyypillinen petilämpötila ylöslämmityksen aikana. Kuvaan on sisällytetty myös starttipolttimen ja kiinteän polttoaineen teho prosentteina ylöslämmityksen aikana. Starttipolttimen teho on noin 30 % kiinteän polttoaineen tehosta." (HUHTINEN. ym. 2013, 163)



Kuva 11: Esimerkkikäyrästä tyypillisestä leijupetikattilan ylöslämmityksestä. (HUHTINEN. 2013, 165) (Kuvan Käyttö Tiina Sipilän luvalla)

Lämpötilan tasaus tapahtuu hitaalla esilämmityksellä siten, että kattilan lämmitys aloitetaan 12 tuntia ennen kiinteän polttoaineen syötön aloittamista, jotta keraamin lämpötila stabiloituu. Esilämmitys aloitetaan Leister-lämmittimillä, joita tutkimuskuplapetikattilaan tulee kaksi kappaletta. Leister kuivailmapuhaltimet ovat sijoitettu windboxiin, josta leijutusilman syöttöjärjestelmän kautta puhalletaan lämmintä ilmaa kattilaan ja näin aloitetaan esilämmitys. Esilämmityksen aikana myös leijutus-hiekka lämpenee. Leisterillä lämmitysilmän saadaan 650 °C lämpötilaan, mutta lämpötilaa tulee nostaa hiljalleen. Hidas lämmitys on myös keraamimateriaalin kestävyys kannalta tärkeää, koska lämpöshokit aiheuttavat materiaaliin yhtä aikaa puristus- ja vetojännityksiä, joka aiheuttavat halkeamia ja murtumia sekä jatkokäytössä materiaalin rapautumisen. (JUUTILAINEN.2013-08-27), (Liite 11)

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuskuplapedin tulipesän lämpötilaprofiilin stabilointielementit jätettiin pois, koska niissä olisi ollut runsaasti ongelmia erilaisten materiaalien lämpölaajenemisista sekä stabilisointielementin huollosta joutuvista ongelmista. Stabilisointielementtien monimutkaisen rakenteen ja kahden erillisen ke-raamisen muurauksen vuoksi olisivat elementit tulleet melko hintaviksi.

Vaihtamalla runkoputki suurempaan kokoluokkaan saadaan eristemassakerros rakenteiden sisään ja näin runkoputken ulkopintaan tulevan eristevillakerroksen pois jäänti helpottaa näytteenottoyhteiden parissa työskentelyä.

Vaikka eristemassakerros kutistuu kuumetessaan ja keraaminen muuraus kutistuu ensin, mutta 1480 °C laajenee 0,6 %, on lämpölaajenemisen aiheuttamat haitat oleellisesti pienemmät kuin ensin suunnitellussa rakenteessa. Nykyisessä rakenteessa ja eristyksellä runkoputken lämpötila on 70 °C, joten runkoputken lämpölaajeneminen ei enää muodostu ongelmaksi. Tutkimuskuplapetikattilan rakentaminen helpottuu, tulee näin myös edullisemmaksi ja hankalat huoltovaiheet, kuten stabilointielementtien nuohous, jäävät pois.

Valmiiden segmenttien kuljetuksessa ja yhteen kokoamisessa kokonaiseksi kattilaksi tulee noudattaa varovaisuutta, jotta keraamiset kerrokset eivät vaurioituisi.

Segmenttien lämpökäsittelyssä ne voidaan asettaa vaakatasoon, mutta niin, että segmentit eivät ole yhteiden varassa, vaan ne täytyy tukea runkoputkesta.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

HUUHTINEN, Markku, KORHONEN, Risto, PIMIÄ, Tuomo, URPILAINEN, Samu. Voimalaitostekniikka. Opetushallitus, Helsinki (2013). ISBN 978-952-13-5426-7

JUUTILAINEN, Olli, 2013-08-27, Palaverimuistio Marko Fabritiuksen tapaamisesta.

LAITINEN, Esko, NIINIMÄKI, Matti, TILLIKKA, Pentti, TUOMIKOSKI, Juho. Konetekniikan materiaalioppi. Painatuskeskus, Helsinki (1993). ISBN 951-37-1237-0

Tampereen teknillinen yliopisto, Materiaaliopin laitos Internetsivu. [Viitattu 5.12.2013.9] Saatavissa: http://www.ims.tut.fi/vmv/2005/vmv_4_3_3.php/

KUNNOSSAPITOYHDISTYS Ry. Korroosiokäsikirja. KP-Media Oy, Helsinki (2008). ISBN 951-97101-7-5

KOUKKUNEN, Kalevi. Iso Tietosanakirja. WSOY, Porvoo (1996). ISBN 951-0-20158-8

Haastattelu 1: AHOPELTO, Mikko. Energia-Muuraus Oy. 2.12.21013

Haastattelu 2: AHOPELTO, Mikko. Energia-Muuraus OY. 12.9.2013

LEHTONEN, Pekka, LEHTONEN, Paula. Teknisten alojen kemia. WSOY Oppimateriaalit Oy, Helsinki (2008). ISBN 978-951-0-32901-6

ANTILA, Anna-Maija, KARPPINEN, Maarit, LESKELÄ, Markku, MÖLSÄ, Heini, POHJAKALLIO, Maija. Tekniikan kemia. Oy edita Ab, Helsinki (2000), ISBN 951-37-2790-4

Sten Oy, Internetsivusto. [Viitattu 15.12.2013] Saatavissa: http://www.sten.fi/sten_fin/tuotteet/muut_erikoisterakset/

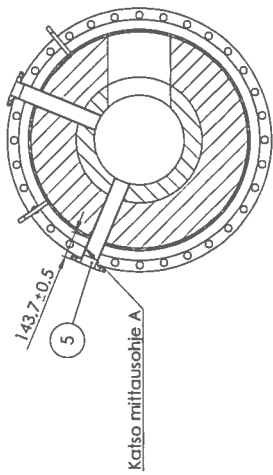
(LEPOLA, Pertti, MAKKONEN, Matti. Hitsaus ja teräsrakenteet. WSOY Oppimateriaalit Oy, Helsinki (1998). ISBN 951-0-21573-2

Ruukki Oyj, Intternetsivusto. [Viitattu 15.12.2013] Saatavavissa. <http://www.ruukki.fi/Tuotteet-ja-ratkaisut/Ruostumaton-teras-ja-alumiini/Ruostumattomat-teraslevyt-ja--kelat/Ruostumaton-teras-1430114307- kylmavalssattu/>

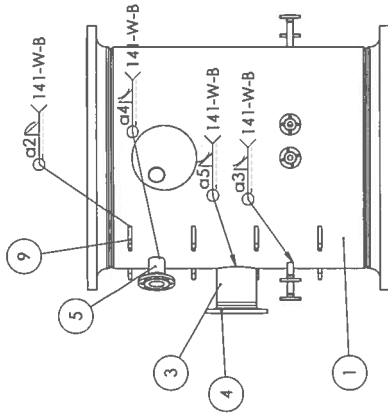
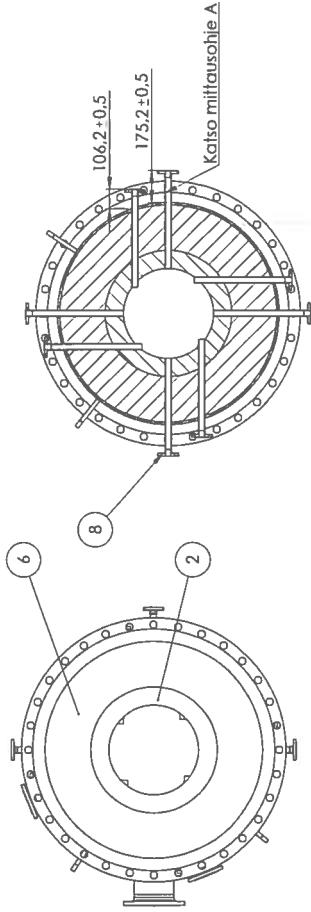
PERE, Aimo. Koneenpiirustus 1. Kirpe Oy, Espoo (1999). ISBN 951-97096-0-6

LIITE 1

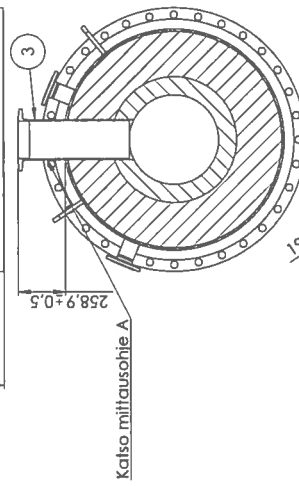
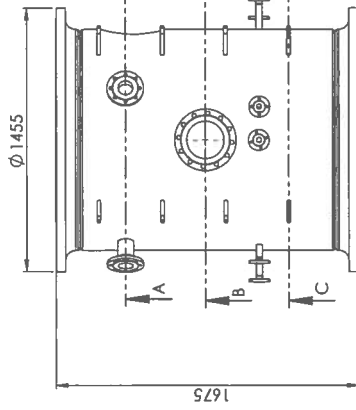
YLIMMÄN SEGMENTUN TYÖPIIRUSTUKSET



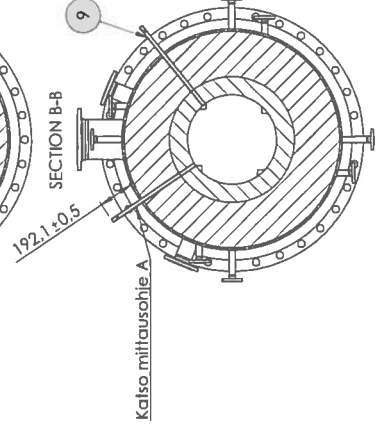
SECTION A-A



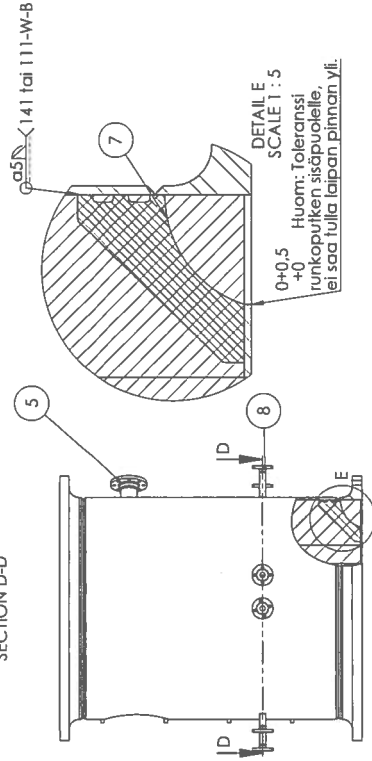
SECTION D-D



SECTION B-B



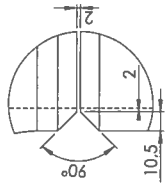
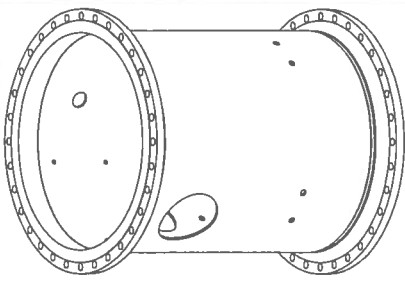
SECTION C-C



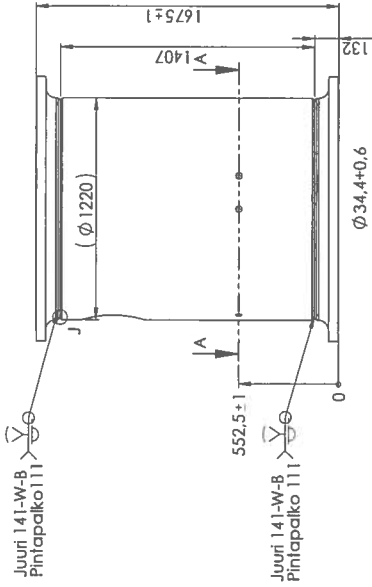
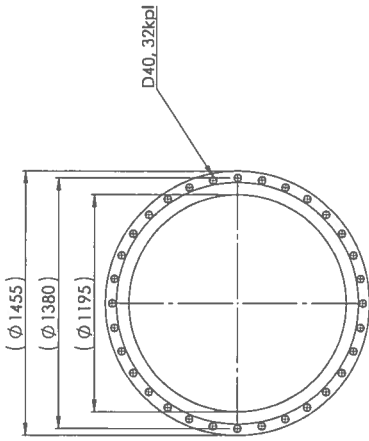
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	SW011472:Runkoput ki.viin	1675 x 1455 S235JRG2	1
2	SW011458:Ylimmän segmentin_keraarni assembly	1665 x 694 x 494	1
3	SW012999	PipeDN200PN16	1
4	X DN200_Flange_PN 16_v001	612 x 210. x 207.3 1.4828 340 x 210.3 x 62 1.4828	1
5	SW012998	612 x 340 x 210.1 1.4828	2
6	SW012488	1662 x 1195 x 694	1
7	SW012039	587 x 587 S235JRG2	4
8	SW012947	538 x 115 x 33.4 1.4828	8
9	SW012966	555 x 21.3 x 17.3 1.4828	8

Ref.	Quantity	Description	Id. Number
Tolerance: $\pm 12\%$	Customer: Kaleinmeinen	Creator: M. Kaleinmeinen	09-10-2013
Mass:	Project: BFB Boiler	Inspector: J. Hultunen	Date
Scale: 1:15	Work number:	Approval Person:	Date
	Part: Ylimmän segmentin kokoonpano	Identification number: SW011473	

Severia/IAS

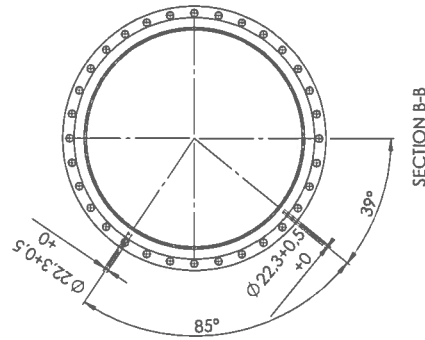
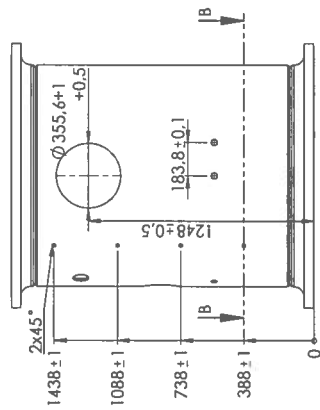


DETAIL J
SCALE 1:2

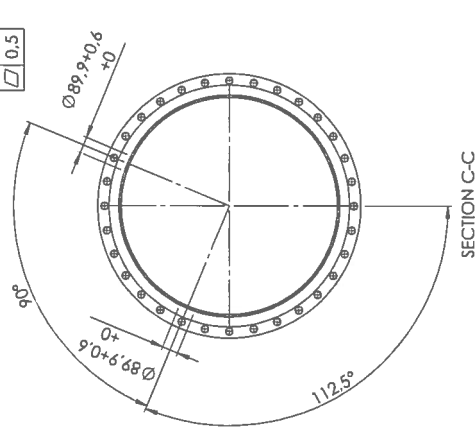
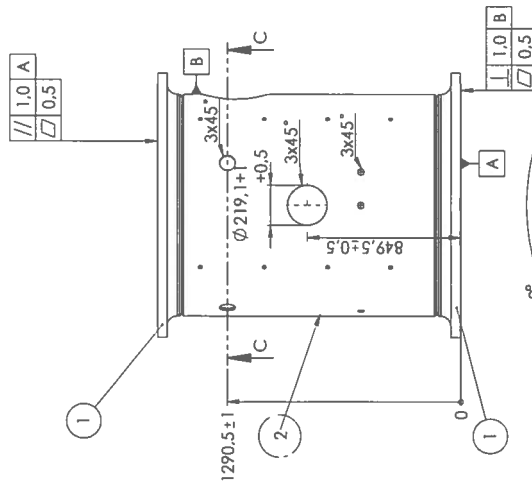


Juuri 141-W-B
Piniapalko 111

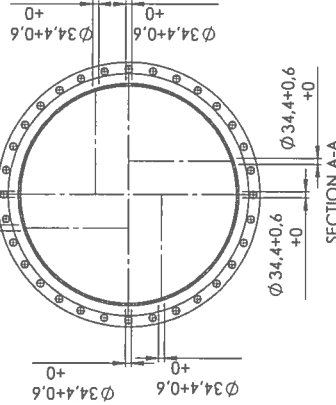
Juuri 141-W-B
Piniapalko 111



SECTION B-B



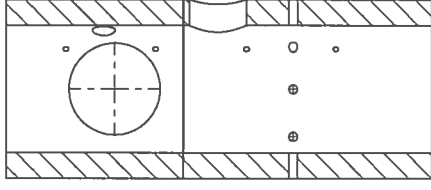
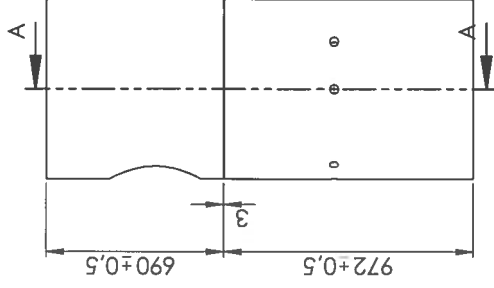
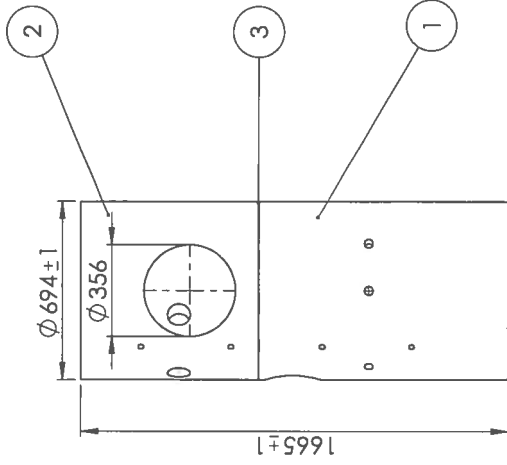
SECTION C-C



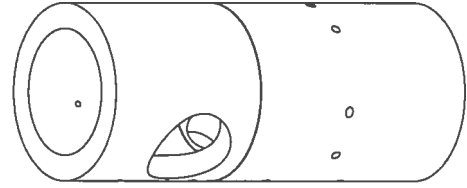
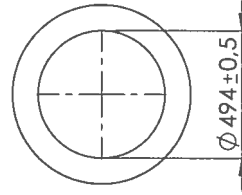
SECTION A-A

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
2	Pipe DNI200PN10	1407 x 1220 x 1195 S235JRG2	1
1	Flange DNI200PN10	132 x 1220 x 1195 S235JRG2	2

Tolerance: 12.5/	Customer:	Creator: Marjaana Koleimainen	Date:	04-10-2013
	Project: BFB Boiler	Inspector: J. Hultunen	Approval Person:	Date
	Scale: 1:15	Work number:	Identification number:	
	Part: Runkopalkki ylin segmentti	SW011472		



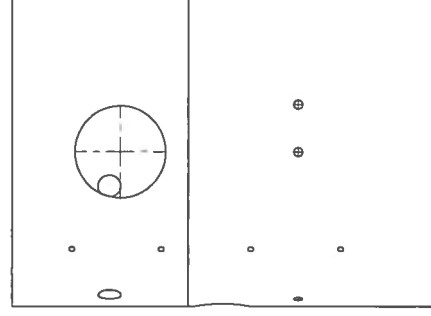
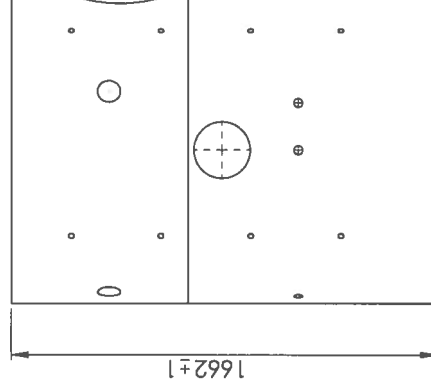
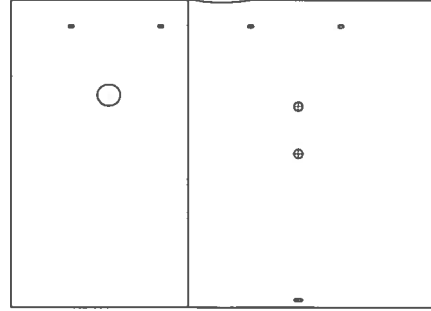
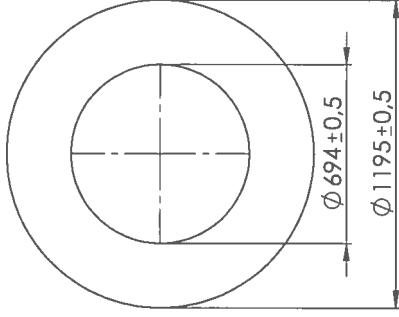
SECTION A-A




Keraamikerros valetaan
runkoputken sisälle rakennettuun
muottiin

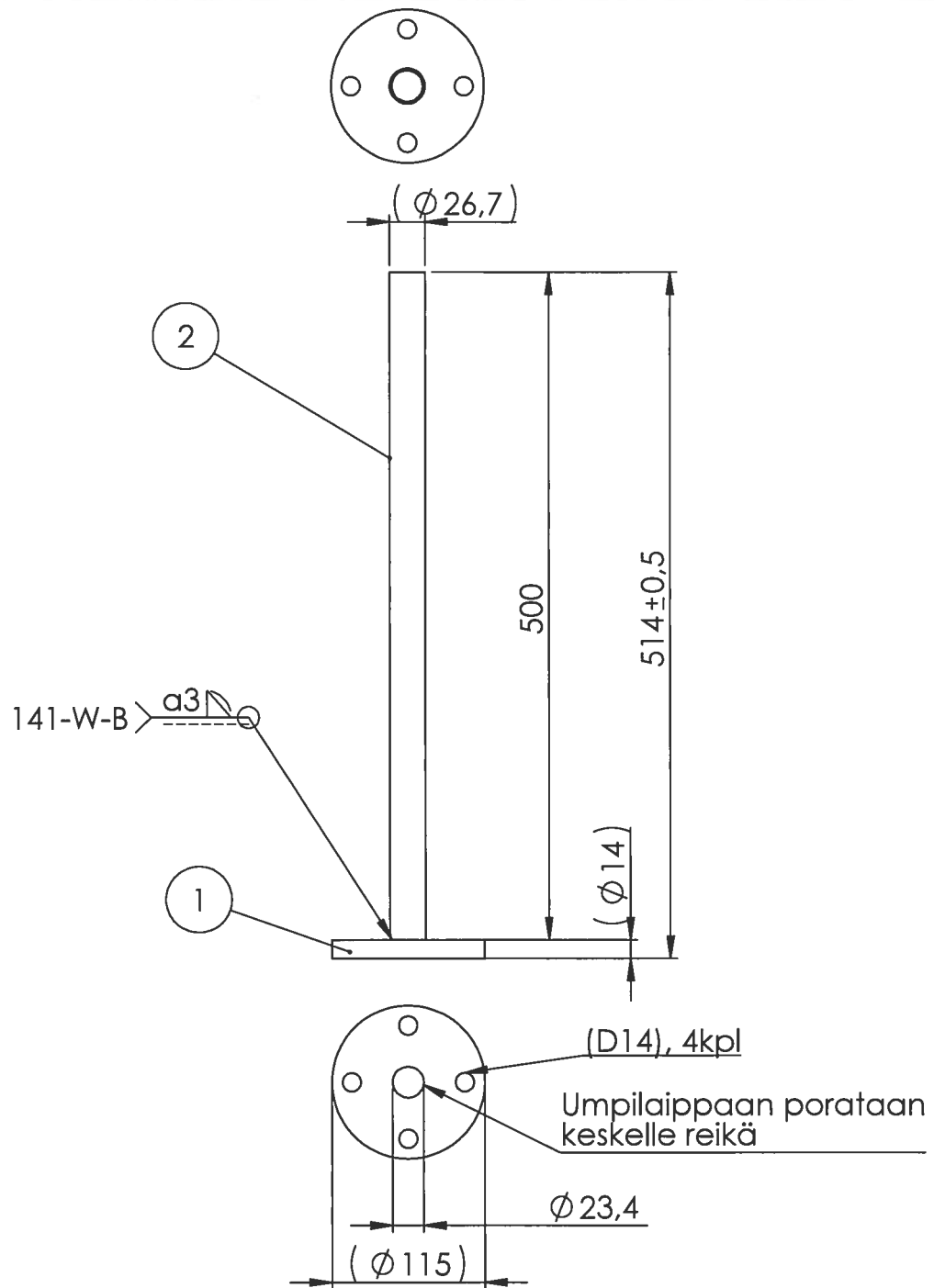
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	SW012969	972 x 694 x 494	1
2	SW011468.Ylimmän_ segmentin_ylin	690 x 694 x 494	1
3	SW012028	Keraamien välifieriste	1

Tolerance: $\frac{12.5}{\nabla}$	Customer:	Creator: Marjaana Kolehmainen	07-10-2013
Mass:	Project: BFB Boiler	Inspector: J. Huttunen	Date
Scale: 1:10	Work number:	Approval Person:	Date
Part: Ylimmän segmentin Keraamien kokoonpano		Identification number: SW011458	



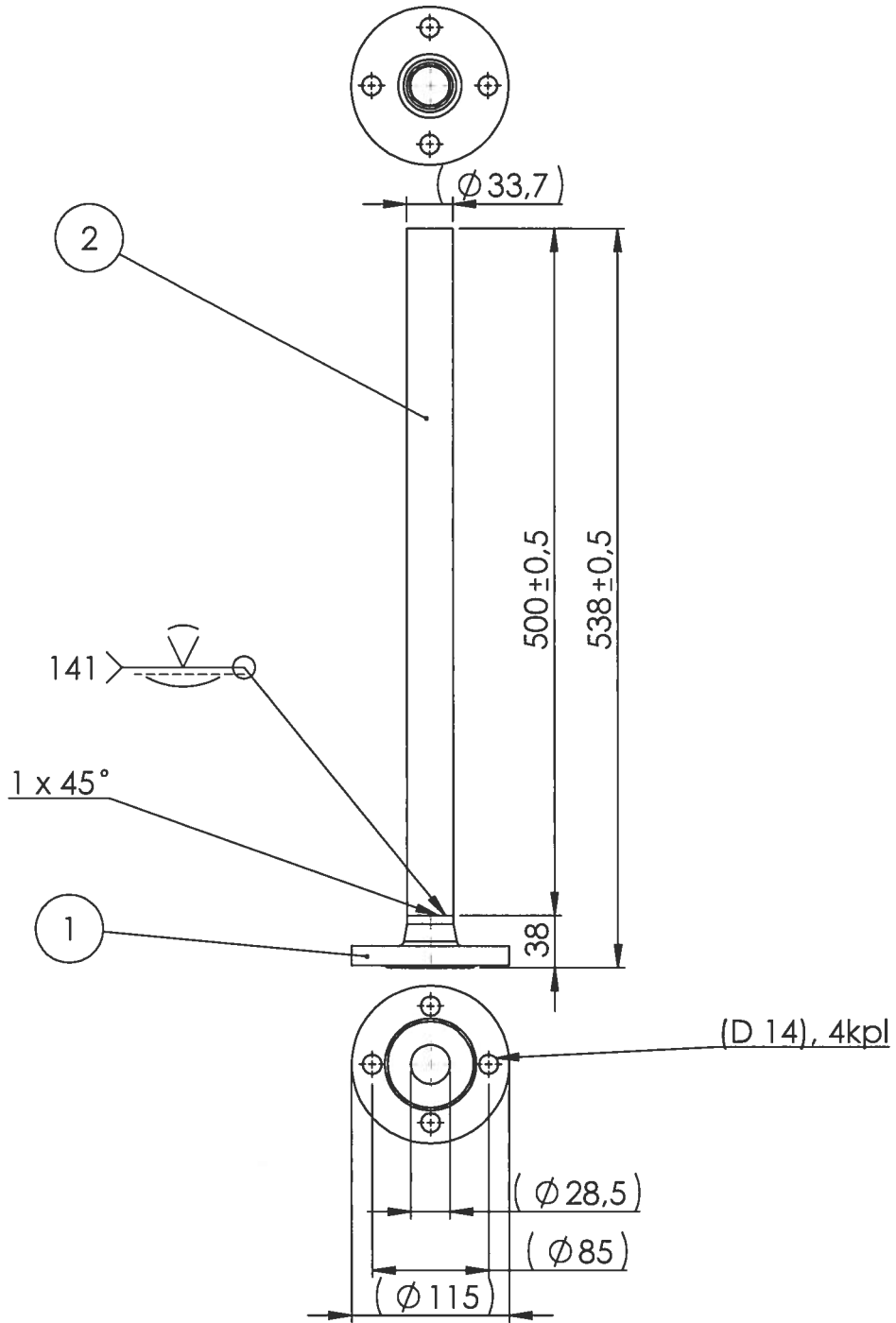
Eristemassa valetaan runkoputken ja
keraamikerroksen väliin

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	SW011474.Ylilämmän-segmentin_alin_mas	1 662 x 1 195 x 694	1
Tolerance: $\frac{12,5}{\sqrt{A}}$		Creator: M. Kolehmainen	19-11-2013
		Inspector: J. Huttunen	Date
Mass:		Project: BFB Boiler	Approval Person:
Scale: 1:10		Work number:	Date
Part: Ylilämmän segmentin eristemassa		Identification number: SW012488	
Savonia UAS			



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	SW012949	Blind Flange DN25PN16 14 x 115 1.4301	8
2	SW012948	Pipe DN20PN16 500 x 26,67 x 23,37 1.4301	8

Tolerance: $\nabla \frac{12.5}{\sqrt{\quad}}$		Customer:	Creator: M. Kolehmainen	19-11-2013
	Mass:	Project: BFB Boiler	Inspector: J. Huttunen	Date
	Scale: 1:10	Work number:	Approval Person:	Date
Savonia UAS		Part: Suutinputki DN20	Identification number: SW012950	



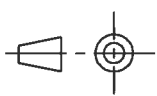
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	x_DN25_flange_PN16	Flange25PN16 38 x 115 x 33,4 1.4828	8
2	SW012946	Pipe DN25 PN16 500 x 33,4 x 30,1 1.4828	8

Tolerance: $\frac{12.5}{\nabla}$

Customer:

Creator: Marjaana
Kolehmainen

19-11-2013



Mass:

Project: BFB Boiler

Inspector: J. Huttunen

Date

Scale: 1:10

Work number:

Approval Person:

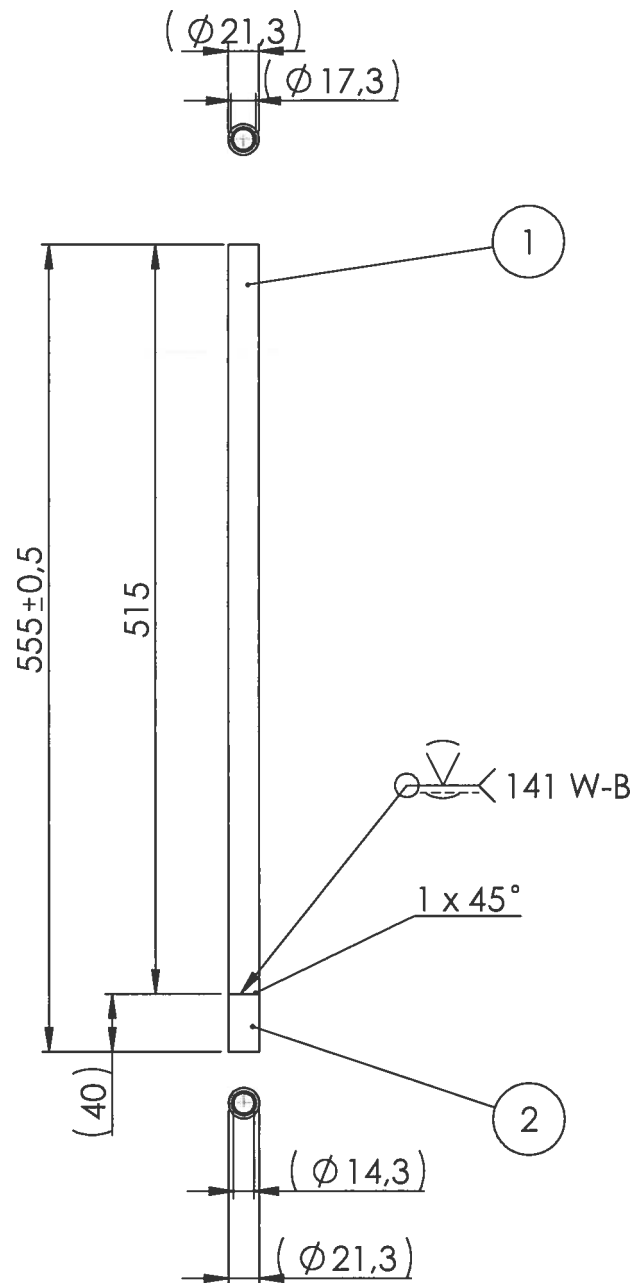
Date

Part:

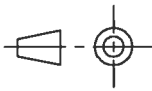
Ilmansyöttöputki

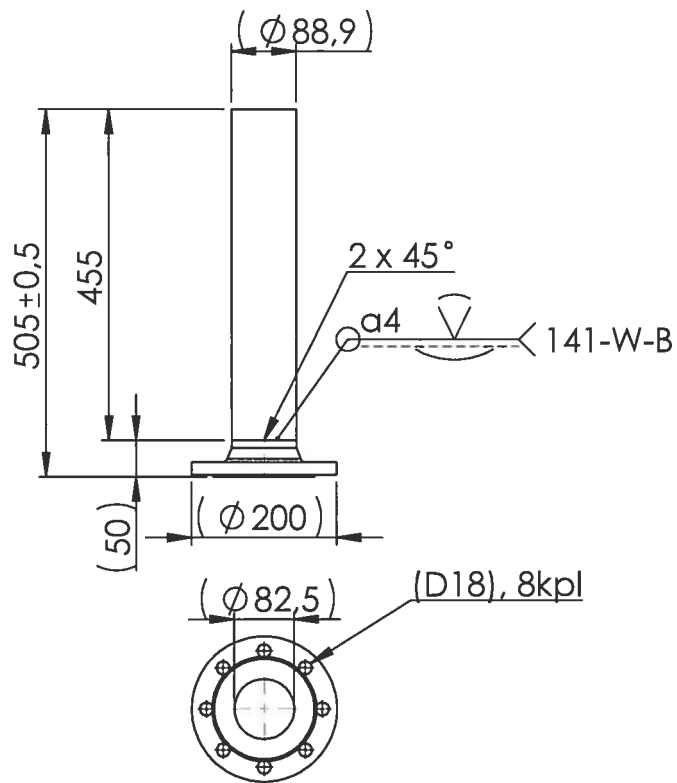
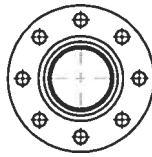
Identification number:

SW012947



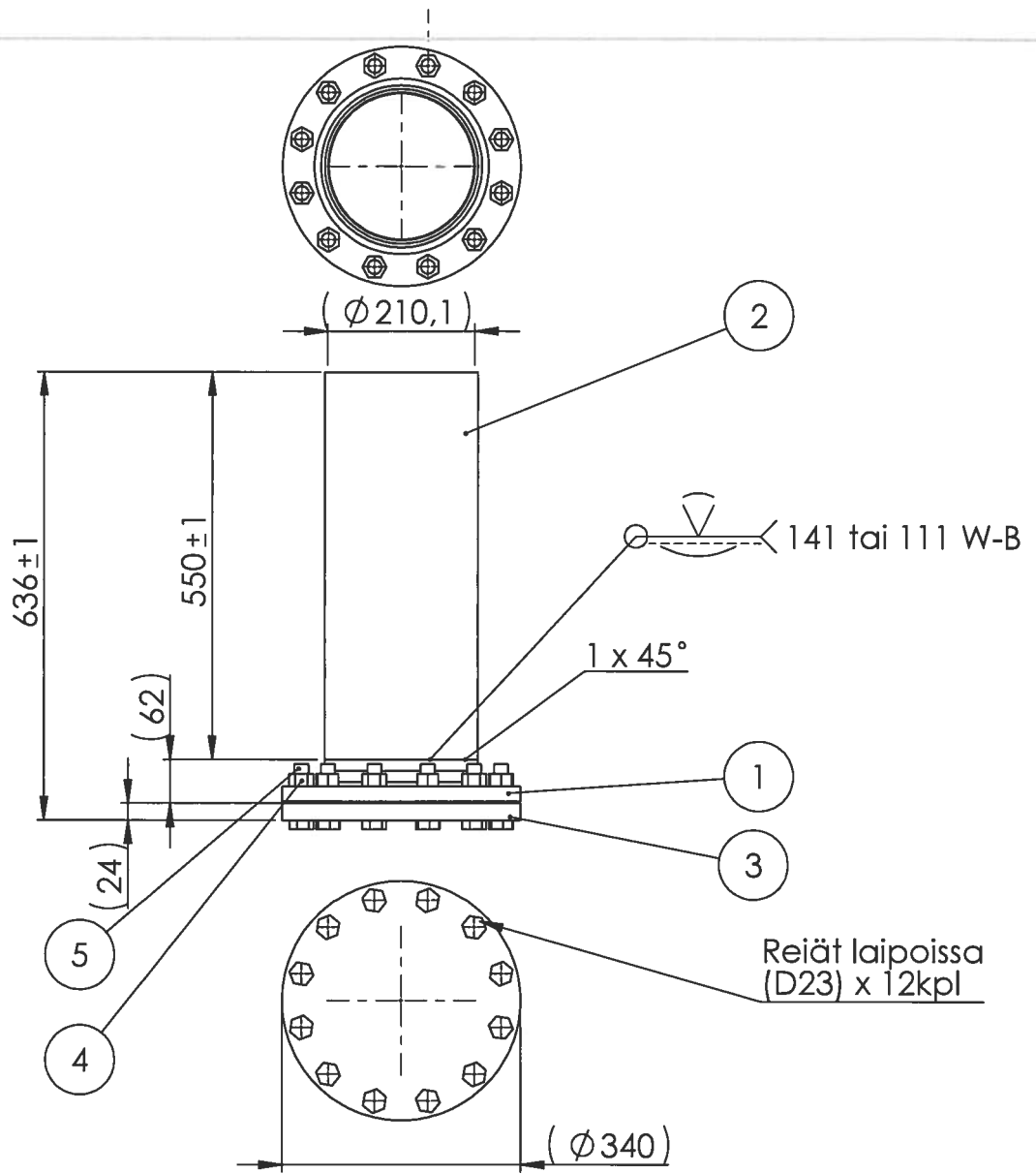
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	x_Tw DN15	Pipe DN15PN16 515 x 21,3 x 17,3 1.4828	30
2	x_Muff	Muff DN15PN16 40 x 21,4 x 14,27 1.4828	30

Tolerance: $\frac{12,5}{\sqrt{\quad}}$	Customer:	Creator: M. Kolehmainen	12-11-2013
	Mass:	Project: BFB Boiler	Inspector: J. Huttunen
	Scale: 1:5	Work number:	Approval Person:
Savonia UAS	Part: Anturiyhde	Identification number: SW012966	



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	x_Flue gas measurement pipe	PipeDN80PN16 455 x 88,9 x 82,5 1.4828	6
2	x_DN80_Flange_PN16_v001	FlangeDN80PN16 50 x 200 x 82,5 1.4828	6

Tolerance: $\nabla^{12.5}$	Customer:	Creator: M. Kolehmainen	19-11-2013
	Mass:	Project: BFB Boiler	Inspector: J. Huttunen
	Scale: 1:10	Work number:	Approval Person:
Savonia UAS	Part:	Identification number:	
	Savukaasun mittausyhde	SW012998	



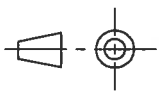
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	x_DN200_Flange_PN16_v001	FlangeDN200PN16 340 x 210,3 x 62 1.4828	2
2	SW012999	PipeDN200PN16 612 x 210, x 207,3 1.4828	2
3	x_x_Slade DN 200 flange	SladeDN200PN16 340 x 24 1.4828	2
4	x_x_Nut M20 ISO 4032		24
5	x_x_Bolt M20x80 ISO 4018		24

Tolerance: $\frac{12.5}{\nabla}$

Customer:

Creator: M. Kolehmainen

13-11-2013



Mass:

Project: BFB Boiler

Inspector: J. Huttunen

Date

Scale: 1:10

Work number:

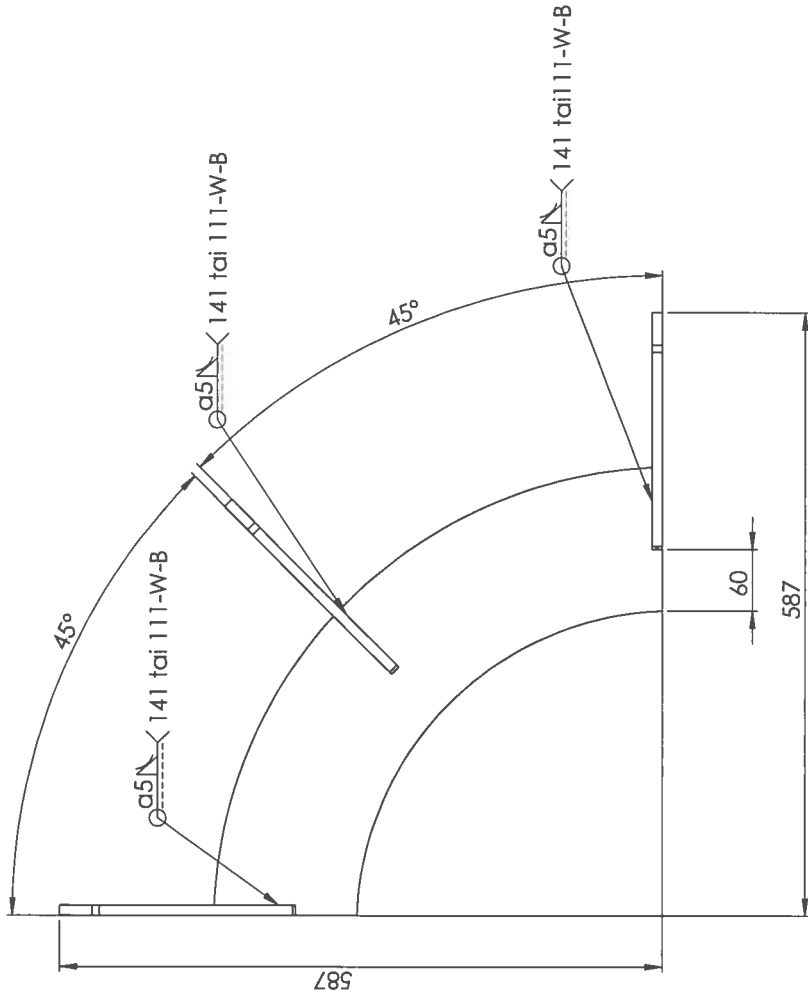
Approval Person:

Date

Savonia UAS

Part:
Näytteenottoyhde
DN 200

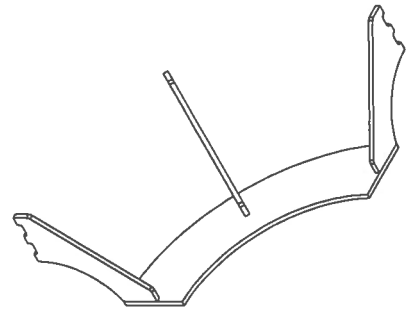
Identification number:
SW012971

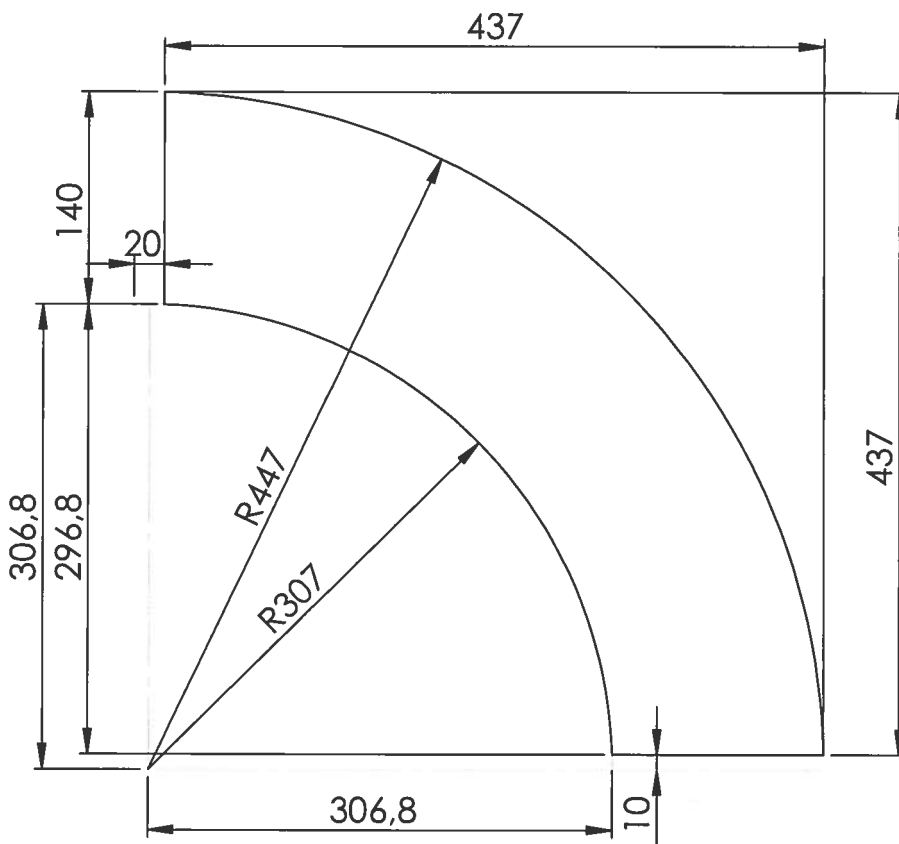


20kpl, 4kpl / segmentti hitsattuna
 runkoputkeen ks. kokoonpanopiirustus

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	SW012026	437 x 437 S235JRG2	1
2	SW012038	230,5 x 230 S235JRG2	3

Ref.	Quantity	Description	Id. Number
Tolerance: 12,5/		Customer:	Creator: Maijaana Kolehmainen
Mass:		Project: BFB Boiler	Inspector: J. Huittunen
Scale: 1:10		Work number:	Approval Person:
Part:		Part:	Identification number:
Savonia UAS		Keraamin hylly	SW012039
			Date
			Date





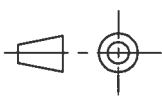
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	SW012026	437 x 437 S235JRG2	20

Tolerance: $\frac{12.5}{\nabla}$

Customer:

Creator: Marjaana
Kolehmainen

09-10-2013



Mass:

Project: BFB Boiler

Inspector: J. Huttunen

Date

Scale: 1:10

Work number:

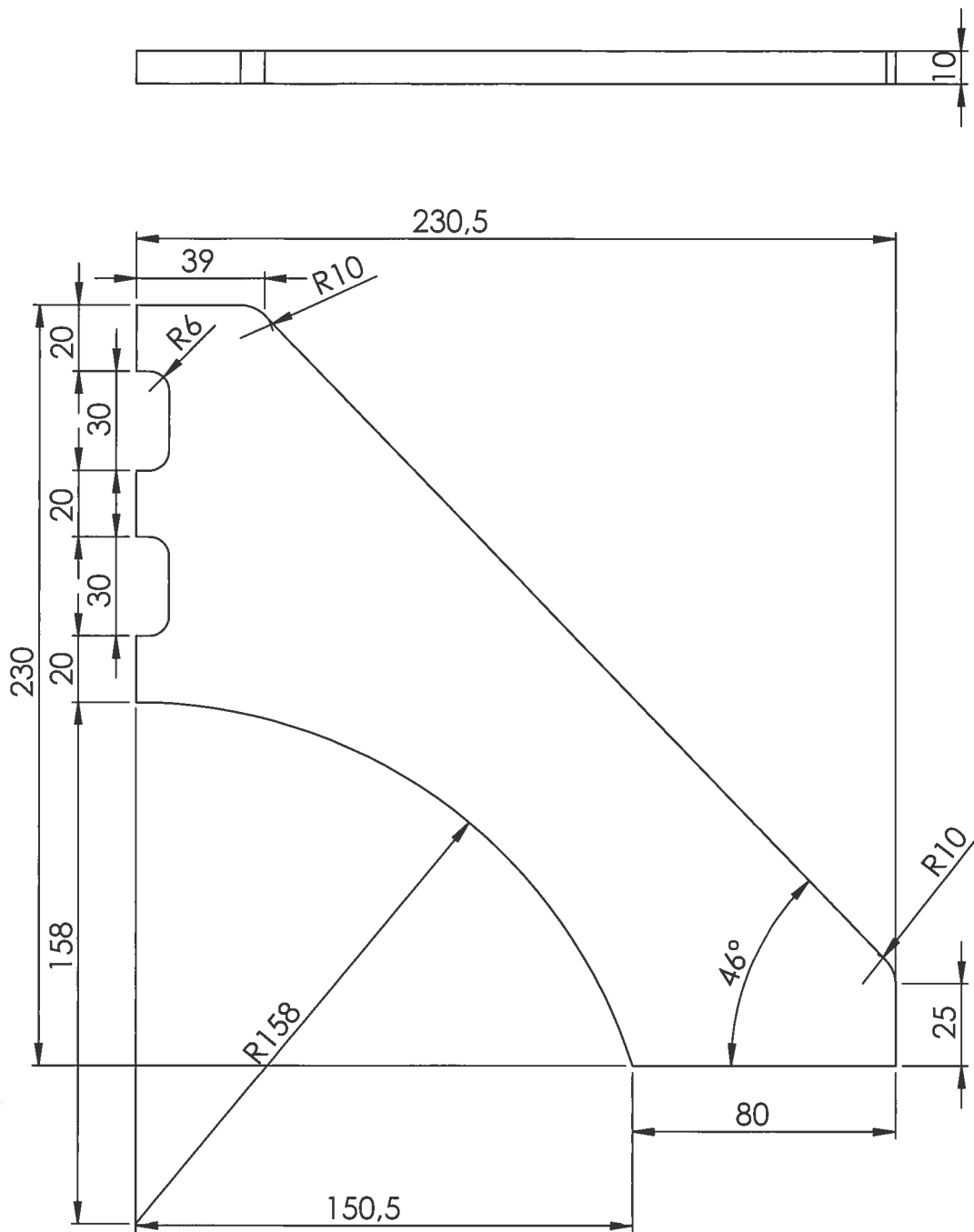
Approval Person:

Date

Savonia UAS

Part:
Keraamin kannake

Identification number:
SW012026

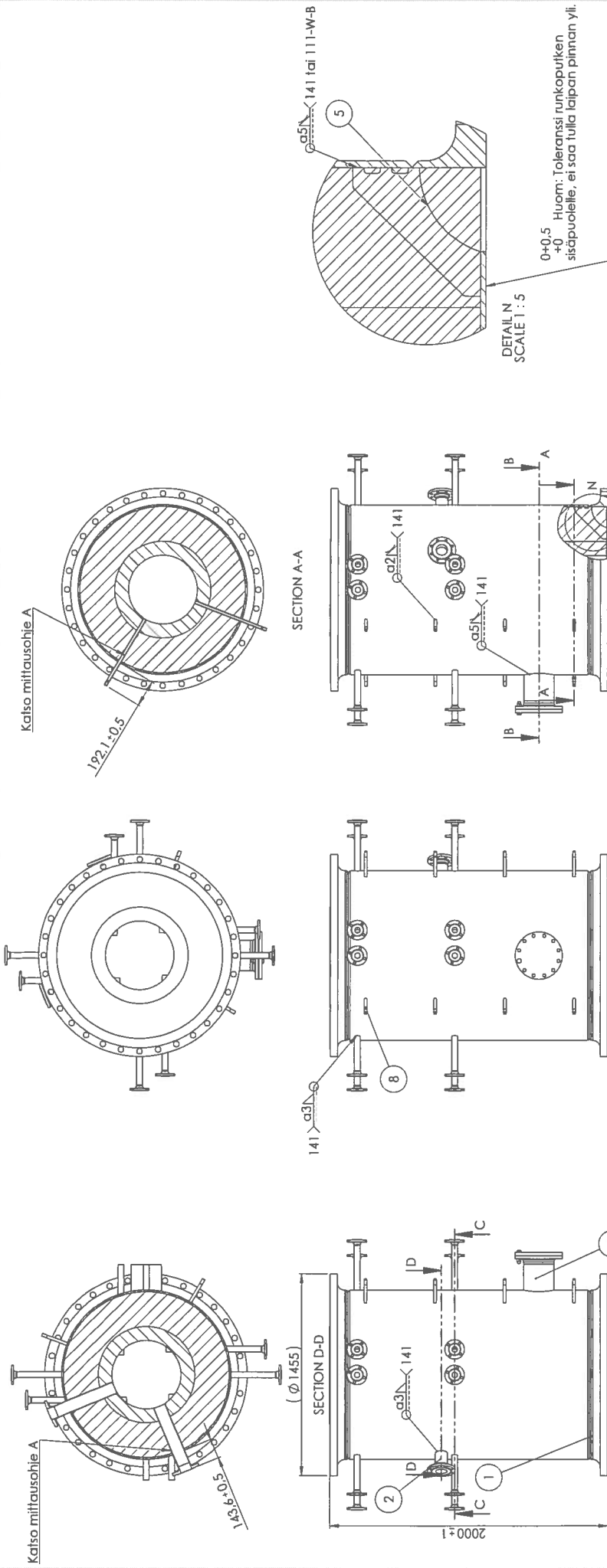


ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	SW012038	230,5 x 230 S235JRG2	60

Tolerance: $\frac{12.5}{\sqrt{\quad}}$	Customer:	Creator: Marjaana Kolehmainen	11-10-2013
	Mass:	Project: BFB Boiler	Inspector: J. Huttunen
	Scale: 1:10	Work number:	Approval Person:
Savonia UAS	Part:	Identification number:	
	Kannake	SW012038	

LIITE 2

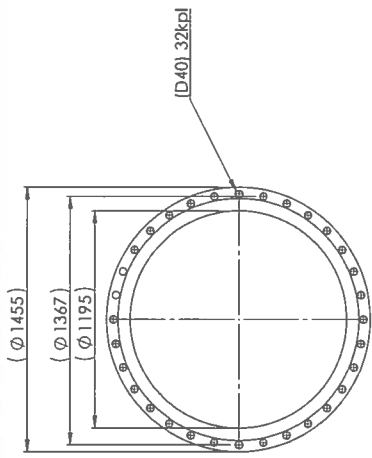
YLIMMÄN SEGMENTIN TYÖPIIRUSTUKSET



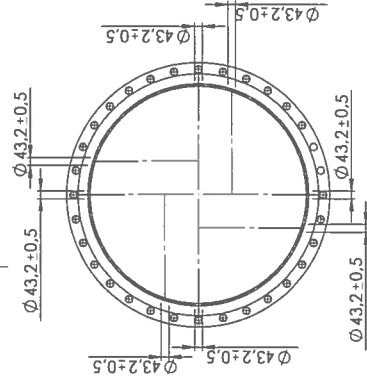
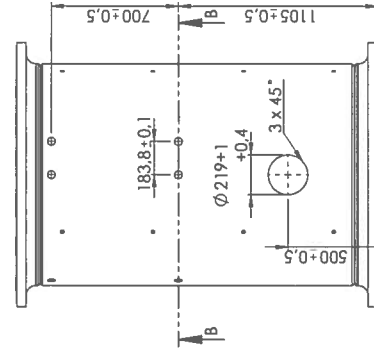
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	SW011478:Runkoput kl. 2, ylin	2000 x 1450 x 1195 S235JRG2	1
2	SW012998	612 x 340 x 210,1 L4828	2
3	SW011486: 2. ylimmän segmentin_massa_ assembly	2000 x 1195 x 694	1
4	SW012971	636 x 340 x 210,1 L4828	1
5	SW012039	587 x 587 S235JRG2	4
6	SW012031	2000 x 694 x 494	1
7	SW012961: sidasMD N32	726,5 x 140 x 42,16	16
8	SW012966	555 x 21,3 x 17,3 L4828	8

Ref.	Quantity	Description	Id. Number
Tolerance: $\frac{12.5}{\sqrt{L}}$	Customer:	Creator: M. Kolehmainen	13-02-2013
Mass:	Project: BFB Boiler	Inspector: J. Huhtinen	Date
Scale: 1:15	Work number:	Approval Person:	Date
	Part:	Identification number:	
	Boiler tube 4	SW011480	

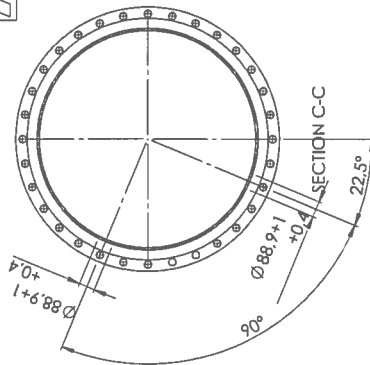
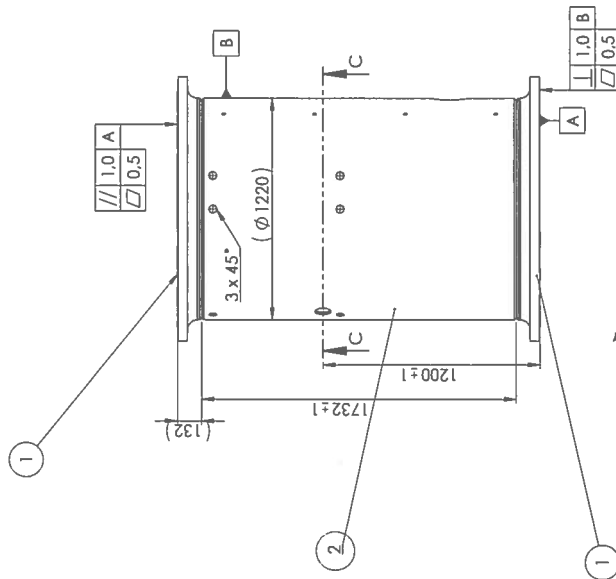
Soveria UAS



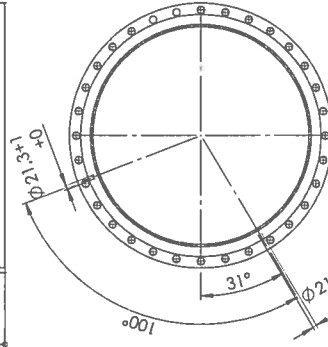
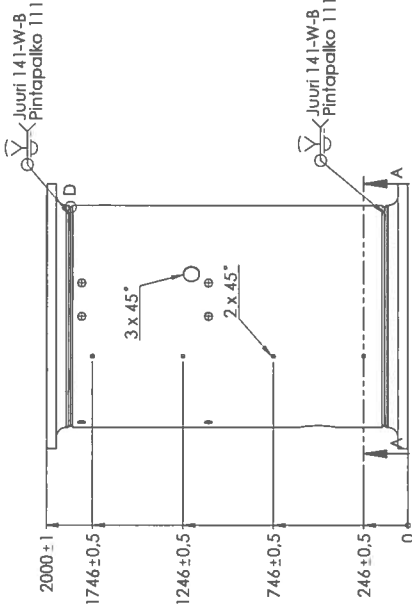
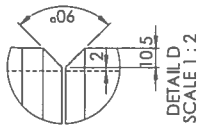
(D40) 32kpl



SECTION B-B



SECTION C-C



SECTION A-A

SECTION A-A		SECTION A-A	
Item.No	Partnumber	Description	QTY.
1	Flange DNI200 PN10	132 x 1455 x 1195 S235JRG2	2
2	Pipe DNI200 PN10	1732 x 1220 x 1195 S235JRG2	1

Tolerance: $\frac{12.5}{\sqrt{L}}$

Customer: Creator: Majaana Kolehmainen 14-10-2013

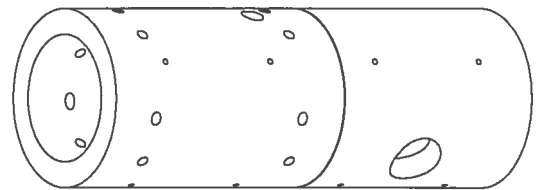
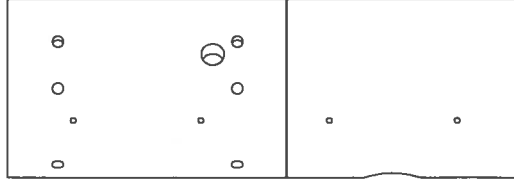
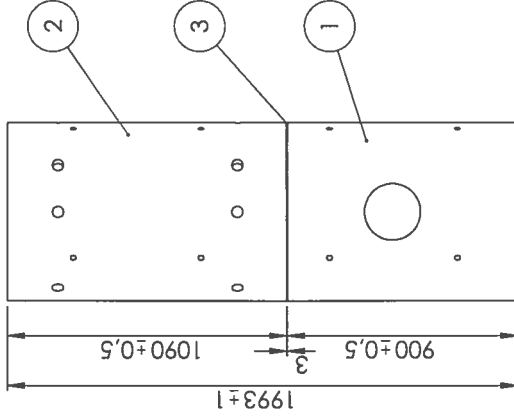
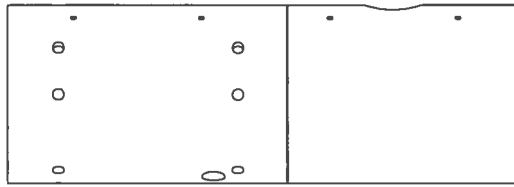
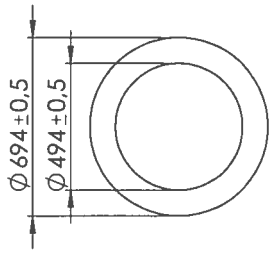
Project: BFB Boiler Inspector: J. Huhtunen Date

Scale: 1:15 Work number: Approval Person: Date

Part: Runkoputki 2.ylin Identification number: SW011478

Segmentti

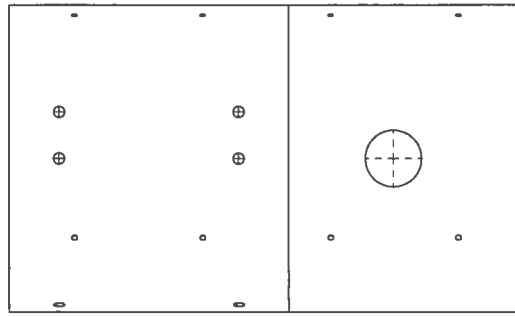
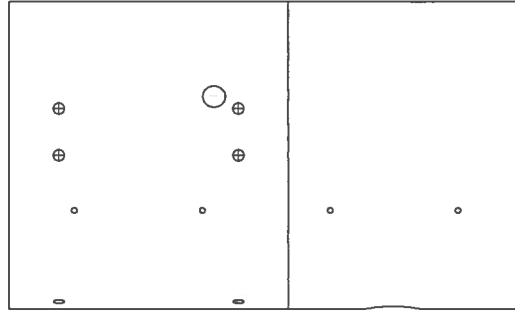
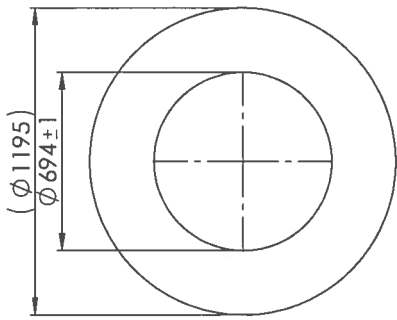
Sevencia UAS



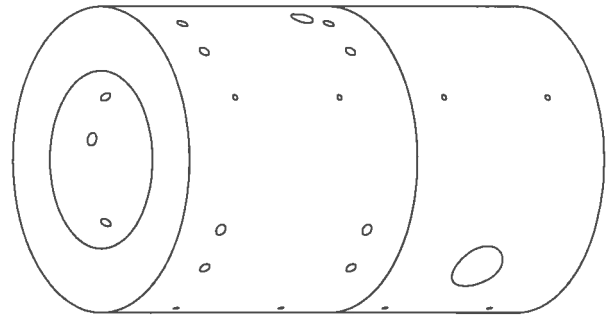
Keraamit valetaan runkopuikien sisälle tehtyyn muottiin

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	SW011484_2.ylinosa än segmentin_keraami	900 x 694 x 494	1
2	SW011481_2.ylinosa alin segmentti_keraami_yliosa	1090 x 694 x 494	1
3	SW012028	Keraamien välikerite	1

Tolerance: ∇ 12,5	Customer:	Creator: M. Kolehmainen	14-10-2013
Mass:	Project: BFB Boiler	Inspector: J. Huftunen	Date
Scale: 1:10	Work number:	Approval Person:	Date
Savonia UAS	Part: Keraami 2.ylin Segmentti	Identification number: SW012031	

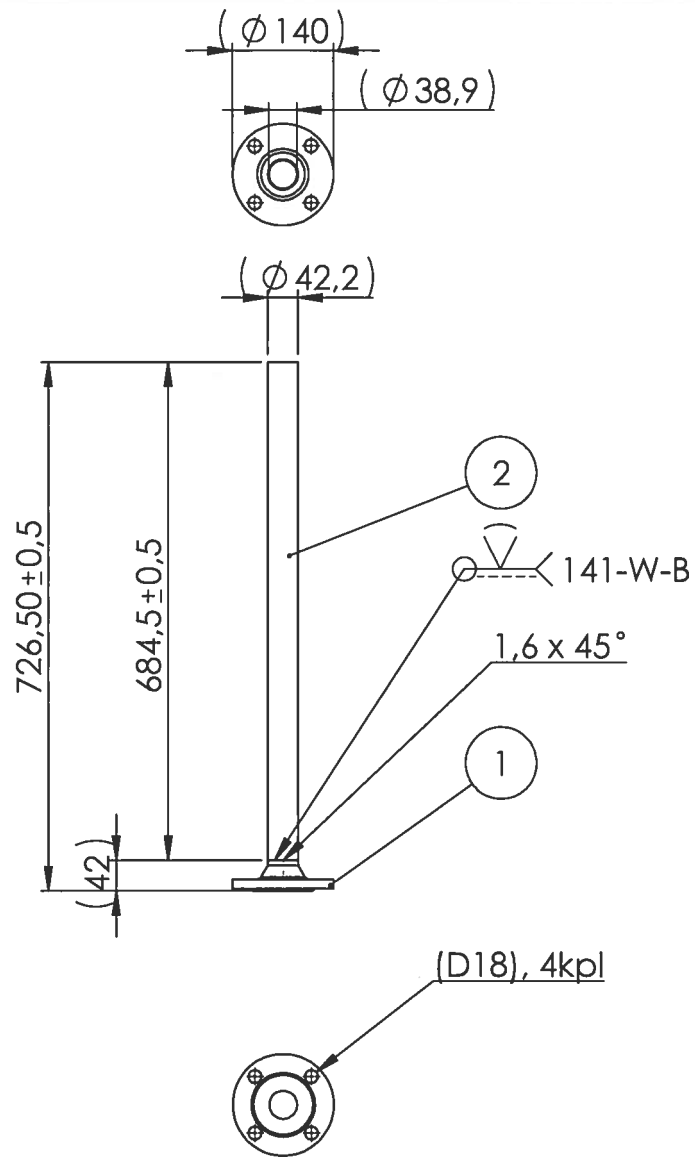


1990±1

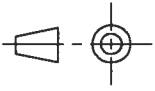


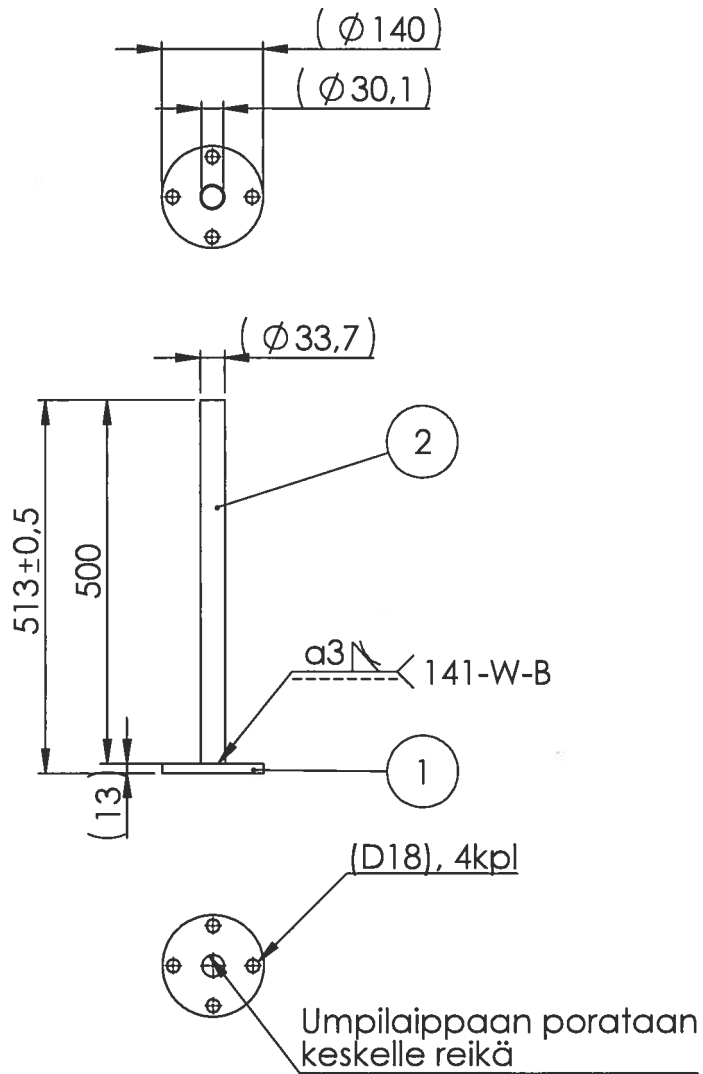
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	SW011483_2. ylimmän segmentin_massa_ aliln	1990 x 1195 x 694	1
Tolerance: 12.5/		Creator: Marjaana Kolehmainen	14-10-2013
Mass:		Inspector: J. Huittunen	Date
Scale: 1:10		Approval Person:	Date
Part: Eristemassa 2. ylin segmentti		Identification number: SW011486	
Savonia UAS			

Eristemassa valetaan
runkopuiken ja keraamin väliin



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	SW012959.sldprfDN3 2	140 x 42 x 38,86 1.4828	40
2	SW012958.sldprfDN3 2	684,5 x 42,16 x 38,86 1.4828	40

Tolerance: $\sqrt{12.5}$	Customer:	Creator: Marjaana Kolehmainen	20-11-2013
	Mass:	Project: BFB Boiler	Inspector: J. Huttunen
	Scale: 1:10	Work number:	Approval Person:
Savonia UAS	Part: Ilmansyöttöputki	Identification number: SW012961	



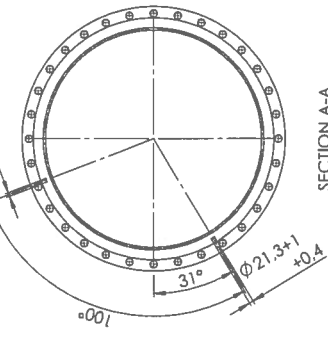
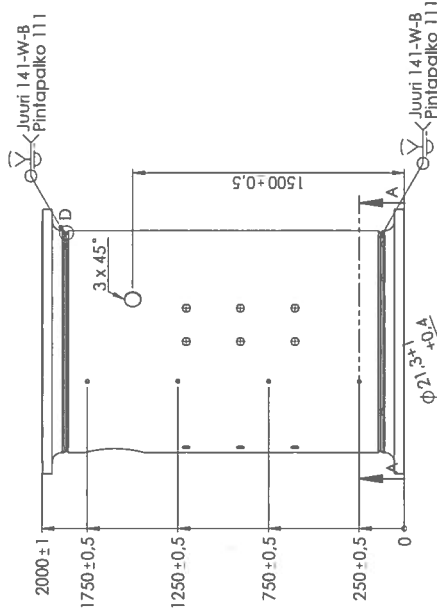
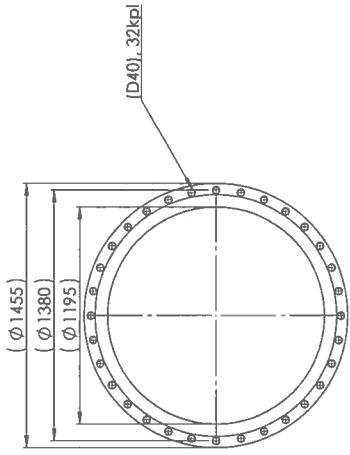
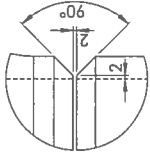
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	SW012962	Spade32PN16 140 x 10 x 30,1 1.4301	40
2	SW012946.sldprtDN25	Pipe25PN16 500 x 33,4 x 30,1 1.4301	40

Tolerance: $\nabla^{12.5}$	Customer:	Creator: M. Kolehmainen	20-11-2013
	Mass:	Project: BFB Boiler	Inspector: J. Huttunen
	Scale: 1:10	Work number:	Approval Person:
Savonia UAS	Part: Suutinputki DN25	Identification number: SW012963	Date

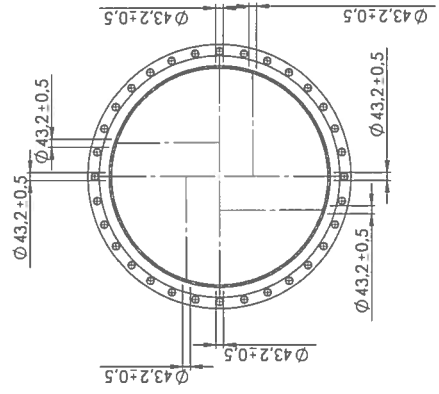
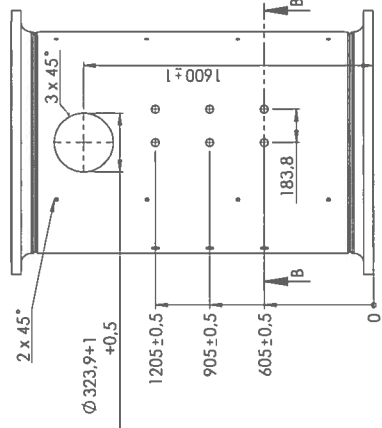
LIITE 3

YLIMMÄN SEGMENTIN TYÖPIIRUSTUKSET

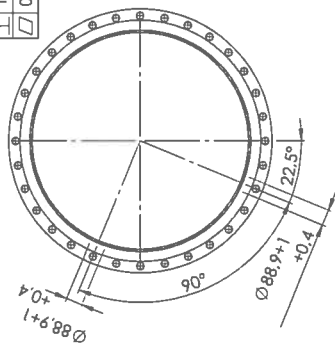
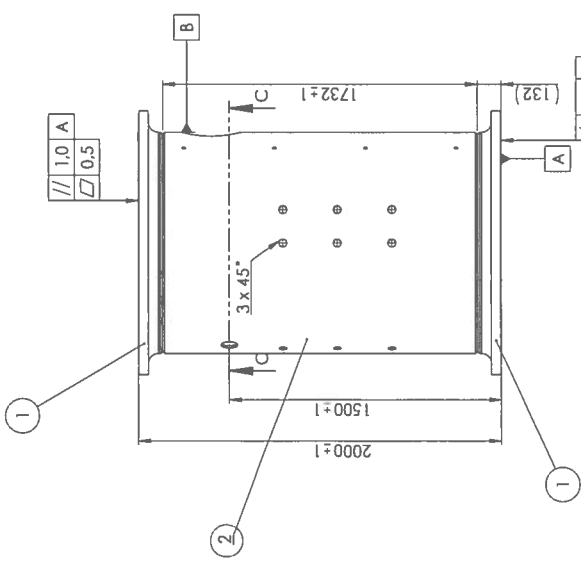
DETAIL D
SCALE 1:2



SECTION A-A



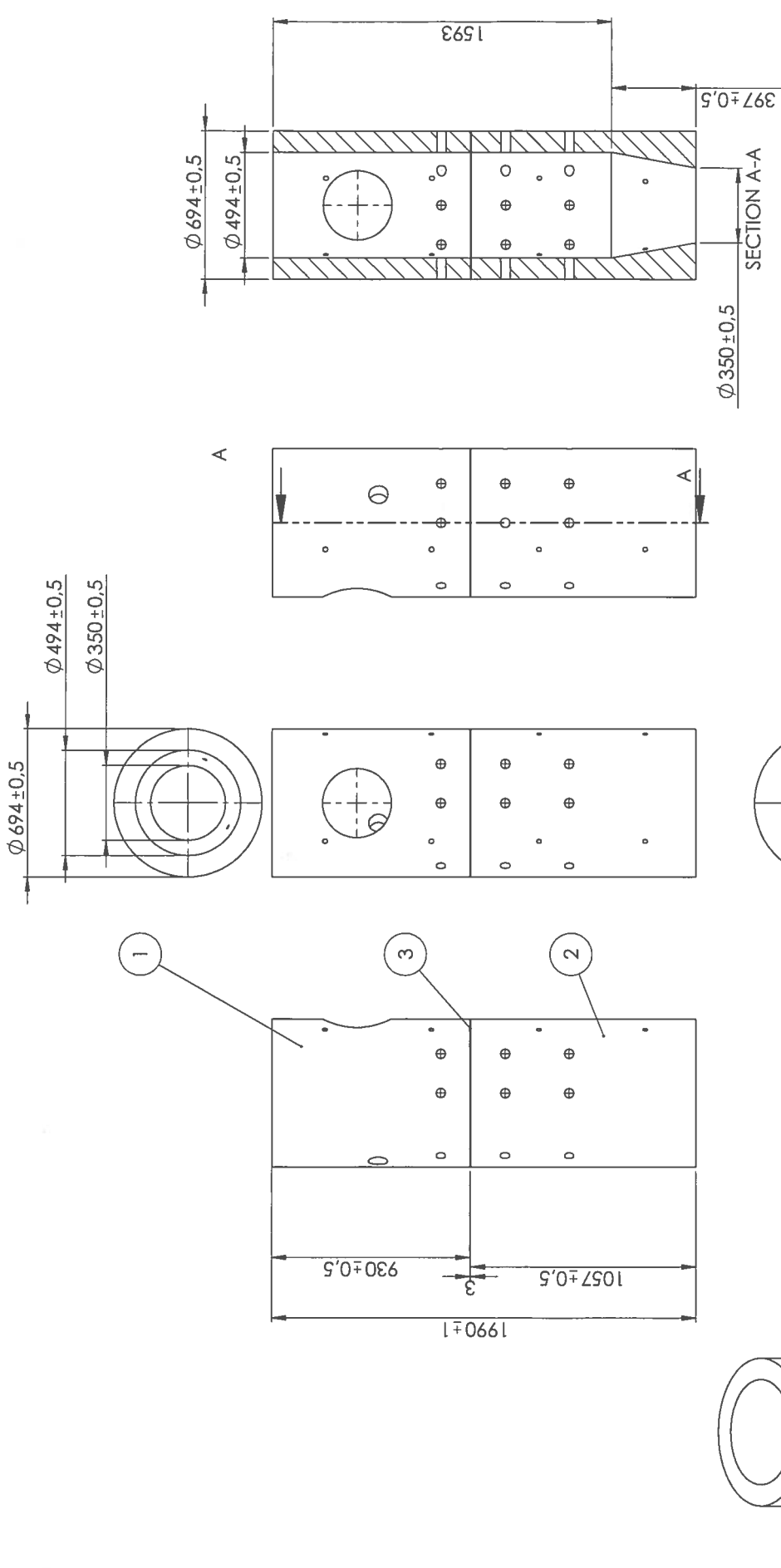
SECTION B-B



SECTION C-C

Item NO.	Part Number	Description	QTY.
2	SW011490	Pipe T200 PN 10 1732 x 1220 x 1195 S235JRG2	1
1	SW011490	Flange PN1200 PN10 132x1450x1195 S235JRG2	2

Tolerance:	Customer:	Customer: N. Kolehmainen	Date:	15-10-2013
Mass:	Project:	Project: BFB Boiler	Inspector:	J. Hultunen
Scale:	Work number:	Scale: 1:15	Approval Person:	Date
Part:	Identification number:	Part: Runkoputki 3-ylin	SW011490	

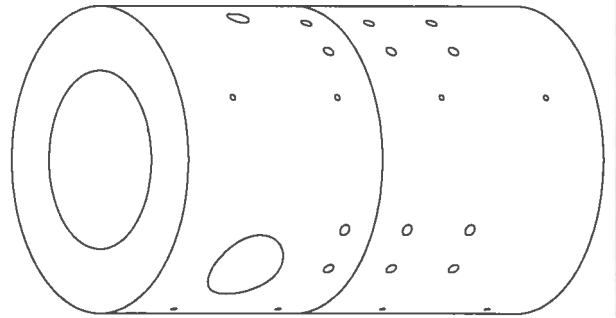
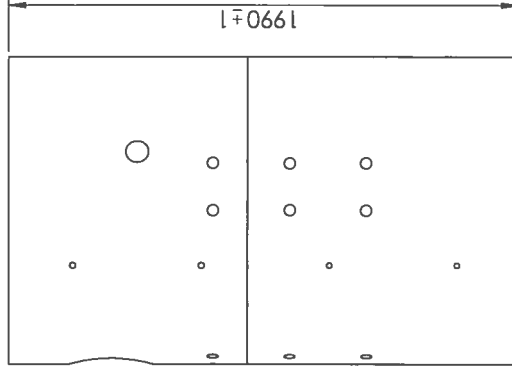
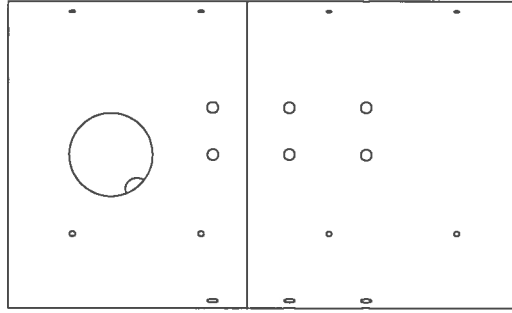
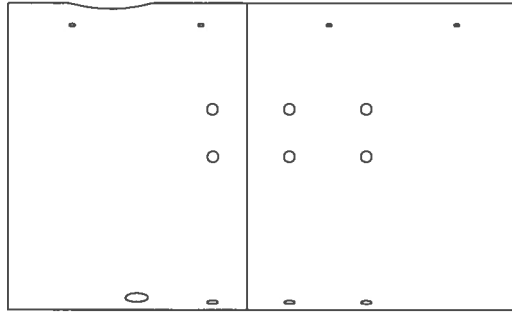
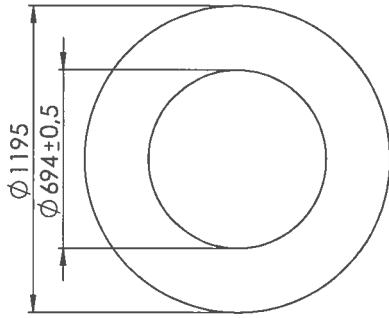


ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	SW011494_3_ylimmän_segimentin_keraami_yliä	930 x 494 x 494	1
2	SW011345	1057 x 694 x 494 x 3501593	1
3	SW012028	Keraamien väliliste	1

Tolerance: $\nabla^{12,5}$	Customer:	Creator: Marjaana Kalehmainen	15-10-2013
	Project: BFB Boiler	Inspector: J. Huhtunen	Date
Mass:	Work number:	Approval Person:	Date
Scale: 1:10			
Part:	Identification number:		
Keraami 3.ylin segmentti	SW011494		

Keraamien muotit rakennetaan runkoputken sisään

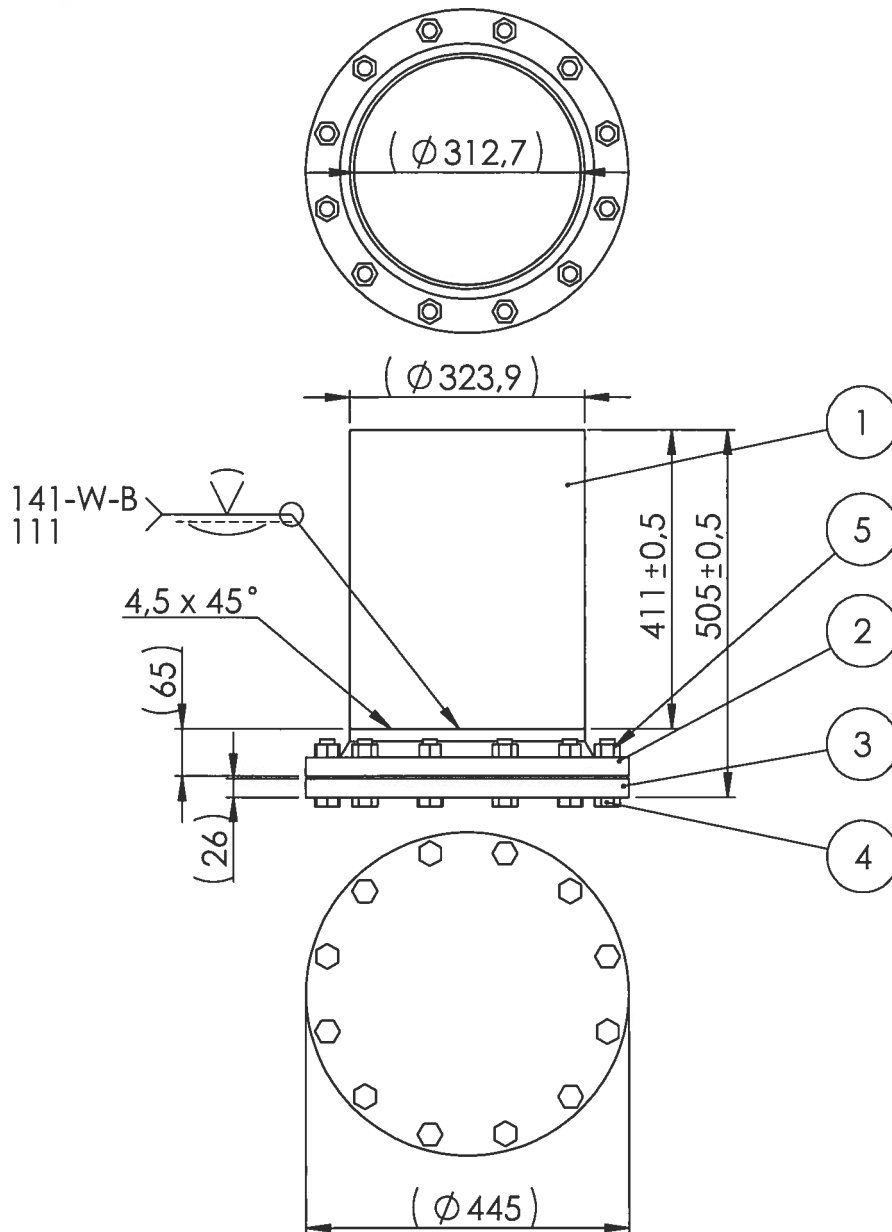
Savonka UAS



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	SW012128.sldprt_3. massa_ylia	1990 x 1195 x 694	1
2	SW012126.sldprt_3.m assa_dia	1990 x 1195 x 694	1

Tolerance: $\frac{12,5}{\sqrt{}}$	Customer:	Creator: Marjaana Kolehmainen	15-02-2013
	Mass:	Project: BFB Boiler	Inspector: J. Huttunen
	Scale: 1:10	Work number:	Approval Person:
Savonia UAS	Part: Massa 3. ylin segmentti	Identification number: SW012129	Date

Eristemassa valetaan
keraamin ja runkoputken väliin



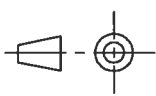
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	x_Maintenance tube DN300	PipeDN300PN6 411 x 323,9 x 312,7 1.4828	1
2	x_DN300_Flange_v001	FlangeDN300PN16 444 x 65 x 323,9 1.4828	1
3	x_Spade DN 300 flange	SpadeDN300PN16 445 x 26 S235JRG2	1
4	x_Bolt M20x80 ISO 4018		12
5	x_Nut M20 ISO 4032		12

Tolerance: $\sqrt[12.5]{}$

Customer:

Creator: M. Kolehmainen

25-11-2013



Mass:

Project: BFB Boiler

Inspector: J. Huttunen

Date

Scale: 1:10

Work number:

Approval Person:

Date

Savonia UAS

Part:

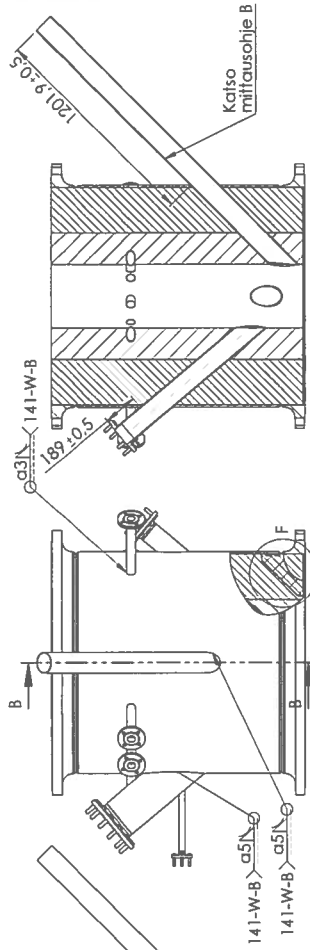
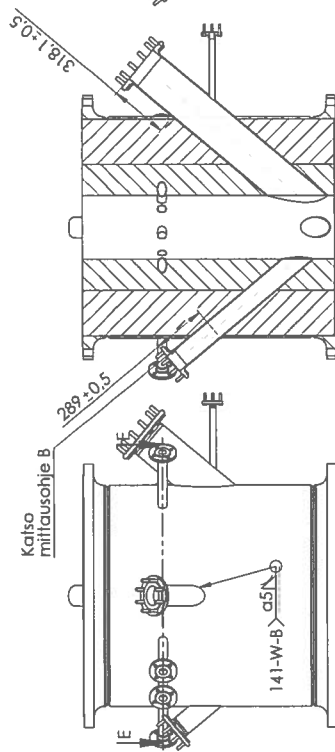
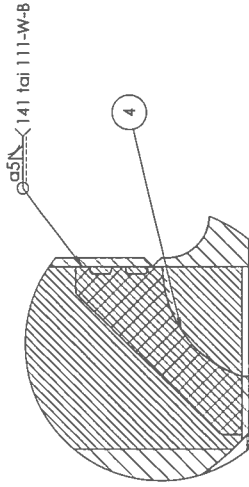
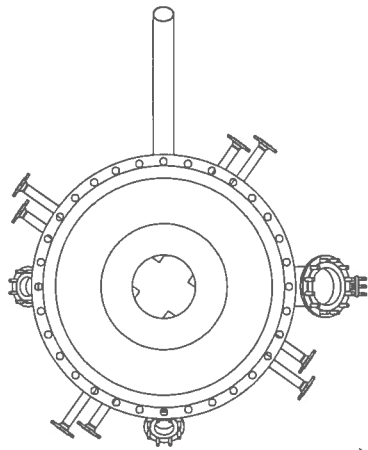
Näytteenottoyhde
DN300

Identification number:

SW013054

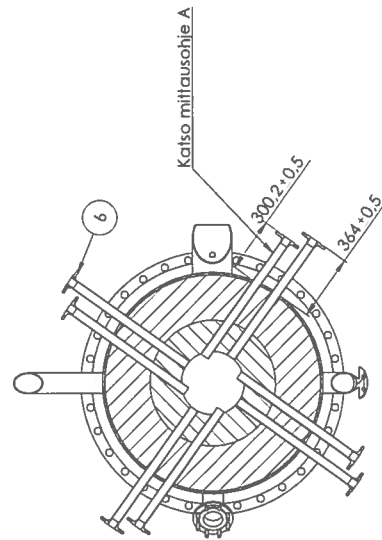
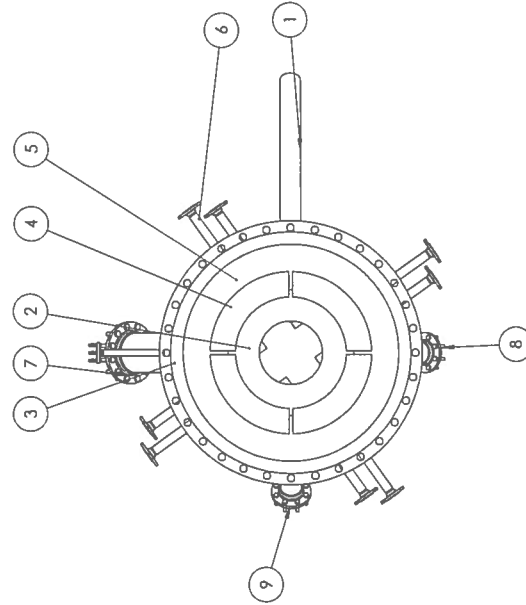
LIITE 4

ALIMMAN SEGMENTIN TYÖPIIRUSTUKSET



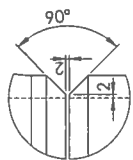
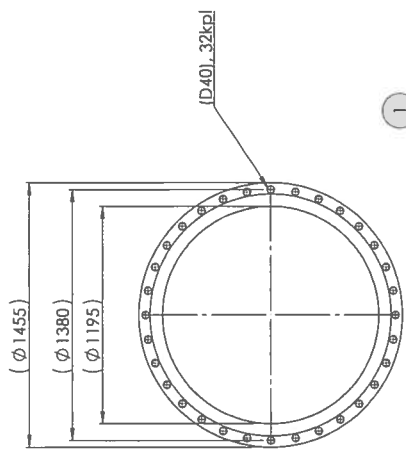
SECTION A-A

SECTION B-B



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	SW013064	PipeDN100PN16 1938 x 114,3 x 107,7 1.4828	1
2	SW011344	1390 x 694,350	1
3	SW011884	1400 x 1455 x 1195 S235JRG2 587 x 587	1
4	SW012039	S235JRG2	4
5	SW012347	E1390 x 1195 694	1
6	SW012840.sicasmD N40	798,5 x 150 x 48,26 1.4828	8
7	SW013060	1256 x 1195 x 694	1
8	SW013061	961,9 x 114,3 x 107,9 1.4828	1
9	SW013062	1002 x 220 x 114,3 1.4828	1

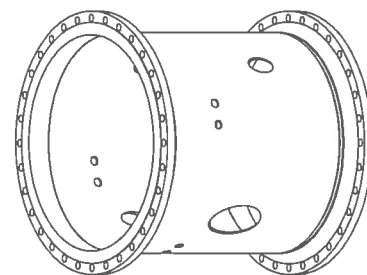
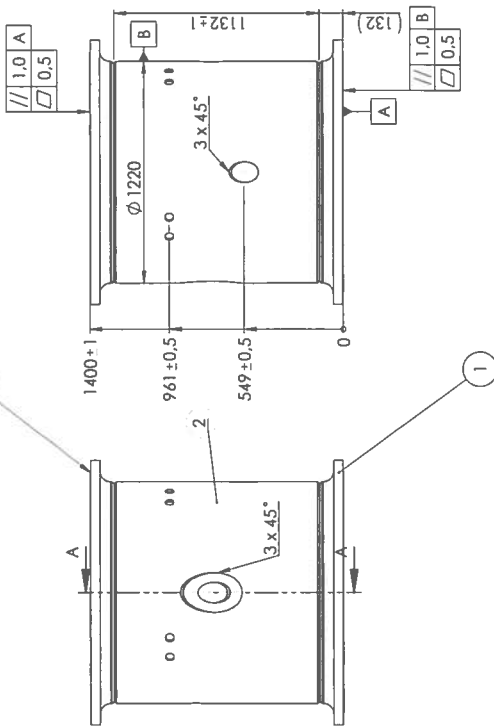
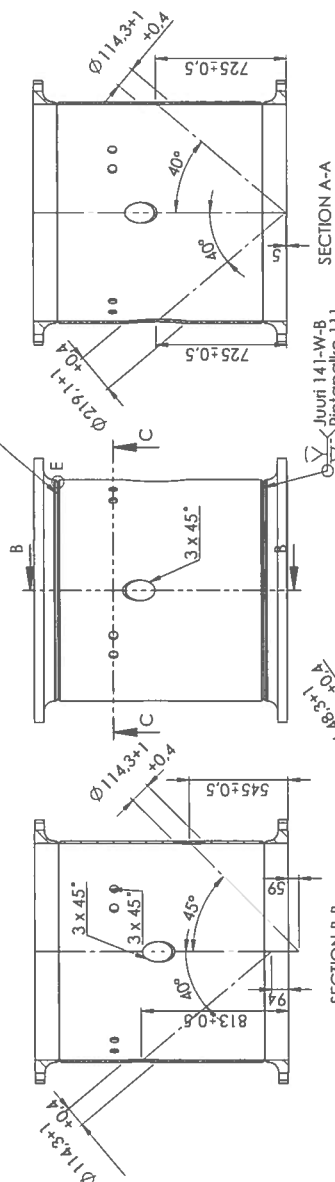
Tolerance: $\frac{1}{10}$	Customer: Kalehmainen	Creator: M. Kalehmainen	Date: 26-11-2013
Matt: $\frac{1}{10}$	Project: BFB Boiler	Inspector: J. Huhtunen	Date:
Scale: 1:15	Work number:	Approval Person:	Date:
Part: Alimma segmentin yläosan kokoonpano	Part: Alimma segmentin yläosan kokoonpano	Identification number: SW012483	



DETAIL E
SCALE 1:2

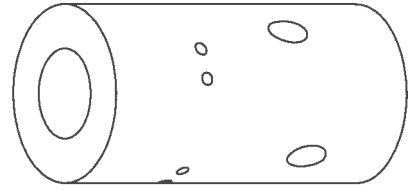
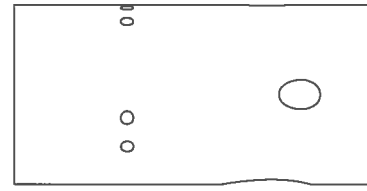
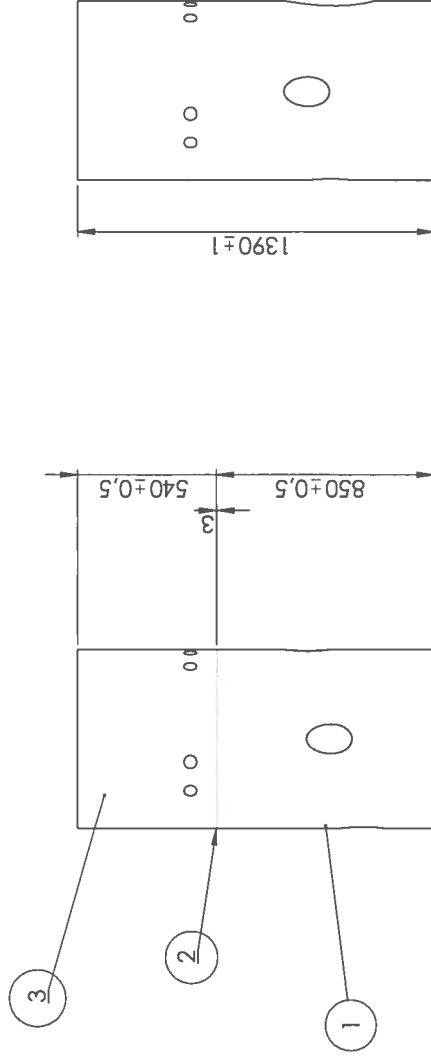
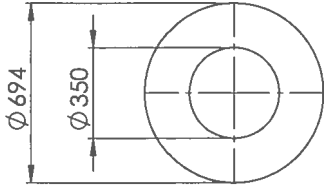
Juuri 141-W-B
Pintapalko 111

Juuri 141-W-B
Pintapalko 111



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
2	Pipe DN1200 PN10	1132 x 1220 x 1195 S235JRG2	1
1	Flange DN1200 PN10	1455 x 132 x 1220 S235JRG2	2

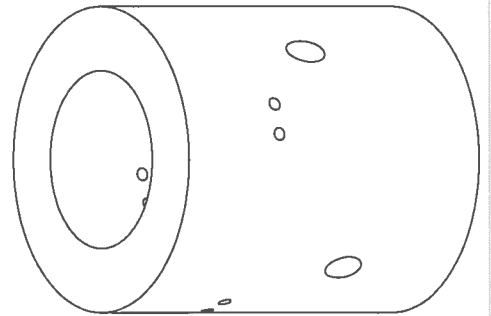
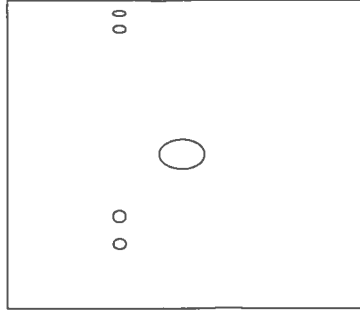
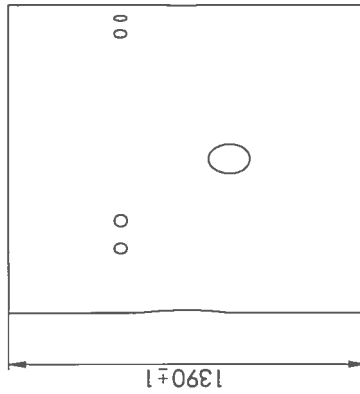
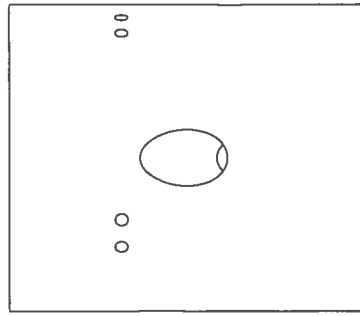
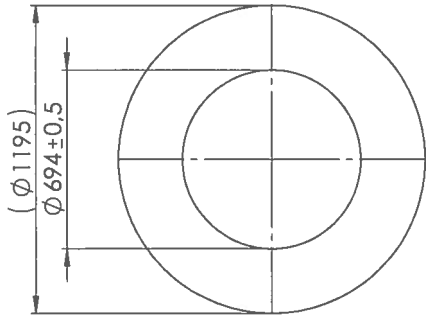
Tolerance: 13%	Customer:	Creator: M. Kolehmainen	Date:
Mass:	Project: BFB Boiler	Inspector: J. Huhtunen	Date:
Scale: 1:20	Work number:	Approval Person:	Date:
Part:	Part:	Identification number:	
Swentia UAS	Alimman segmentin yläosan runkoputki	SW011884	



Keraami valetaan runkoputken sisään rakennettuun muottiin

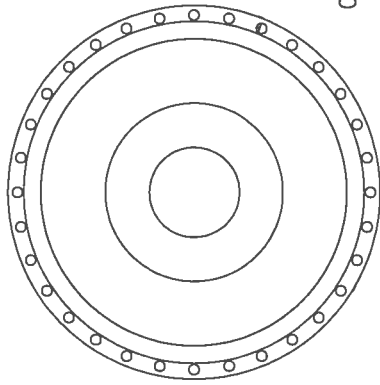
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
3	SW011344	540 x 694 x 350	1
2	SW012028	Eriste	1
1	SW011344	850 x 694 x 350	1

Tolerance: $\sqrt[12.5]{}$	Customer:	Creator: Marjaana Kolehmainen	29-10-2013
	Project: BFB Boiler	Inspector: J. Huittunen	Date
	Scale: 1:20	Work number:	Approval Person:
Part: Alirman segmentin yläosan keraami		Identification number: SW011344	



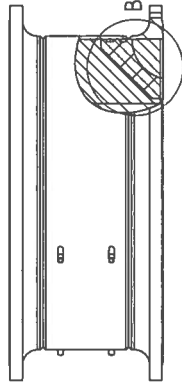
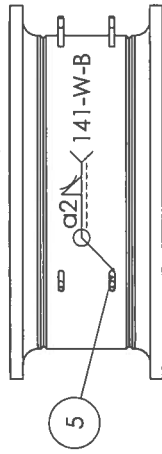
Eristemassa valetaan keraamin ja
runkopuikien väliin

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	SW012347	Eristemassa	1
Tolerance: 12,5/		Creator: M. Kolehmainen	29-10-2013
Customer:		Inspector: J. Huhtunen	Date
Mass:		Approval Person:	Date
Scale: 1:20		Identification number:	
Part: Alirman segmentin yläosan eristemassa			
Savonkia UAS			

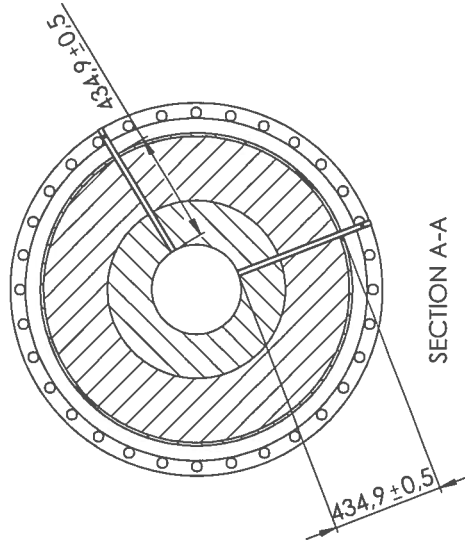
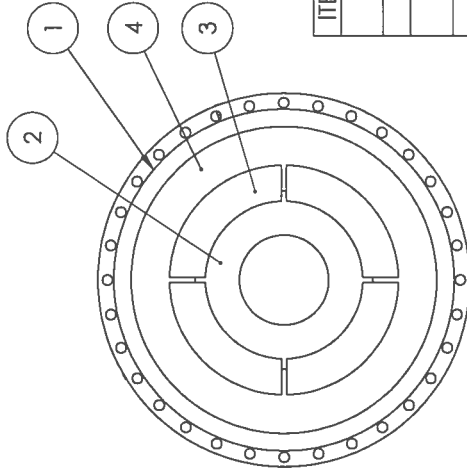
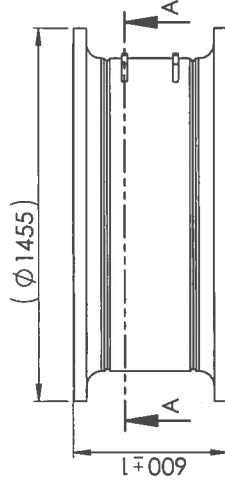
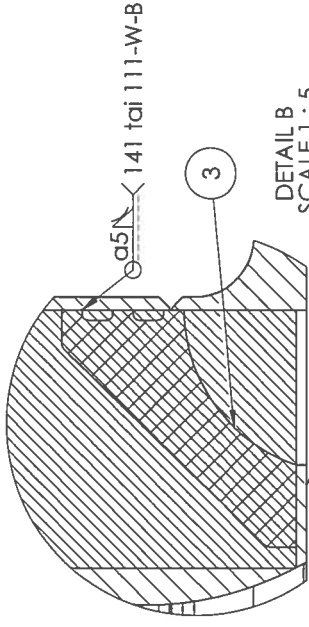


0+0,5
+0

Huom: Toleranssi runkoputken sisäpuolelle,
ei saa tulla laipan pinnan ykköpuolelle



DETAIL B
SCALE 1 : 5



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	SW012474	600 x 1455 x 1195 S235JRG2	1
2	SW012473	590 x 694 x 350 587 x 587	1
3	SW012039	S235JRG2	4
4	SW012134	590 x 1195 x 694	1
5	SW012966	555 x 21,3 x 17,3 1,4828	4

Tolerance: $\frac{12,5}{\sqrt{\quad}}$

Customer:

Creator: M.
Kolehmainen

26-11-2013



Mass:

Project: BFB Boiler

Inspector: J. Huhtunen

Date

Scale: 1:10

Approval Person:

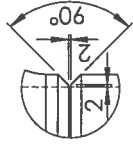
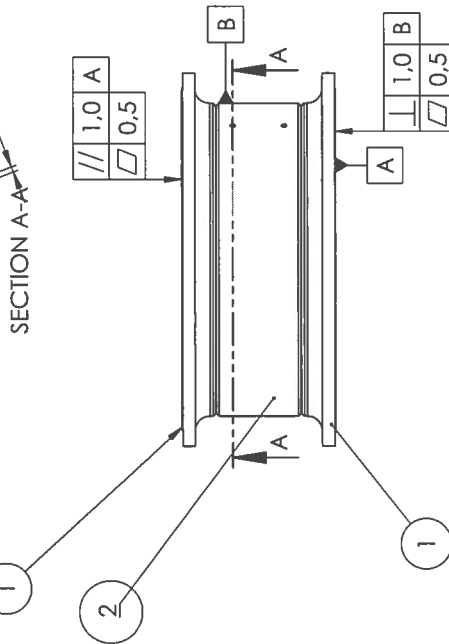
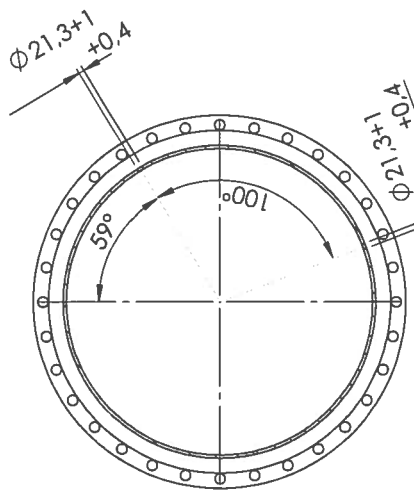
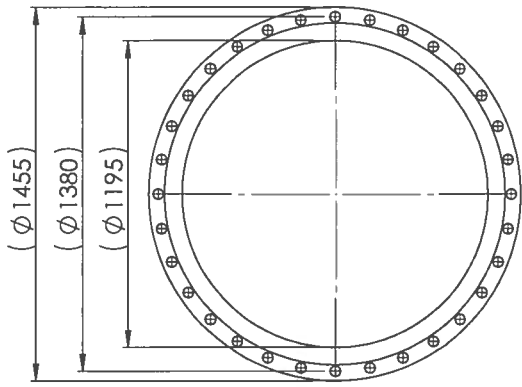
Date

Identification number:

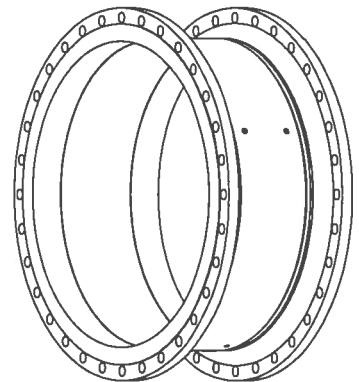
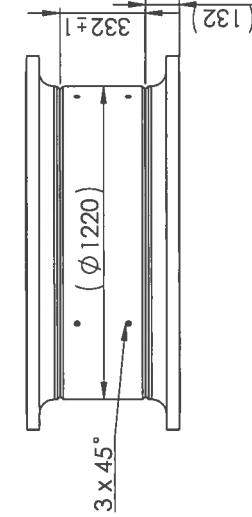
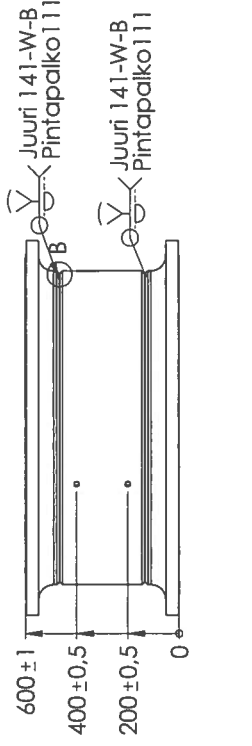
SW012484

Part:
Alirman segmentin
alaosan kokoonpano

Savonia UAS

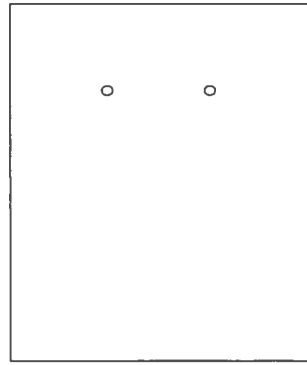
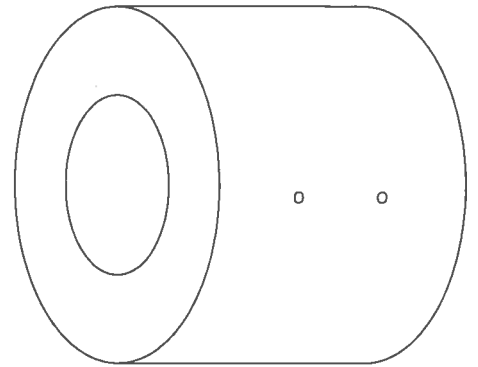
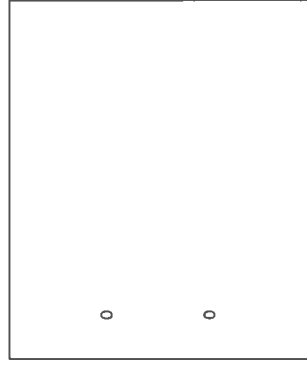
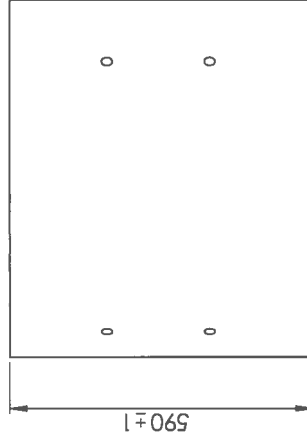
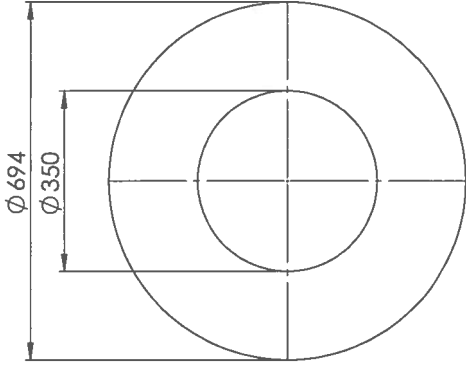


DETAIL B
SCALE 1 : 5



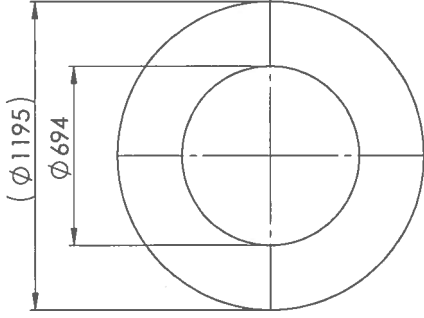
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
2	Pipe DN1200PN10	1200 x 332 x 1195 S235JRG2	1
1	Flange DN1200 PN10	1455 x 132 x 1195 S235JRG2	2

Tolerance: 1.25	Customer:	Creator: M. Kolehmainen	Date: 29-10-2013
Mass:	Project: BFB boiler	Inspector: J. Huftunen	Date
Scale: 1:10	Work number:	Approval Person:	Date
Part:	Alimma segmentin alaosan tunkoputki	Identification number:	SW012474



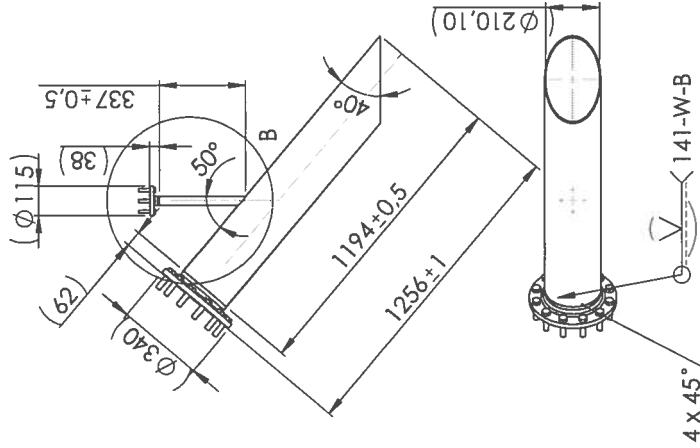
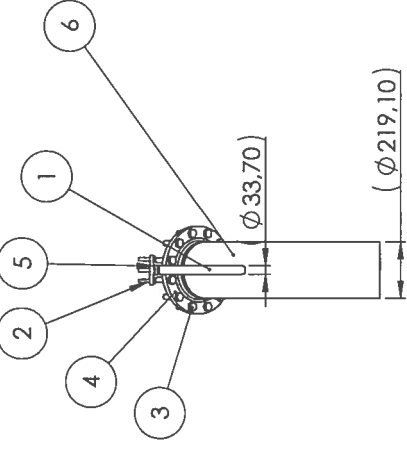
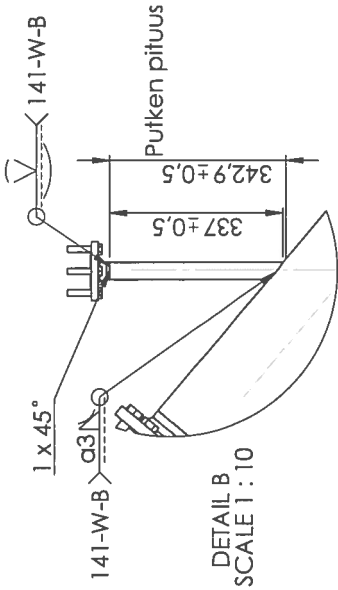
Keraami valetaan
runkoputken sisälle
rakennettuun muottiin

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	SW012473	590 x 694 x 350	1
Tolerance: $\frac{12.5}{\nabla}$		Creator: M. Kolehmainen	29-10-2013
		Inspector: J. Huittunen	Date
Mass:	Project: BFB Boiler	Approval Person:	Date
Scale: 1:10	Work number:	Identification number:	
Part: A limman segmentin alaosan keraami		SW012473	
Savonia UAS			



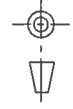
Eristemassa valetaan keraamin ja
runkopuikien väliin

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	SW012134	590 x 1195 x 694	1
Tolerance: $\frac{12.5}{\sqrt{\quad}}$		Creator: M. Kolehmainen	29-10-2013
Mass:		Inspector: J. Huttunen	Date
Scale: 1:20		Approval Person:	Date
Part: Alirman segmentin alaosan eristemassa		Identification number: SW012134	
Savonic UAS			



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	X_Air nozzle of the fuel feeder-tube	332,9 x 33,7 1,4828	1
2	X_Boit M12x60 ISO 4018	S235GRG2	4
3	X_Boit M20x80 ISO 4018	S235JRG2	12
4	X_DN200_Flange_PN 16 v001	310 x 210,3 x 62 1,4828	1
5	X_DN25_flange_PN 16 v002	Flange25PN16 38 x 115 x 33,4 1,4828	1
6	X_Fuelfeeder tube_v002	1256 x 219,1 1,4828	1

Tolerance: $\frac{12,5}{\nabla}$



Customer:

Creator: M. Kolehmainen

26-11-2013

Project: BFB Boiler

Inspector: J. Huftunen

Date

Scale: 1:10

Approval Person:

Date

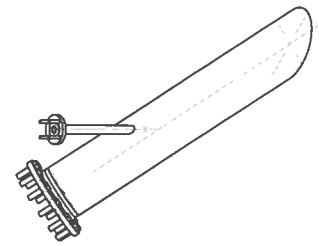
Part:

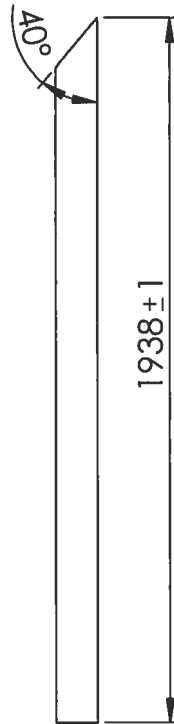
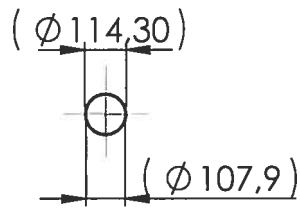
Identification number:

SW013060

Savonia UAS

Polttoaineensyöttöputki





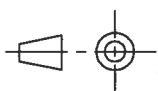
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	SW013064	PipeDNT00PN16 1938 x 114,3 x 107,7 1.4828	1

Tolerance: $\frac{12.5}{\nabla}$

Customer:

Creator: M.
Kolehmainen

26-11-2013



Mass:

Project: BFB Boiler

Inspector: J. Huttunen

Date

Scale: 1:10

Work number:

Approval Person:

Date

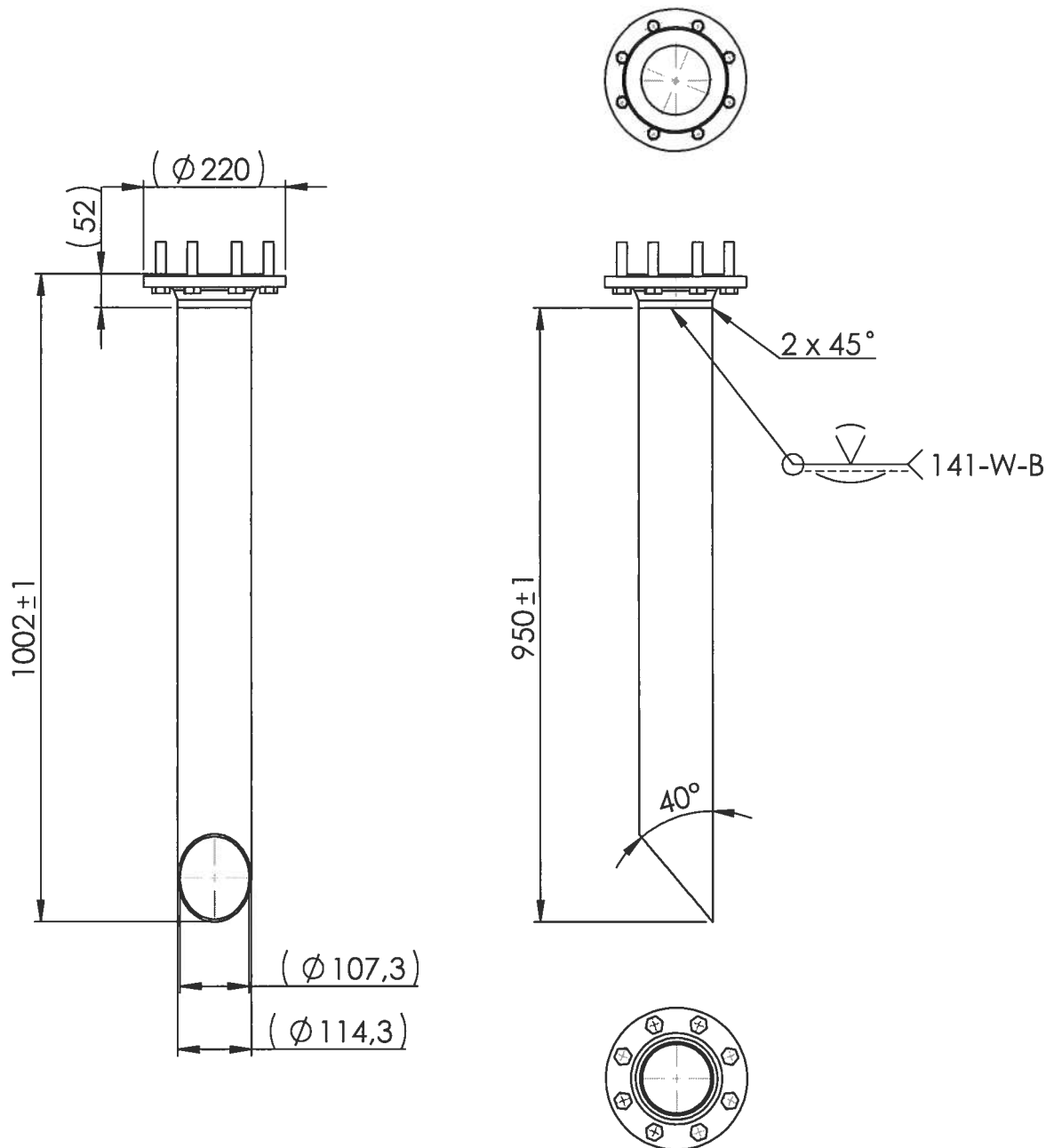
Part:

Näkölasiinputki

Identification number:

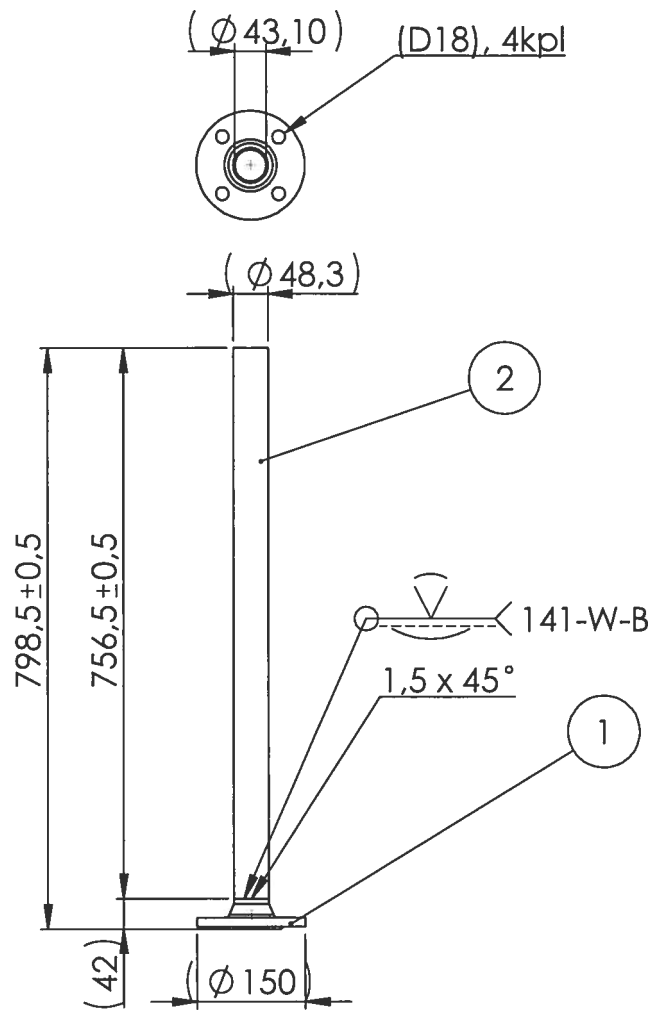
SW013064

Savonia UAS



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	SW012151	PipeDN100PN16 950 x 114,3 x 107,3 1.4828	1
2	x_Bolt M16x70 ISO 4018	S235JRG2	8
3	x_DN100_Flange_PN 16_v001	FlangeDN100PN16 220 x 52 x 107,9 1.4828	1

Tolerance: $\sqrt[12.5]{}$		Customer:	Creator: M. Kolehmainen	26-11-2013
	Mass:	Project: BFB Boiler	Inspector: J. Huttunen	Date
	Scale: 1:10	Work number:	Approval Person:	Date
Savonia UAS		Part: Hiekansyöttöputki	Identification number: SW013062	



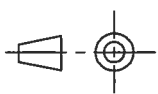
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	x_DN40_Flange_PNT6_v001	Flange40PNT6 42x 48,26 x 43,1 1.4828	4
2	SW012891	PipeDN40PNT6 798,5 x 48,26x43,1 1.4828	4

Tolerance: $\sqrt{12.5}$

Customer:

Creator: M. Kolehmainen

326-11-2013



Mass:

Project: BFB Boiler

Inspector: J. Huttunen

Date

Scale: 1:10

Work number:

Approval Person:

Date

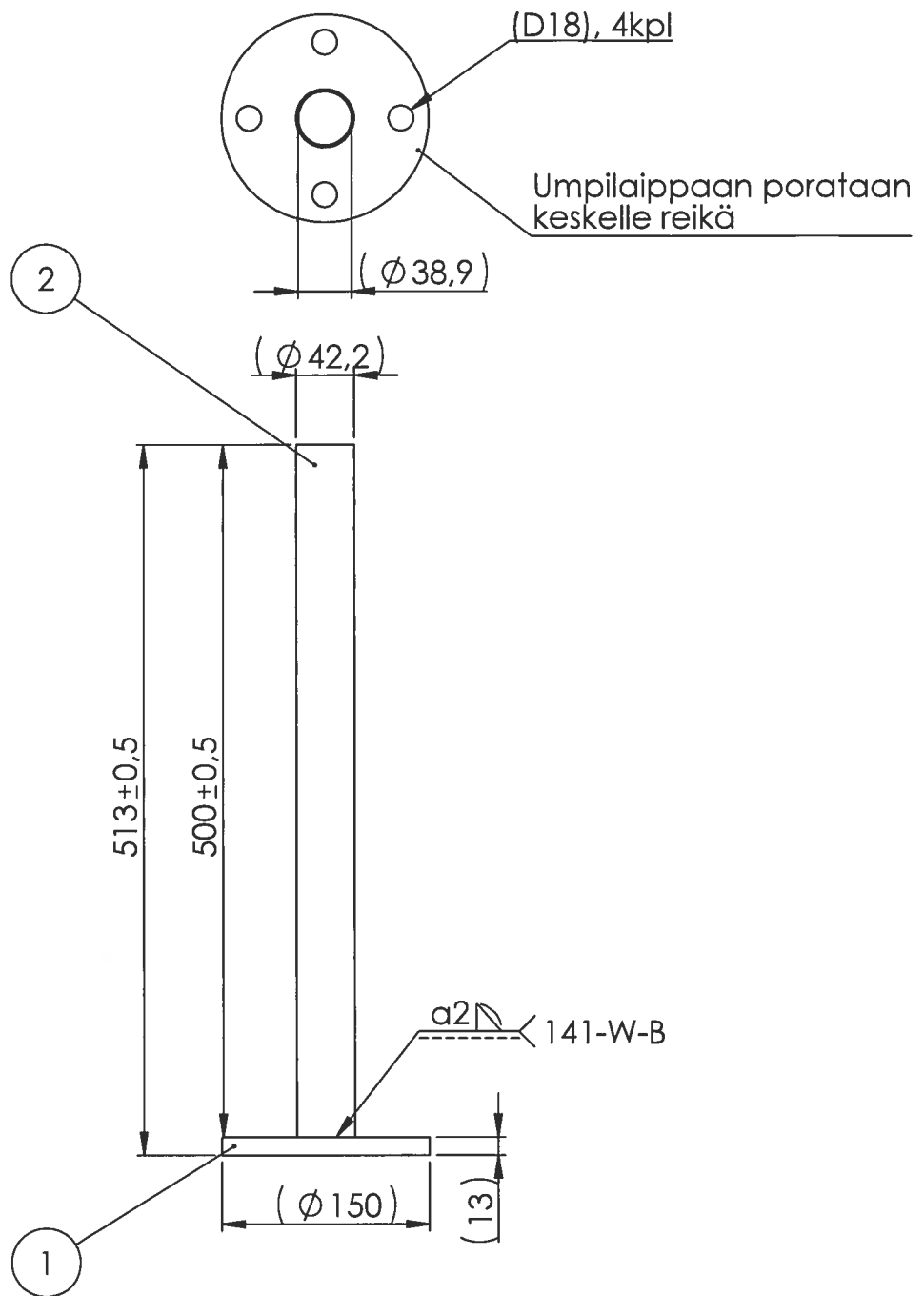
Savonia UAS

Part:

Ilmansyöttöputki DN40

Identification number:

SW012840



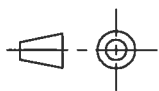
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	SW012939	DN32PNT16 513 x 150 x 42,2 1.4301	4
2	SW012940.sldprtDN32	Spade40PN16 500x 42,16x38,86 1.4301	4

Tolerance: $\frac{12.5}{\sqrt{\quad}}$

Customer:

Creator: M.
Kolehmainen

26-11-2013



Mass:

Project: BFB Boiler

Inspector: J. Huttunen

Date

Scale: 1:10

Work number:

Approval Person:

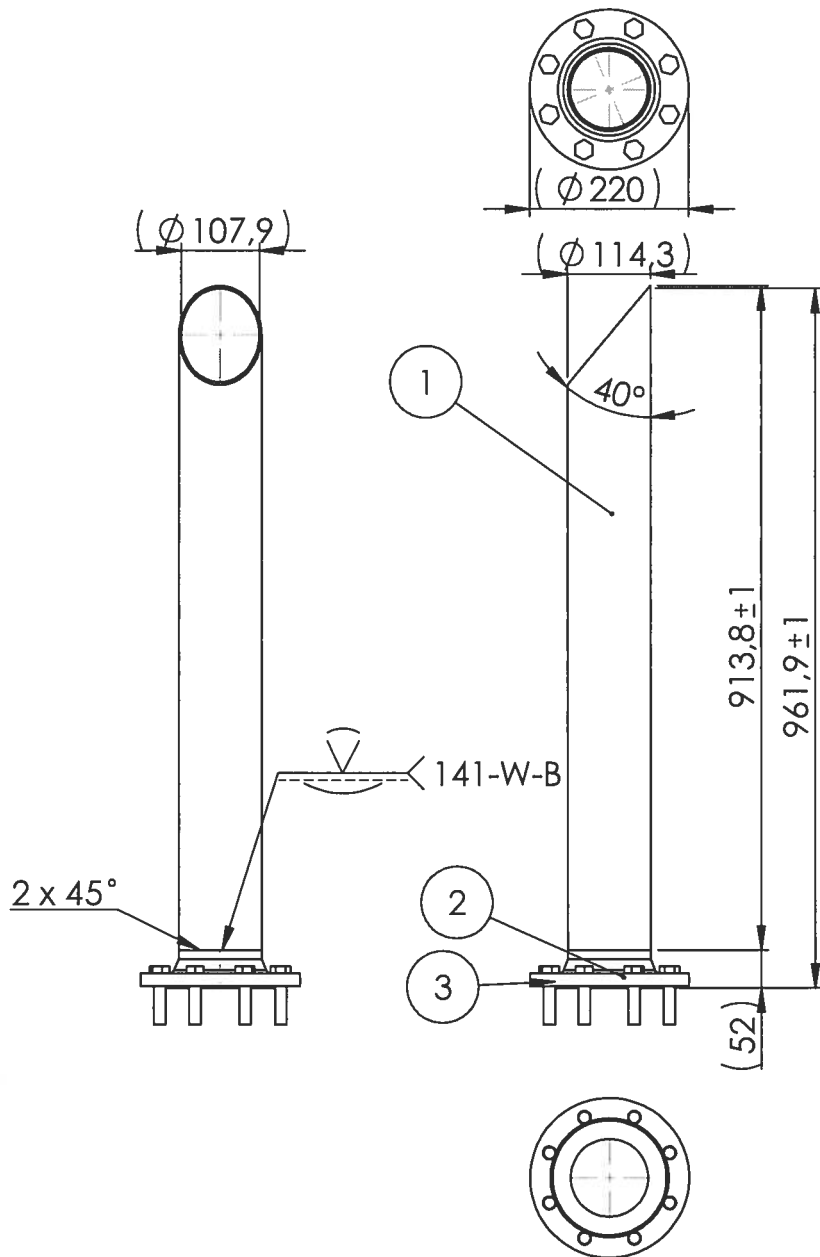
Date

Part:

Suutinputki DN32

Identification number:

SW012941



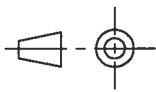
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	x_öljypoltinputki	PipeDN100PN16 113,8 x 114,3 x 107,9 1.4828	1
2	x_DN100_Flange_PN16_v001	FlangeDN100PN16 220 x 52 x 107,9 1.4828	1
3	x_Bolt M16x70 ISO 4018	S235JRG2	8

Tolerance: $\frac{12.5}{\nabla}$

Customer:

Creator: M. Kolehmainen

26-11-2013



Mass:

Project: BFB Boiler

Inspector: J. Huttunen

Date

Scale: 1:10

Work number:

Approval Person:

Date

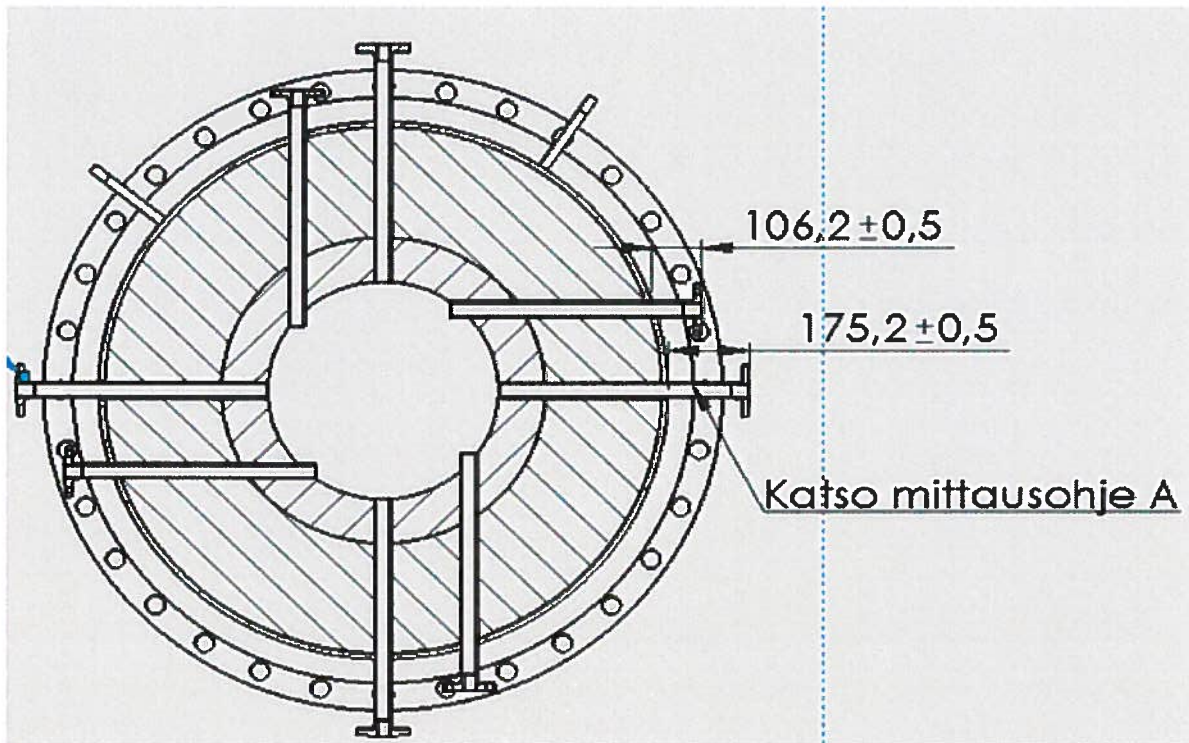
Part:
Öljypoltinputki

Identification number:
SW013061

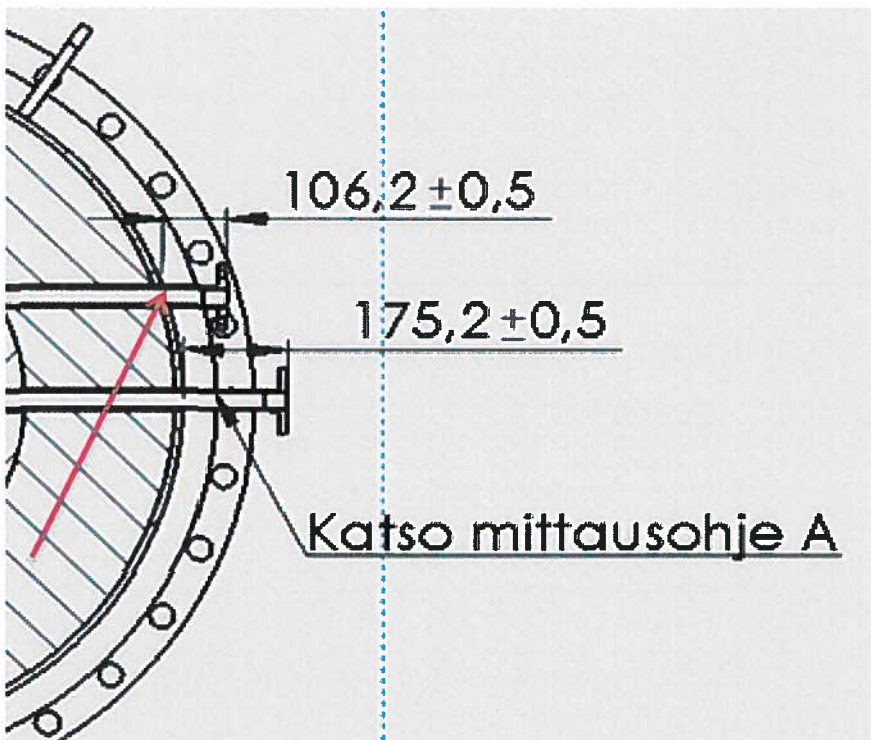
Savonia UAS

LIITE 5

MITTAUSOHJE A

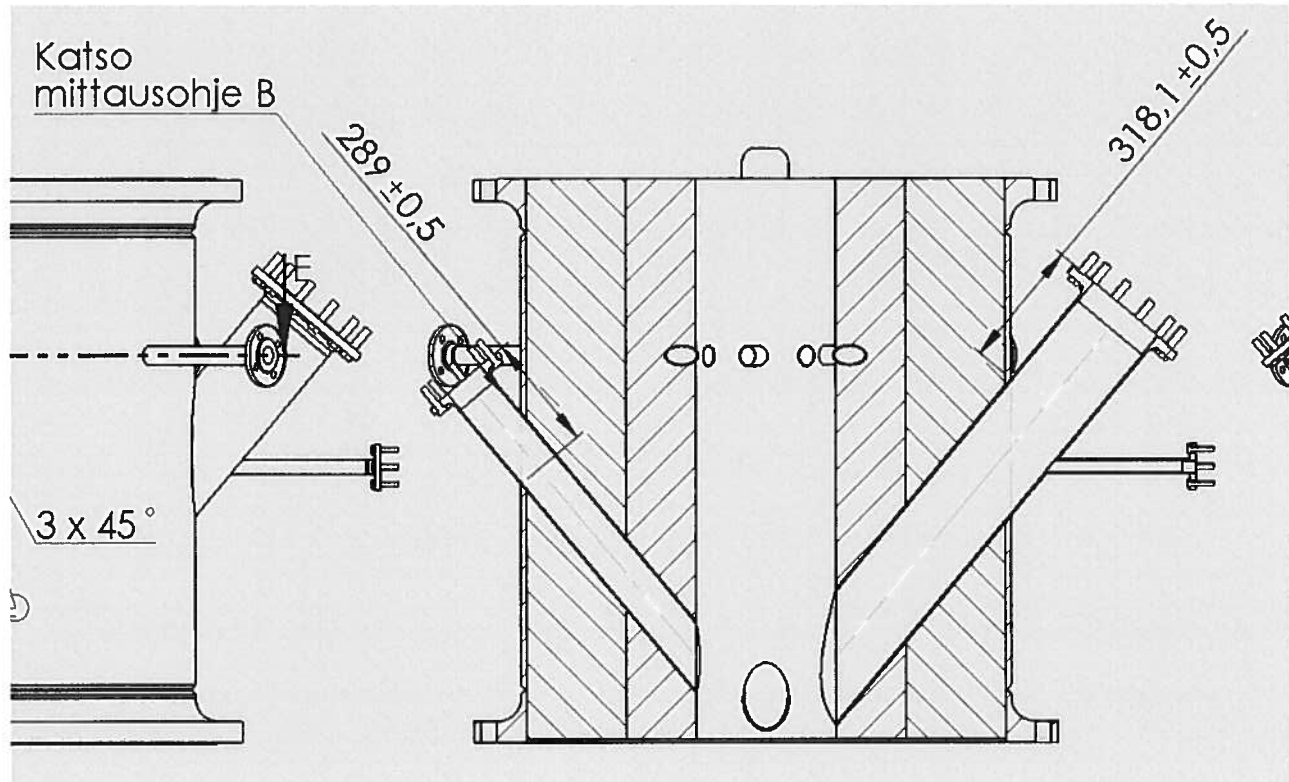


Mitataan laipan pinnasta runkoputken ulkopintaan ilmasyöttöputken pidemmäksi jäävää sivua pitkin mittaviivan osoittamasta kohdasta.

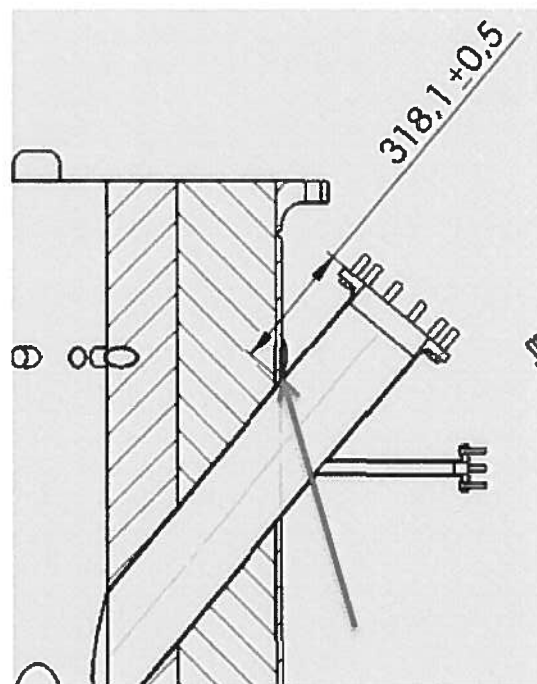


LIITE 6

MITTAUSOHJE B



Mitataan laipan pinnasta runkoputken ulkopintaan suoraan yhdeputken lyhyemmäksi jäävää sivua pitkin mittaviivan osoittamasta kohdasta.





TECHNICAL DATA

CALDE™ FLOW LF 50 A

PRODUCT TYPE	: Alumina - Silica product
	: Low cement castable
PRE Class & group	: Class I - Group 140
VDEh Code	: 00 1 3 10 50 24 45
Maximum recommended temperature	: 1500°C
Main component	: Chamotte
Type of bond	: Hydraulic
Appearance	: Dry
Packaging	: Sacks
Shelf life	: 6 months in temperate conditions
Installation method	: Self-flowing
Maximum grain size	: 10 mm
Material required	: 2.40 T/m ²
Drinking water required for mixing on site	: 6.0 / 6.8 litres per 100 kg of dry material
	: to be adjusted for desired consistency
Guidelines	: Installation Nr 6

PRODUCT PROPERTIES	STANDARD	AVERAGE VALUES	UNITS
CHEMICAL ANALYSIS			
Calced basis			
Al ₂ O ₃	EN 1402-3	53.0	%
SiO ₂	EN 1402-3	44.4	%
CaO	EN 1402-3	1.5	%
Fe ₂ O ₃	EN 1402-3	0.5	%
PHYSICAL PROPERTIES			
Measured on samples prepared according to			
	EN 1402-5		-
Bulk density			
after drying at 110 °C	EN 1402-6	2.40	g/cm ³
after firing at 800 °C	EN 1402-6	2.36	g/cm ³
Cold crushing strength			
after drying at 110 °C	EN 1402-6	65	MPa
after firing at 1000 °C	EN 1402-6	100	MPa
after firing at 1200 °C	EN 1402-6	160	MPa
Permanent linear change			
after firing at 1000 °C	EN 1402-6	-0.1	%
after firing at 1200 °C	EN 1402-6	-0.2	%
after firing at 1480 °C	EN 1402-6	+0.6	%
Thermal conductivity			
at a mean temperature of 800 °C	EN.993-15	1.45	W/mK
at a mean temperature of 1000 °C	EN.993-15	1.47	W/mK
at a mean temperature of 1200 °C	EN.993-15	1.58	W/mK

Commercial Code : MAL50084

Version : 3

Date : 24.03.2009 (D/M/Y)

The data are current production averages. They cannot be used as limits for a specification.

x

TECHNICAL DATA

CALDE™ CAST XL 116 C/G

PRODUCT TYPE	: Alumina - Silica product
	: Insulating castable
PRE Class & group	: Class II - Group 110 L
VDEh Code	: 2 0 1 3 88 30 07 10
Maximum recommended temperature	: 1160°C
Main component	: Insulating Chamotte, Vermiculite
Type of bond	: Hydraulic
Appearance	: Dry
Packaging	: Sacks
Shelf life	: 1 year in temperate conditions
Installation method	: Rodding , minimum vibration , Gunning
Maximum grain size	: 4 mm
Material required	:
casting	: 0.73 T/m ³
gunning	: 1.10 T/m ³ (Rebound included)
Water required for mixing on site	:
Casting	: 62.0 / 72.0 litres per 100 kg of dry material
	: to be adjusted for desired consistency
gunning	: Added at the nozzle
Guidelines	: Installation Nr 9

PRODUCT PROPERTIES	STANDARD	AVERAGE VALUES		UNITS
		Cast	Gunned	
<u>CHEMICAL ANALYSIS</u>				
Calcined basis				
SiO ₂	EN 1402-3	31.0		%
Al ₂ O ₃	EN 1402-3	31.0		%
CaO	EN 1402-3	22.0		%
Fe ₂ O ₃	EN 1402-3	7.0		%
<u>PHYSICAL PROPERTIES</u>				
<u>Measured on samples prepared according to</u>				
	-	EN1402	CALD010	-
<u>Bulk density</u>				
after drying at 110 °C	EN 1402-6	0.81	1.05	g/cm ³
after firing at 800 °C	EN 1402-6	0.72	0.94	g/cm ³
<u>Cold crushing strength</u>				
after drying at 110 °C	EN 1402-6	3.5	4.5	MPa
after firing at 500°C	EN 1402-6	3	4	MPa
after firing at 800 °C	EN 1402-6	2.8	3.5	MPa
after firing at 1000 °C	EN 1402-6	1.9	2.5	MPa
<u>Permanent linear change</u>				
after firing at 500 °C	EN 1402-6	-0.55	-0.60	%
after firing at 800 °C	EN 1402-6	-0.6	-0.8	%
after firing at 1000 °C	EN 1402-6	-1.4	-1.5	%
<u>Thermal conductivity</u>				

at a mean temperature of 500 °C	EN.993-15	0.19	0.22	W/mK
at a mean temperature of 800 °C	EN.993-15	0.23	0.25	W/mK
at a mean temperature of 1000 °C	EN.993-15	0.25	0.26	W/mK
<u>Reversible thermal expansion after firing at 1000°</u>	-	0.56	0.56	%

C

Commercial Code : MA130067 Version : 4

Date : 30.06.2008 (D/M/Y)

The data are current production averages. They cannot be used as limits for a specification.

CALDERYS FINLAND OY
 Timmermäntie 19A SF-01680 Vantaa
 Tel: +358 9 854 5060 - Fax: +358 9 852 1641

LIITE 9

SEGMENTTIEN LÄMPÖLAAJENEMISLASKELMAT

1000 °C		1200 °C		1480 °C					
-0,001		-0,002		0,006					
1. Ylin segmentti									
(Al₂O₃) 53 %, (SiO₂) 44,4 %, (CaO) 1,5 %, (Fe₂O₃) 0,5 %									
Yhteen paikka	Yhteen d 20°C	Yhteen lämpöl.	d:n lämpöl. 1000	Yhteen lämpöl.	d:n lämpöl. 1200	Yhteen lämpöl.	d:n lämpöl. 1480	D	lämpöl. 1480°C
1675	-	-1,675		-3,35		10,05		694	4,164
		0		0		0		494	2,964
1438	22,6	-1,438	-0,0226	-2,876	-0,0452	8,628	0,1356		
1290	89,9	-1,29	-0,0899	-2,58	-0,1798	7,74	0,5394		
1248	355,6	-1,248	-0,3556	-2,496	-0,7112	7,488	2,1336		
1088	22,3	-1,088	-0,0223	-2,176	-0,0446	6,528	0,1338		
849,5	219,1	-0,8495	-0,2191	-1,699	-0,4382	5,097	1,3146		
738	22,6	-0,738	-0,0226	-1,476	-0,0452	4,428	0,1356		
552,5	34,4	-0,5525	-0,0344	-1,105	-0,0688	3,315	0,2064		
388	22,6	-0,388	-0,0226	-0,776	-0,0452	2,328	0,1356		

1000 °C		1200 °C		1480 °C					
-0,0001		-0,0002		0,0006					
2. Ylin segmentti									
(Al₂O₃) 53 %, (SiO₂) 44,4 %, (CaO) 1,5 %, (Fe₂O₃) 0,5 %									
Yhteen paikka	Yhteen d 20°C	Yhteen lämpöl.	d:n lämpöl. 1000	Yhteen lämpöl.	d:n lämpöl. 1200	Yhteen lämpöl.	d:n lämpöl. 1480	D	lämpöl. 1480°C
2000	-	-2		-4		12		694	4,164
1805	43,3	-1,805		-3,61		10,83		494	2,964
1746	22,6	-1,746	-0,0226	-3,492	-0,0452	10,476	0,1356		
1287,5	43,3	-1,2875	-0,0433	-2,575	-0,0866	7,725	0,2598		
1246	26,9	-1,246	-0,0269	-2,492	-0,0538	7,476	0,1614		
1120	88,9	-1,12	-0,0889	-2,24	-0,1778	6,72	0,5334		
746	22,6	-0,746	-0,0226	-1,492	-0,0452	4,476	0,1356		
500	219,1	-0,5	-0,2191	-1	-0,4382	3	1,3146		
246	22,6	-0,246	-0,0226	-0,492	-0,0452	1,476	0,1356		

1000 °C		1200 °C		1480 °C					
-0,0001		-0,0002		0,0006					
3. Ylin segmentti									
(Al₂O₃) 53 %, (SiO₂) 44,4 %, (CaO) 1,5 %, (Fe₂O₃) 0,5 %									
Yhteen paikka	Yhteen d 20°C	Yhteen lämpöl.	d:n lämpöl. 1000	Yhteen lämpöl.	d:n lämpöl. 1200	Yhteen lämpöl.	d:n lämpöl. 1480	D	lämpöl. 1480°C
2000	-	-2		-4		12		694	4,164
1750	22,6	-1,75		-3,5		10,5		494	2,964
1600	323,9	-1,6	-0,3239	-3,2	-0,6478	9,6	1,9434		
1500	88	-1,5	-0,088	-3	-0,176	9	0,528		
1250	22,6	-1,25	-0,0226	-2,5	-0,0452	7,5	0,1356		
1205	43,2	-1,205	-0,0432	-2,41	-0,0864	7,23	0,2592		
750	22,6	-0,75	-0,0226	-1,5	-0,0452	4,5	0,1356		
605	43,2	-0,605	-0,0432	-1,21	-0,0864	3,63	0,2592		
250	22,6	-0,25	-0,0226	-0,5	-0,0452	1,5	0,1356		

1000 °C		1200 °C		1480 °C					
-0,0001		-0,0002		0,0006					
Alin segmentti yläosa									
(Al₂O₃) 53 %, (SiO₂) 44,4 %, (CaO) 1,5 %, (Fe₂O₃) 0,5 %									
Yhteen paikka	Yhteen d 20°C	Yhteen lämpöl.	d:n lämpöl. 1000	Yhteen lämpöl.	d:n lämpöl. 1200	Yhteen lämpöl.	d:n lämpöl. 1480	D	lämpöl. 1480°C
1400	-	-1,4		-2,8		8,4		694	4,164
961	43,3	-0,961		-1,922		5,766		494	2,964
831	114,3	-0,831	-0,1143	-1,662	-0,2286	4,986	0,6858		
725	219,1	-0,725	-0,2191	-1,45	-0,4382	4,35	1,3146		
725	114,3	-0,725	-0,1143	-1,45	-0,2286	4,35	0,6858		
549	114,4	-0,549	-0,1144	-1,098	-0,2288	3,294	0,6864		

Alin segmentti alaosa									
(Al₂O₃) 53 %, (SiO₂) 44,4 %, (CaO) 1,5 %, (Fe₂O₃) 0,5 %									
Yhteen paikka	Yhteen d 20°C	Yhteen lämpöl.	d:n lämpöl. 1000	Yhteen lämpöl.	d:n lämpöl. 1200	Yhteen lämpöl.	d:n lämpöl. 1480	D	lämpöl. 1480°C
600	-	-0,6		-1,2		3,6		694	4,164
400	22,6	-0,4		-0,8		2,4		494	2,964
200	22,6	-0,2	-0,0226	-0,4	-0,0452	1,2	0,1356		

400 °C		1,20E-05			
S235JRG2					
Yhteen paikka	Yhteen d 20°C	Korkeus.lämpöl. 400°C	yhteen lämpö.l	Yhteen paikka 400°	Yhteen D 400°C
1675	-	8,04		1683,04	
		0,00		0,00	
1438	22,6	6,90	0,11	1444,90	22,71
1290	89,9	6,19	0,43	1296,19	90,33
1248	355,6	5,99	1,71	1253,99	357,31
1088	22,3	5,22	0,11	1093,22	22,41
849,5	219,1	4,08	1,05	853,58	220,15
738	22,6	3,54	0,11	741,54	22,71
552,5	34,4	2,65	0,17	555,15	34,57
388	22,6	1,86	0,11	389,86	22,71

S235JRG2					
Yhteen paikka	Yhteen d 20°C	Korkeus.lämpöl. 400°C	yhteen lämpö.l	Yhteen paikka 400°	Yhteen D 400°C
2000	-	9,60		2009,60	
1805	43,3	8,66	0,21	1813,66	43,51
1746	22,6	8,38	0,11	1754,38	22,71
1287,5	43,3	6,18	0,21	1293,68	43,51
1246	26,9	5,98	0,13	1251,98	27,03
1120	88,9	5,38	0,43	1125,38	89,33
746	22,6	3,58	0,11	749,58	22,71
500	219,1	2,40	1,05	502,40	220,15
246	22,6	1,18	0,11	247,18	22,71

S235JRG2					
Yhteen paikka	Yhteen d 20°C	Korkeus.lämpöl. 400°C	yhteen lämpö.l	Yhteen paikka 400°	Yhteen D 400°C
2000	-	9,60		2009,60	
1750	22,6	8,40	0,11	1758,40	22,71
1600	323,9	7,68	1,55	1607,68	325,45
1500	88	7,20	0,42	1507,20	88,42
1250	22,6	6,00	0,11	1256,00	22,71
1205	43,2	5,78	0,21	1210,78	43,41
750	22,6	3,60	0,11	753,60	22,71
605	43,2	2,90	0,21	607,90	43,41
250	22,6	1,20	0,11	251,20	22,71

S235JRG2					
Yhteen paikka	Yhteen d 20°C	Korkeus.lämpöl. 400°C	yhteen lämpö.l	Yhteen paikka 400°	Yhteen D 400°C
1400	-	6,72		1406,72	
961	43,3	4,61	0,21	965,61	43,51
831	114,3	3,99	0,55	834,99	114,85
725	219,1	3,48	1,05	728,48	220,15
725	114,3	3,48	0,55	728,48	114,85
549	114,4	2,64	0,55	551,64	114,95

S235JRG2					
Yhteen paikka	Yhteen d 20°C	Korkeus.lämpöl. 400°C	yhteen lämpö.l	Yhteen paikka 400°	Yhteen D 400°C
600	-	2,88		602,88	
400	22,6	1,92	0,11	401,92	24,52
200	22,6	0,96	0,11	200,96	23,56

pittuuden muu 36,84 mm

1000 °C	-0,015
800 °C	-0,008
500 °C	-0,006

eristemassa

Yhteen paikka	Yhteen d 20°C	Korkeus.lämpöl. 1000°C	D 1000°C	Korkeus.lämpöl. 800°C	D 800°C	Korkeus.lämpöl. 500°C	D 500°C
1675	-	-25,125		-13,4		-10,05	
				0		0	
1438	22,6	-21,57	-0,339	-11,504	0,17256	-8,628	-0,1356
1290	89,9	-19,35	-1,3485	-10,32	0,1548	-7,74	-0,5394
1248	355,6	-18,72	-5,334	-9,984	0,14976	-7,488	-2,1336
1088	22,3	-16,32	-0,3345	-8,704	0,13056	-6,528	-0,1338
849,5	219,1	-12,7425	-3,2865	-6,796	0,10194	-5,097	-1,3146
738	22,6	-11,07	-0,339	-5,904	0,08856	-4,428	-0,1356
552,5	34,4	-8,2875	-0,516	-4,42	0,0663	-3,315	-0,2064
388	22,6	-5,82	-0,339	-3,104	0,04656	-2,328	-0,1356

eristemassa

Yhteen paikka	Yhteen d 20°C	Korkeus.lämpöl. 1000°C	D 1000°C	Korkeus.lämpöl. 800°C	D 800°C	Korkeus.lämpöl. 500°C	D 500°C
2000	-	-30		-16		-12	
1805	43,3	-27,075	-0,6495	-14,44	-0,3464	-10,83	-0,2598
1746	22,6	-26,19	-0,339	-13,968	-0,1808	-10,476	-0,1356
1287,5	43,3	-19,3125	-0,6495	-10,3	-0,3464	-7,725	-0,2598
1246	26,9	-18,69	-0,4035	-9,968	-0,2152	-7,476	-0,1614
1120	88,9	-16,8	-1,3335	-8,96	-0,7112	-6,72	-0,5334
746	22,6	-11,19	-0,339	-5,968	-0,1808	-4,476	-0,1356
500	219,1	-7,5	-3,2865	-4	-1,7528	-3	-1,3146
246	22,6	-3,69	-0,339	-1,968	-0,1808	-1,476	-0,1356

eristemassa

Yhteen paikka	Yhteen d 20°C	Korkeus.lämpöl. 1000°C	D 1000°C	Korkeus.lämpöl. 800°C	D 800°C	Korkeus.lämpöl. 500°C	D 500°C
2000	-	-30		-16		-12	
1750	22,6	-26,25	-0,339	-14	-0,1808	-10,5	-0,1356
1600	323,9	-24	-4,8585	-12,8	-2,5912	-9,6	-1,9434
1500	88	-22,5	-1,32	-12	-0,704	-9	-0,528
1250	22,6	-18,75	-0,339	-10	-0,1808	-7,5	-0,1356
1205	43,2	-18,075	-0,648	-9,64	-0,3456	-7,23	-0,2592
750	22,6	-11,25	-0,339	-6	-0,1808	-4,5	-0,1356
605	43,2	-9,075	-0,648	-4,84	-0,3456	-3,63	-0,2592
250	22,6	-3,75	-0,339	-2	-0,1808	-1,5	-0,1356

eristemassa

Yhteen paikka	Yhteen d 20°C	Korkeus.lämpöl. 1000°C	D 1000°C	Korkeus.lämpöl. 800°C	D 800°C	Korkeus.lämpöl. 500°C	D 500°C
1400	-	-21		-11,2		-8,4	
961	43,3	-14,415	-0,6495	-7,688	-0,3464	-5,766	-0,2598
831	114,3	-12,465	-1,7145	-6,648	-0,9144	-4,986	-0,6858
725	219,1	-10,875	-3,2865	-5,8	-1,7528	-4,35	-1,3146
725	114,3	-10,875	-1,7145	-5,8	-0,9144	-4,35	-0,6858
549	114,4	-8,235	-1,716	-4,392	-0,9152	-3,294	-0,6864

eristemassa

Yhteen paikka	Yhteen d 20°C	Korkeus.lämpöl. 1000°C	D 1000°C	Korkeus.lämpöl. 800°C	D 800°C	Korkeus.lämpöl. 500°C	D 500°C
600	-	-9		-4,8		-3,6	
400	22,6	-6	-0,339	-3,2	-0,1808	-2,4	-0,1356
200	22,6	-3	-0,339	-1,6	-0,1808	-1,2	-0,1356

LIITE 10

SEGMENTTIEN LÄMPÖLAAJENEMISLASKELMAT lämpötilaprofiilin stabilointielementillä

Ylin segmentti		Lämmitys/jäähdytyslementti						
Ruostumaton teräs								
Yhteen paikka 20 °C	Yhteen d 20 °C	Lämpölaajeneminen	Yhteen paikka 830°C	Reiän lmp.l	Yhteen D	Φ	lämp.l.Φ	Yht.Φ
1669	-	23,97	1692,97			603,7	8,67	612,37
1469	165	21,09	1490,09	2,37	167,37	610	8,76	618,76
1437,5	26,9	20,64	1458,14	0,39	27,29	704,7	10,12	714,82
1287,5	114,3	18,49	1305,99	1,64	115,94	711	10,21	721,21
1137,5	26,9	16,33	1153,83	0,39	27,29			
1120	250	16,08	1136,08	3,59	253,59			
837,5	26,9	12,03	849,53	0,39	27,29			
687,7	219,1	9,87	697,57	3,15	222,25			
687,5	26,9	9,87	697,37	0,39	27,29			
387,5	26,9	5,56	393,06	0,39	27,29			
287,5	76,1	4,13	291,63	1,09	77,19			
250	165	3,59	253,59	2,37	167,37			

2. Alin segmentti		Lämmitys/jäähdytyslementti						
Ruostumaton teräs								
Yhteen paikka 20°C	Yhteen d	Lämpölaajeneminen	Yhteen paikka 830°C	Reiän lmp.l	Yhteen D	Φ	lämp.l.Φ	Yht.Φ
1994	-	28,63	2022,63			603,7	8,67	612,37
1794	165	25,76	1819,76	2,37	167,37	610	8,76	618,76
1740	26,9	24,98	1764,98	0,39	27,29	704,7	10,12	714,82
1490	114,3	21,39	1511,39	1,64	115,94	711	10,21	721,21
1240	26,9	17,81	1257,81	0,39	27,29			
990	76,1	14,22	1004,22	1,09	77,19			
740	26,9	10,63	750,63	0,39	27,29			
490	320	7,04	497,04	4,59	324,59			
250	165	3,59	253,59	2,37	167,37			
240	26,9	3,45	243,45	0,39	27,29			

2. ylin segmentti								
Ruostumaton teräs								
Yhteen paikka 20°C	Yhteen d	Lämpölaajeneminen	Yhteen paikka 830°C	Reiän lmp.l	Yhteen D	Φ	lämp.l.Φ	Yht.Φ
1994		28,63	2022,63			603,7	8,67	612,37
1794	165	25,76	1819,76	2,37	167,37			
1740	26,9	24,98	1764,98	0,39	27,29	610	8,76	618,76
1490	114,3	21,39	1511,39	1,64	115,94	704,7	10,12	714,82
1240	26,9	17,81	1257,81	0,39	27,29	711	10,21	721,21
990	76,1	14,22	1004,22	1,09	77,19			
740	26,9	10,63	750,63	0,39	27,29			
490	273	7,04	497,04	3,92	276,92			
250	165	3,59	253,59	2,37	167,37			
240	26,9	3,45	243,45	0,39	27,29			

Ref. Lämpötila	20 C		830 C					
Lämpölaajenem	7,00E-06 m/K							
2. ylin segmentti								
Al2O3Cr2O3								
Yhteen paikka	Yhteen d	Lämpölaajeneminen mm	Yhteen paikka	Reiän lämp.l	Yhteen D	Ø	lämp.l.Ø	Yht.Ø
1994		11,59	2005,59			610	3,54	613,54
1740	26,9	10,11	1750,11	0,16	27,06	494	2,87	496,87
1490	114,3	8,66	1498,66	0,66	114,96			
1240	26,9	7,20	1247,20	0,16	27,06			
990	76,1	5,75	995,75	0,44	76,54			
740	26,9	4,30	744,30	0,16	27,06			
490	273	2,85	492,85	1,59	274,59			

Alin segmentti

Al2O3Cr2O3 Mitat millimetreinä

Yhteen paikka	Yhteen d	Lämpölaajeneminen mm	Yhteen paikka	Reiän lämp.l	Yhteen D	Ø	lämp.l.Ø	Yht.Ø
2000		11,62	2011,62			610	3,54	613,54
1750	26,9	10,17	1760,17	0,16	27,06	494	2,87	496,87
1500	60,3	8,72	1508,72	0,35	60,65			
1395,5	114,3	8,11	1403,61	0,66	114,96			
1250	26,9	7,26	1257,26	0,16	27,06			
1204	219,1	7,00	1211,00	1,27	220,37			
750	26,9	4,36	754,36	0,16	27,06			
500	26,9	2,91	502,91	0,16	27,06			
400	323,9	2,32	402,32	1,88	325,78			
250	26,9	1,45	251,45	0,16	27,06			

Al2O3Cr2O3 Mitat millimetreinä

Yhteen paikka	Yhteen d	Lämpölaajeneminen mm	Yhteen paikka	Reiän lämp.l	Yhteen D	Ø	lämp.l.Ø	Yht.Ø
1669		9,697	1678,69689			610	3,54	613,54
1437,5	26,9	8,352	1445,85	0,16	27,06	494	2,87	496,87
1287,5	114,3	7,480	1294,98	0,66	114,96			
1137,5	26,9	6,609	1144,11	0,16	27,06			
1120	250	6,507	1126,51	1,45	251,45			
837,5	26,9	4,866	842,37	0,16	27,06			
668,5	219,1	3,884	672,38	1,27				
687,5	687,5	3,994	687,5	3,99	687,5			
387,5	26,9	2,251	389,75	0,16	27,06			
287,5	76,1	1,670	289,17	0,44	76,54			

2. Alin segmentti

Al2O3Cr2O3 Mitat millimetreinä

Yhteen paikka	Yhteen d	Lämpölaajeneminen mm	Yhteen paikka	Reiän lämp.l	Yhteen D	Ø	lämp.l.Ø	Yht.Ø
1994		11,585	2005,58514			610	3,54	613,54
1794		10,423				494	2,87	496,87
1740	26,9	10,109	1750,11	0,16	27,06			
1490	114,3	8,657	1498,66	0,66	114,96			
1240	26,9	7,204	1247,20	0,16	27,06			
990	76,1	5,752	995,75	0,44	76,54			
740	26,9	4,299	744,30	0,16	27,06			
490	320	2,847	492,85	1,86	321,86			
240	26,9	1,394	241,39	0,16	27,06			

HABITE TULENKESTÄVÄT MASSAT

Käyttöalueet

Vahvasegmenttimassat (LC-massa)

Näitä massoja käytetään vaurio- ja palonkestävissä rakenteissa. Alkua erittäin ja ammattimaisesti on syytä käyttää erityisesti ja erityisesti vaurio- ja palonkestävissä rakenteissa ja erityisesti vaurio- ja palonkestävissä rakenteissa.

Hyväksytyt, on valmistajan suositusten mukaisesti... Käytetään vaurio- ja palonkestävissä rakenteissa ja erityisesti vaurio- ja palonkestävissä rakenteissa.

Yksittäisiä massoja on saatavana... Käytetään vaurio- ja palonkestävissä rakenteissa ja erityisesti vaurio- ja palonkestävissä rakenteissa.

Yksittäisiä massoja on saatavana... Käytetään vaurio- ja palonkestävissä rakenteissa ja erityisesti vaurio- ja palonkestävissä rakenteissa.

Yksittäisiä massoja on saatavana... Käytetään vaurio- ja palonkestävissä rakenteissa ja erityisesti vaurio- ja palonkestävissä rakenteissa.

Table with columns: Käyttöalueet, Vahvasegmenttimassat (LC-massa), and various technical specifications including strength, density, and fire resistance data for different concrete grades.

Kaikki arvot ilmoitetaan keskiarvoina... Tarkkuus: ±0,5% (mukaan lukien)

Raskaat massat... B 1000 Myös kalsiumsilikaattimassat... B 1475 ja B 1500 Kevyemmät massat... B 1600 Myös kalsiumsilikaattimassat... B 1625 ja B 1650 Myös kalsiumsilikaattimassat... B 1800 Kevyemmät massat...

Tamppausmassat... Alueellinen muuttaminen... B 1300 ja G 1300... B 1400- ja B 1500-massat...

Eristysmassat... B 1100 on... B 1200 on... B 1300 on... B 1400 on...

Raskaat massat... B 1000 Myös kalsiumsilikaattimassat... B 1475 ja B 1500 Kevyemmät massat... B 1600 Myös kalsiumsilikaattimassat... B 1625 ja B 1650 Myös kalsiumsilikaattimassat... B 1800 Kevyemmät massat...

Tamppausmassat... Alueellinen muuttaminen... B 1300 ja G 1300... B 1400- ja B 1500-massat...

Eristysmassat... B 1100 on... B 1200 on... B 1300 on... B 1400 on...

Tärkeimpien yleisesti ilmoitettujen teknisten tietojen merkitys tulenkestävissä materiaaleissa:

VALUMASSAT:

Rakenteiden ja rakennusten osien, kuten seinien ja väliseinien käyttöikä on yleensä suunniteltu 50 vuorokauden mittaan. Näin ollen rakennusten osien tulenkestävyys on suunniteltu vastaamaan suunniteltua käyttöikää. Tulenkestävyys on suunniteltu vastaamaan suunniteltua käyttöikää. Tulenkestävyys on suunniteltu vastaamaan suunniteltua käyttöikää.

Kemiallinen analyysi:

Al₂O₃, SiO₂ Ni, natriumin sisältö on tärkeä tulenkestävien materiaalien ominaisuus. Natriumin sisältö on tärkeä tulenkestävien materiaalien ominaisuus. Natriumin sisältö on tärkeä tulenkestävien materiaalien ominaisuus.

Fe₂O₃ Rautapitoisuus on tärkeä tulenkestävien materiaalien ominaisuus. Rautapitoisuus on tärkeä tulenkestävien materiaalien ominaisuus. Rautapitoisuus on tärkeä tulenkestävien materiaalien ominaisuus.

CaO Kalkin sisältö on tärkeä tulenkestävien materiaalien ominaisuus. Kalkin sisältö on tärkeä tulenkestävien materiaalien ominaisuus. Kalkin sisältö on tärkeä tulenkestävien materiaalien ominaisuus.

Tulenkestävyys

EN 1363 mukainen tulenkestävyys on tärkeä tulenkestävien materiaalien ominaisuus. EN 1363 mukainen tulenkestävyys on tärkeä tulenkestävien materiaalien ominaisuus. EN 1363 mukainen tulenkestävyys on tärkeä tulenkestävien materiaalien ominaisuus.

Korkein käyttölämpötila

Korkein käyttölämpötila on tärkeä tulenkestävien materiaalien ominaisuus. Korkein käyttölämpötila on tärkeä tulenkestävien materiaalien ominaisuus. Korkein käyttölämpötila on tärkeä tulenkestävien materiaalien ominaisuus.

muutokset tulenkestävissä materiaaleissa. Tulenkestävyys on suunniteltu vastaamaan suunniteltua käyttöikää. Tulenkestävyys on suunniteltu vastaamaan suunniteltua käyttöikää.

Lämpöhökin kostävyys

Nopeat lämpötilan muutokset, kuten polttimen lämpötilan, voivat aiheuttaa materiaalin kulumista ja vaurioitumista. Tulenkestävyys on suunniteltu vastaamaan suunniteltua käyttöikää. Tulenkestävyys on suunniteltu vastaamaan suunniteltua käyttöikää.

Veden lisäys

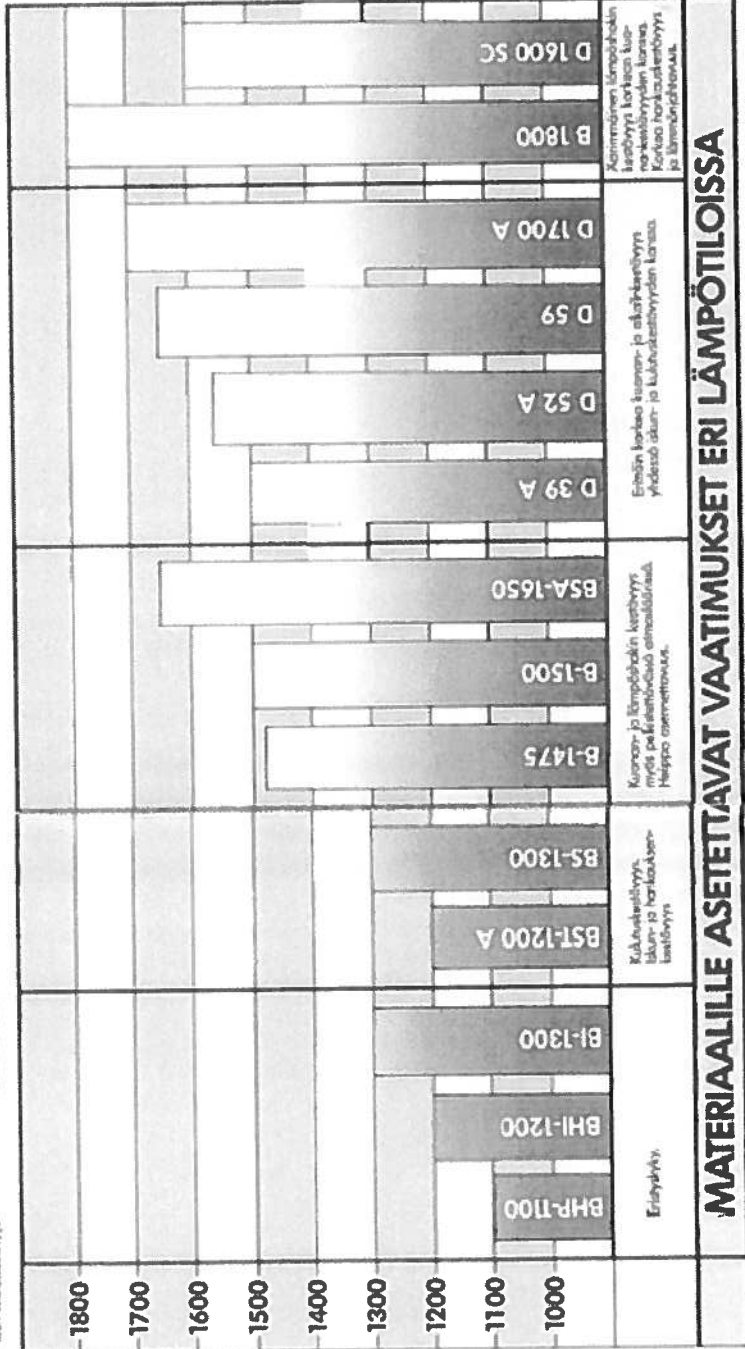
Suklaapitoisuus on tärkeä tulenkestävien materiaalien ominaisuus. Suklaapitoisuus on tärkeä tulenkestävien materiaalien ominaisuus. Suklaapitoisuus on tärkeä tulenkestävien materiaalien ominaisuus.

Lämmönjohtavuus

Erilaisissa rakennuksissa tulenkestävien materiaalien tulenkestävyys on suunniteltu vastaamaan suunniteltua käyttöikää. Tulenkestävyys on suunniteltu vastaamaan suunniteltua käyttöikää.

Alkaliteetti ja kuonankestävyys

Näitä ominaisuuksia tulenkestävien materiaalien tulenkestävyys on suunniteltu vastaamaan suunniteltua käyttöikää. Tulenkestävyys on suunniteltu vastaamaan suunniteltua käyttöikää.



MATERIAALILE ASETETTAVAT VAATIMUKSET ERI LÄMPÖTILOISSA