

VKU 3: SEN VAIPAN JÄÄHDYTYKSEN UUELLEEN
KEHITTÄMINEN LASKUREIKÄALUEELLA

Fisk Ari

Opinnäytetyö
Konetekniikka
Insinööri (AMK)

2021

Konetekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Ari Fisk	Vuosi	2021
Ohjaaja	Ins. (YAMK) Arto Jäntti		
Toimeksiantaja	Outokumpu Chrome Oy		
Työn nimi	Valokaariuunin vaipan jäähdytyksen kehittäminen		
Sivu- ja liitesivumäärä	41 + 3		

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Outokumpu Chrome Oy. Toimeksiannon aiheena oli kehittää ja suunnitella VKU 3:sen laskureikäalueen vaipan jäähdytys toimivammaksi. Työssä piti selvittää vaihtoehtoisista ideoista toimivin ja kohtuullisesti toteutettava. Vaihtoehtoja varten tehtiin selvitystyötä jäähdytyksen toteuttamisesta muuten kuin vaipanvalelu periaatteella.

Työn tulokseksi saatiin työskentelystä turvallisempaa ja vaipan jäähdytyksestä tulevien roiskevesien poistamista laskunokan alueelta. Muutokset jäähdytykseen toteutetaan seuraavassa vuoden 2024 uuniremontissa.

Työssä selvitettiin nykyisen suljetun kierron jäähdytysyksikön riittävyys lisääntyneeseen jäähdytystarpeeseen.

Avainsanat

valokaariuuni, vaippa, jäähdytys, turvallisuus

Mechanical Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Ari Fisk	Year	2021
Supervisor	Arto Jäntti, MEng		
Commissioned by	Outokumpu Chrome Oy		
Subject of thesis	Cooling improvement of the arc furnace casing		
Number of pages	41 + 3		

This thesis was commissioned by Outokumpu Chrome Oy. The subject of this commission was to improve and redesign the cooling of the number three tap hole of the arc furnace. The aim of this thesis was to find optional ideas that meet the requirements and are reasonable to be implemented. The possibility to arrange the arc furnace cooling by alternative methods was investigated.

The aim of this thesis was to make working near the tapping holes safer and to reduce the splashes of water in the tapping hole vicinity. Changes displayed in this thesis are to be implemented in the year 2024 during the furnace maintenance shutdown.

This thesis also investigated the possibility to use a closed cooling circuit for the additional cooling needs.

Key words

smelting furnace, shell, cooling, safety

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	OUTOKUMPU CHROME OY	8
2.1	Ferrokromin tuotanto.....	9
2.2	Työturvallisuus.....	9
3	VKU 3-UUNIN VAIPAN JÄÄHDYTYS.....	10
4	LASKUREIKÄALUEEN ONGELMAT	11
5	JÄÄHDYTYSMUUTOKSEN IDEOINTI	14
5.1	Jäähdytyksen toteutus jäähdytyslementein.....	14
5.2	Jäähdytyksen toteutus putkilla	16
6	JÄÄHDYTYSVAIHTOEHDON VALINTA	17
7	JÄÄHDYTYSELEMENTTIEN SUUNNITTELU JA MATERIAALI	18
7.1	Jäähdytyslementti oikea.....	19
7.2	Jäähdytyslementti vasen.....	20
7.3	Jäähdytyslementti ylin.....	21
7.4	Jäähdytyslementtien kiinnitys	22
7.5	Vaipan vedenkeruukotelo	23
8	AVOIMEN KIERRON JÄÄHDYTYSVESI.....	25
8.1	Uunin vaipan jäähdytys.....	26
9	SULJETUN KIERRON JÄÄHDYTYSVESI.....	28
9.1	Jäähdytysputkisto jäähdytyslementeille	29
9.2	Jakotukki 4.....	32
9.3	Jakotukki 5.....	33
9.4	Jakotukki 6.....	34
9.5	Jäähdytysvesimäärän lisääntyminen	35
9.6	Jäähdytysputket holvitasolla	38
10	POHDINTA	40
	LÄHTEET.....	41
	LIITTEET	42

ALKUSANAT

Haluan kiittää tästä työstä käyttöpäällikkö Olli-Pekka Karassaarta, työnjohtaja Teemu Juopperia sekä muita tukenani olleita henkilöitä ja Outokumpu Chrome Oy:tä.

Torniossa 20.4.2021

Ari Fisk

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

VKU3	Valokaariuuni 3
VKU2	Valokaariuuni 2
VKU1	Valokaariuuni 1
F3	Ferrokromisulatto 3

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantaja toimii Outokumpu Chrome Oy, joka on Euroopan ainoa ferrokromin tuottaja. Opinnäytetyön aihe on VKU3:sen vaipan jäähdytyksen uudelleen kehittäminen laskureikäalueella. Aiheen sain ferrokromitehtaan käyttöpäälliköltä. Aihetta valittaessa kartoitettiin ongelmia aiheuttanut alue. Aihe on tärkeä myös työturvallisuuskulmasta, koska laskunokalle sekä työntekijän päälle roiskuva jäähdytysvesi ei sulan ferrokromin kanssa ole hyvä yhdistelmä.

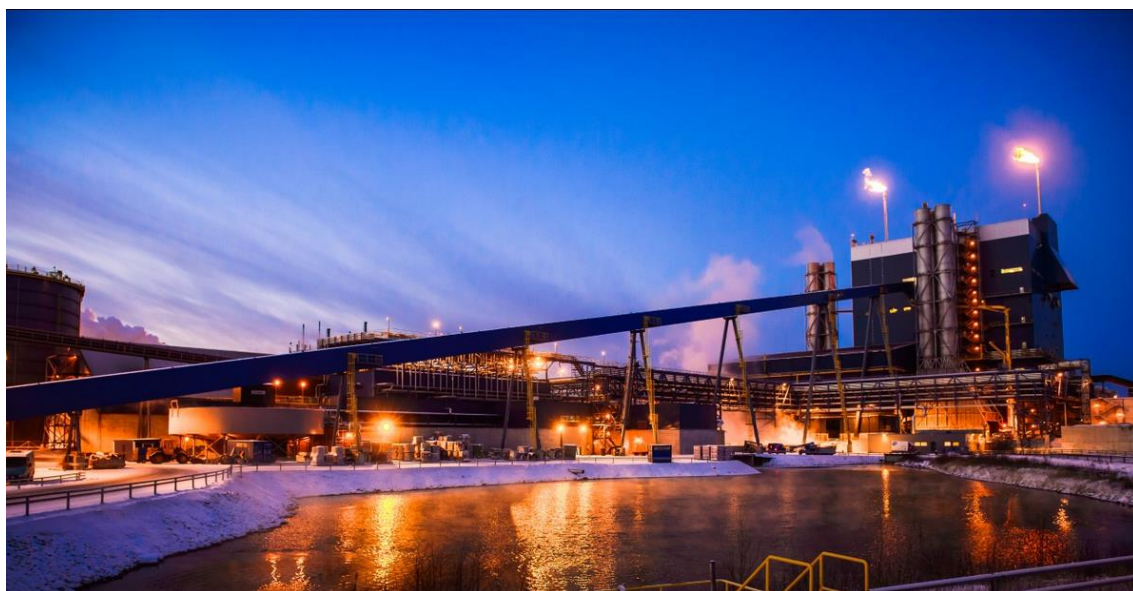
Työksi valittiin F3 VKU3:sen vaipan jäähdytyksen muutos laskutason alueella. Jäähdytyksen muutoksessa ja kehityksessä kartoitetaan ja otetaan huomioon laitteiden käyttäjien kokemuksia mahdollisuuksien mukaan.

Tietoa kerätään kahdesta eri vaihtoehdosta, uuden jäähdytysmuutoksen toteuttamisessa. Toteutuksen valinnassa otetaan huomioon muutostöiden laajuus sekä työturvallisuus, nykyisen jäähdytysyksikön käyttö ja sen kapasiteetin varmistaminen jäähdytystarpeen lisääntyessä.

Opinnäytetyöstä rajattiin pois muutosten toteutus ja osien valmistaminen sekä jäähdytysputkistojen tarkempi suunnittelu. VKU 3:sen seuraava uuniremontti on vuonna 2024, jolloin tästä työstä saatuja tuloksia toteutetaan.

2 OUTOKUMPU CHROME OY

Outokumpu Chrome Oy:n historia sai alkunsa vuonna 1959, kun sukeltaja Martti Matilainen löysi kromilohkareen Kemin makeavesikanavasta. Outokummun saatua oikeudet esiintymän jatkotutkimuksia varten aloitettiin kaivostoiminnan valmistelu Elijärvellä Kemissä vuonna 1964. Tämän jälkeen rakennettiin ferrokromisulatto Tornioon, jossa ferrokromituotanto aloitti toimintansa VKU 1-uunilla vuonna 1968. Ferrokromitehdasta laajennettiin VKU 2-uunilla vuonna 1985. Viimeisessä laajennuksessa ferrokromituotanto tuplaantui vuonna 2012 F3:sen myötä. Outokumpu Chrome Oy työllistää kaivoksella noin 200 henkilöä ja Tornion ferrokromisulattelolla noin 250 henkilöä. Ferrokromi on tehtaan päätuote ja olennainen materiaali ruostumattoman teräksen valmistuksessa. Ferrokromitoimintoihin kuuluvat Elijärven kaivos Kemissä ja Ferrokromisulatto Torniossa. Ferrokromituotannosta suuriin osa käytetään Outokummun omassa tehtaassa ruostumattoman teräksen valmistukseen, noin 25 % Ferrokromituotannosta myydään yhtiön ulkopuolelle. Tuotantokustannuksia tarkastellen on Tornion ferrokromitehdas maailman kymmenen parhaan tuottajan joukossa. Alla on (Kuva 1) Ferrokromisulatto 3. (Outokumpu 2021b.)



Kuva 1. Ferrokromisulatto 3 (Outokumpu Chrome Oy 2021.)

2.1 Ferrokromin tuotanto

Ferrokromitehtaan kolmella valokaariuunilla sulatetaan Kemin kaivokselta louhittu kromimalmi ferrokromiksi. Ruostumattoman teräksen valmistuksessa tarvittava ferrokromi kuljetetaan viereiseen laitokseen senkoissa jatkokäsiteltäväksi. Sula muodossa kuljetettavasta ferrokromista seuraa huomattavia säästöjä energiassa ja kuljetuskustannuksissa. Yrityksen tavoitteena on toimia vastuullisesti ja turvallisesti tuotannosta tinkimättä. Toimintamalleja ja tapoja pyritään kehittämään jatkuvasti. (Outokumpu 2021a.)

2.2 Työturvallisuus

Outokummun tavoitteena on nolla tapaturmaa, mitkä perustuvat käsitteisiin: turvallisuus ennen tonneja, ei toistoja, ei oikoteitä ja turvallisuus alkaa minusta. Työturvallisuuteen panostetaan jatkuvasti. Tehdasalueelle pääsy vaatii hyväksytyyn turvallisuuskoulutussuorituksen, josta saa kulkuluvan tehdasalueelle. Turvallisuuskoulutus vaaditaan kaikilta ja on pakollinen työntekijöille sekä urakoitsijoille. Hyväksytty työturvallisuuskoulutus on voimassa 12 kuukautta. (Outokumpu 2020.)

3 VKU 3-UUNIN VAIPAN JÄÄHDYTYS

VKU 3 kuluttaa noin 100 MW/h sähköenergiaa ferrokromin sulatukseen. Sulatuksessa syntyvää lämpöenergiaa pitää jäähdyttää. Uunin vaippaa jäähdytetään vesivalelulla. Valelu on tehokas ja toimiva ratkaisu uunin tasaisilla sivuilla, missä ei ole laskureikiä. Uunissa on kolme laskureikää, joissa vesivalelu tuottaa ongelmia vesiroiskeiden ja vesivuotojen vuoksi. Uunin vaipan vesivalelu on toteutettu avoimen veden kierrolla, koska veden likaisuudella ei ole erityisesti merkitystä vaipan jäähdytyksessä. Kuvassa 2 on esitetty uunin vaipan vesivalelujäähdytys.



Kuva 2. Uunin vaipan valelujäähdytys.

4 LASKUREIKÄALUEEN ONGELMAT

Jäähdytyksen vuoksi ilmenneistä ongelmista kerättiin tietoa käyttäjiltä. Selvityksissä ilmeni ongelmia aiheuttavat vesivuodot laskureikäalueen yläpuolisista teräsrakenteista. Teräksestä valmistetut vedenrajaussuojat altistuvat suurille lämpötiloille sekä lämpötilan vaihteluille. Suuret lämpötilat aiheuttavat teräkselle halkeamia, joista vesi pääsee valumaan (Kuva 3) laskunokalle. Lisäksi myös tuuli ja ilmanvirtaukset laskutason alueella räiskyttävät myös tippuvaa vettä kastellen paikkoja laajemmin. (Ahokas 2021; Anttila 2021; Keinänen 2021.)



Kuva 3. Laskunokalle tippuva vesi (Outokumpu Chrome Oy 2021.)

Laskunokan reunoilla sijaitsee vaipan vedenkeruukotelo. Sulanlaskun aikana laskunokasta yli mennyt sula ferrokromi on sulattanut (Kuva 4) teräsrakenteita, aiheuttaen vesivuotoja laskunokka-alueella. Laskunokan takaa palanut kotelopellin korjaus vaatii aina laskunokan poiston, jotta vaurioon päästään käsiksi. Isojen vaurioiden korjaukset vaativat useasti VKU 3:sen alasajoa ja tuotannon pysäyttämistä korjauksen ajaksi.



Kuva 4. Vedenkeruukotelon vaurio (Outokumpu Chrome Oy 2021.)

VKU 3:ssa on kolme sulanlaskureikää, joista ferrokromin sulanlasku suoritetaan. Laskureikiä vaihdellaan, jotta saadaan uuni toimimaan parhaalla mahdollisella tavalla. Sulanlaskusta (Kuva 5) syntyy paljon sularoiskeita ja lämpöä. Laskureikäalueen lämpösuojat ja vesijäähdytyskotelot altistuvat suurille lämpökuormille.



Kuva 5. Ferrokromin sulanlasku (Outokumpu Chrome Oy 2021.)

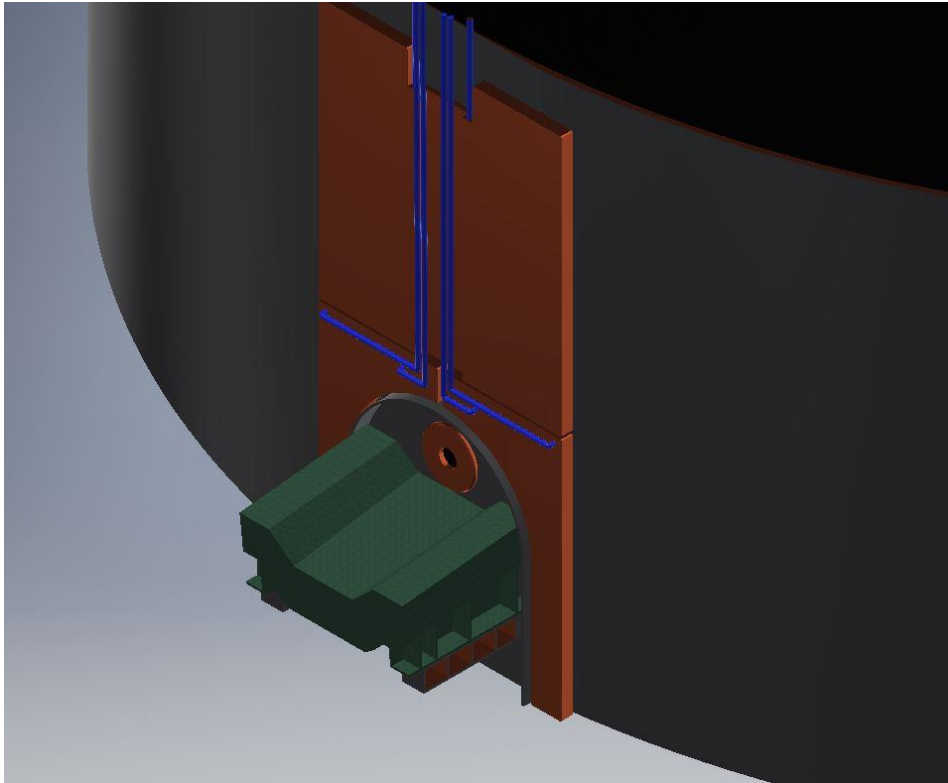
5 JÄÄHDYTYSMUUTOKSEN IDEOINTI

Jäähdytyksen ongelmat kartoitettiin haastatteluilla ja laskutasolla reikäalueen tutkiskelulla. Kartoituksessa saatujen tuloksien pohjalta alettiin suunnitella parempaa ratkaisua laskureikäalueen jäähdytyksen toteuttamiseksi. Kahdesta erilaisesta jäähdytysmuutosvaihtoehdosta toimeksiantaja valitsi paremman, josta tehtiin tarkempi suunnitelma.

5.1 Jäähdytyksen toteutus jäähdytyslementein

Jäähdytyksen muutoksessa tutkittiin mahdollisuutta korvata avoin vesivalelu kokonaan laskureikäalueelta jäähdytyslementein. Vesivalelu rajataan pois laskunokan kummaltakin puolelta 300 mm:n matkalta uunin vaipan mitan ylös asti. Tällä hetkellä paikoillaan olevat vesivalelukammat poistetaan 2300 mm:n pituudelta ja venttiilit suljetaan tai poistetaan käytöstä. Laskunokan alueelle asennetaan kaksi jäähdytyslementtiä vierekkäin sekä näiden yläpuolelle yksiosainen isompi jäähdytyslementti. Uunin vaipan vedenkeruukotelon päitä lyhennetään, jolloin kotelon päät sijoittuvat kauemmaksi laskunokalta. Elementit jaetaan useampaan vesipiiriin, koska mahdollisen vuodon sattuessa piirit pitää saada suljettua erikseen.

Laskutason alueella uunin laidalla kulkee suuri määrä putkia. Ahtauden ja tilanpuutteen vuoksi jäähdytyslementtien uudet meno- ja paluuputket asennetaan kulkemaan yläkautta. Alla (Kuvio 1) Autodesk Inventor ohjelmalla piirretty 3D-luonnos elementtien ja vesiputkien toteutustavasta.

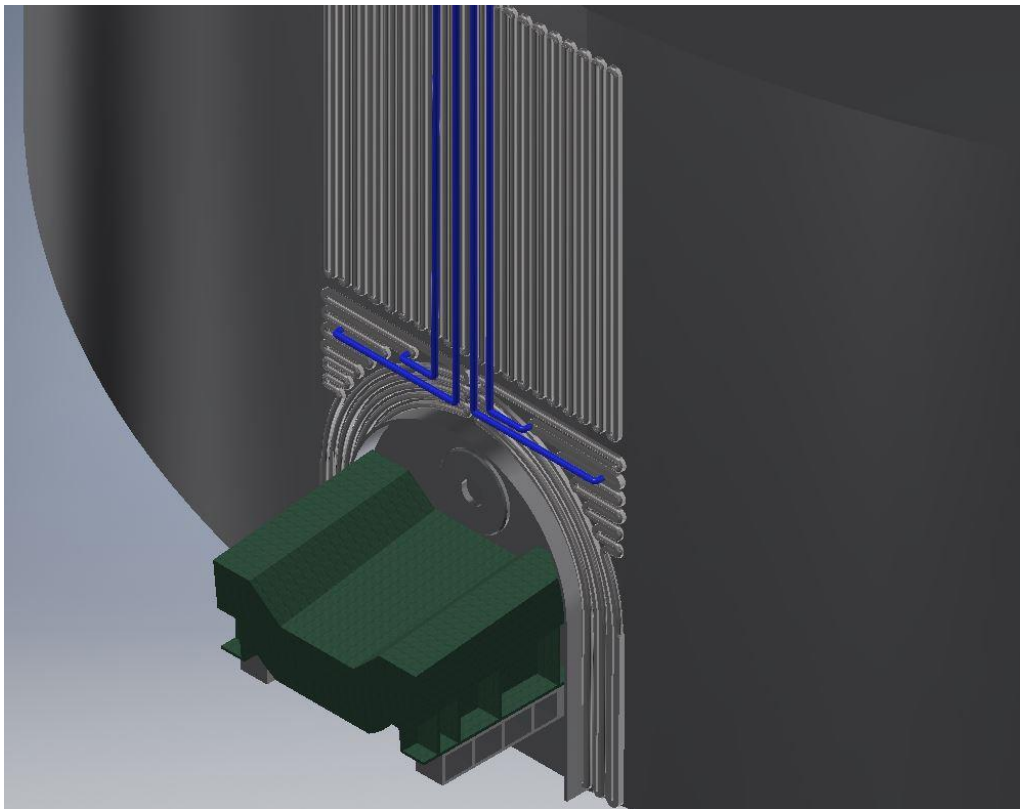


Kuvio 1. Jäähdytyslementeillä toteutettu vaipan jäähdytys.

5.2 Jäähdytyksen toteutus putkilla

Jäähdytysputkilla toteutettavassa toisessa ratkaisussa tutkittiin mahdollisuutta korvata vesivalelu teräsputkesta muotoon taivutetuilla jäähdytysputkistoilla.

Tässä ratkaisussa tehdään myös useamman eri piirin toteutus, jotta vesivuodon sattuessa ei tarvitse sulkea kaikkia piirejä kerralla. Vesivalelu rajataan pois laskunokan kummaltakin puolelta 300 mm:n matkalta uunin vaipan mitan ylös asti. Putkielementtejä valmistetaan kolme kappaletta, yksi isompi ylös ja alhaalle kaksi kappaletta, jotka ulottuvat molemmin puolin laskunokalta 300 mm. Putkielementteille tulevat meno- ja paluuputket asennetaan yläkautta. Putkielementtien valmistus toteutetaan ns. puolikasputki periaatteella. Alla (Kuvio 2) Autodesk Inventor ohjelmalla piirretty 3D luonnos jäähdytysputkien toteutuksesta.



Kuvio 2. Jäähdytysputkilla toteutettu vaipan jäähdytys.

6 JÄÄHDYTYSVAIHTOEHDON VALINTA

Toimeksiantajalle esitettiin vaihtoehdot ideoiduista jäähdytysvaihtoehdoista. Vaihtoehtoja jäähdytyksestä pohdittiin useasta näkökulmasta. Parhaaksi toteutettavaksi vaihtoehdoksi valittiin ratkaisu, missä jäähdytys toteutetaan elementti-tyypillä. Valintaan vaikutti erityisesti korjattavuus vuodon sattuessa sekä asennettavuus. Jäähdytyselementtien kiinnitys on otettava huomioon suunnitteluvaiheessa. Jäähdytys-elementin irrotus pitää onnistua kohtuullisesti, mikäli elementti on irrotettava jossain korjaustoimenpiteen vaiheessa.

Jäähdytysputkilla toteutetussa ratkaisussa ongelmaksi voi ilmetä useat hitsaus-saumamat ja niistä aiheutuva vuodon mahdollisuus lämpötilavaihteluiden vuoksi. Lisäksi putkistojen hitsaaminen vaippapeltiin vaatii paljon aikaa. Putkistot eivät myöskään ole helposti irrotettavissa vaippapellistä hitsaus kiinnityksen vuoksi. (Juopperi 2021; Karassaari 2021.)

7 JÄÄHDYTYSELEMENTTIEN SUUNNITTELU JA MATERIAALI

Jäähdytyselementtien suunnittelussa otettiin huomioon materiaalin valinta ja kiinnitystapa uunin vaipan laitaan, koska jäähdytyselementit on saatava irrotettua tarvittaessa. Lisäksi on otettava huomioon riittävä asennettava tila, ja nykyiset uunin laidalla kulkevat vesiputket. Jäähdytyselementeistä piirretään mittakuvat, mutta ei elementin sisäpuolisia rakenteita. Jäähdytyselementit tilataan myöhemmin päätettävältä toimittajalta, joka toimittaa kuvat ja parhaan mahdollisen ratkaisun elementin sisärakenteille lämmön siirtymisen kannalta.

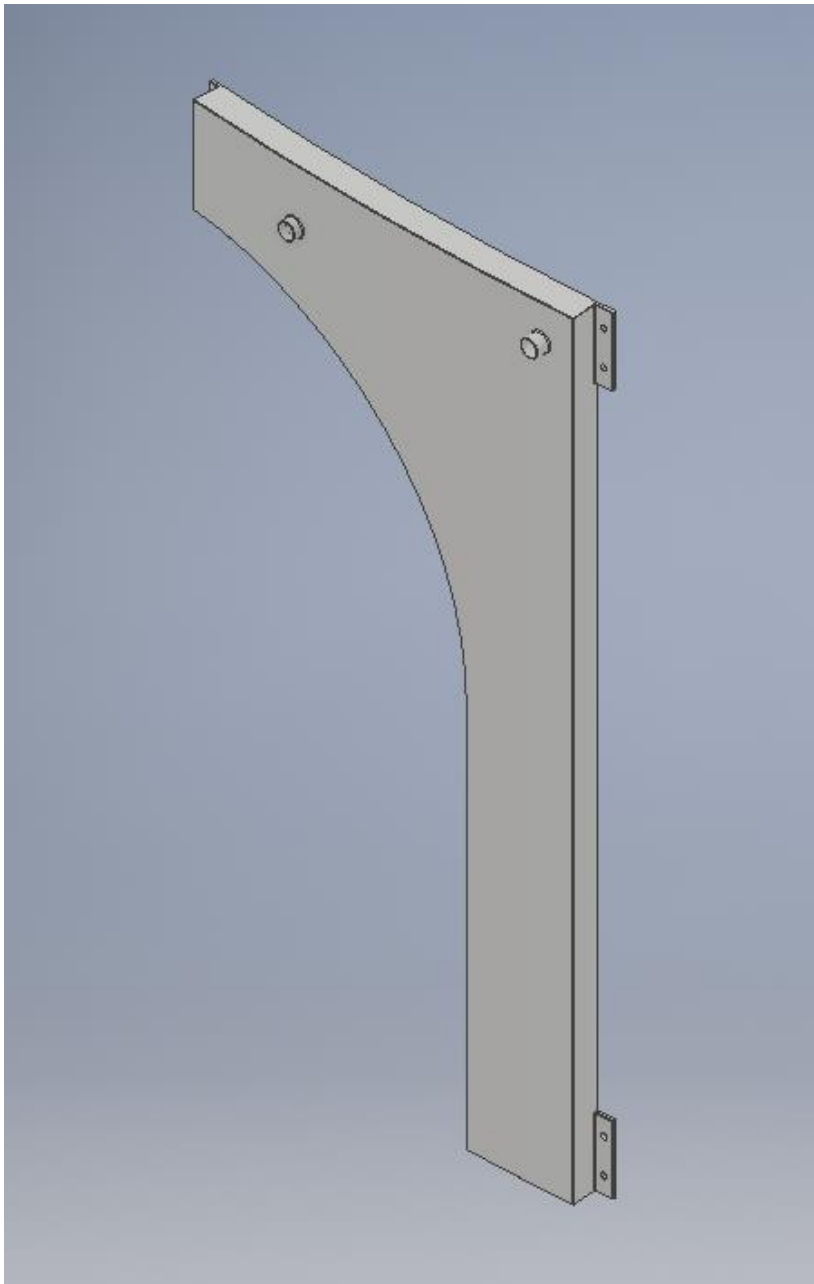
Jäähdytyselementtien kokonaisleveydeksi tulee 2300 mm, jolloin vaipan valelu poistetaan kyseisen alueen leveydeltä. Elementtien asennus leventää aluetta laskunokan molemmilta puolin 300 mm, jolloin myös vedenkeruukotelon päätyjä saadaan siirrettyä kauemmaksi laskunokasta ja sulan ferrokromin aiheuttamista vaurioiden mahdollisuudesta. Tämä ratkaisu suojaa keruukourun päätyjä, jotta vältetään turhilta vesivuodoilta.

Jäähdytyselementtejä valmistetaan kolme kappaletta jokaiselle laskureikä alu- eelle. Jokainen jäähdytyselementti asennetaan omaan vesipiiriin.

Elementtien materiaaliksi valittiin 5 mm:n ruostumaton teräs, laatu 1.4301/2B ja ainestandardi EN10088-2. Tämä teräs omaa hyvän korroosiokestävyyden, ja tunnetaan Outokummun tuotteena Core 304/4301. Materiaali on kohtuullisesti korjattavissa vuodon sattuessa, eikä myöskään tarvitse erikoishitsauslaitteita. Sama teräslaatu on käytössä nykyisen vedenkeruukotelon materiaalina, mikä vaikutti erityisesti jäähdytyselementtien valmistusmateriaalin valintaan.

7.1 Jäähdytyslementti oikea

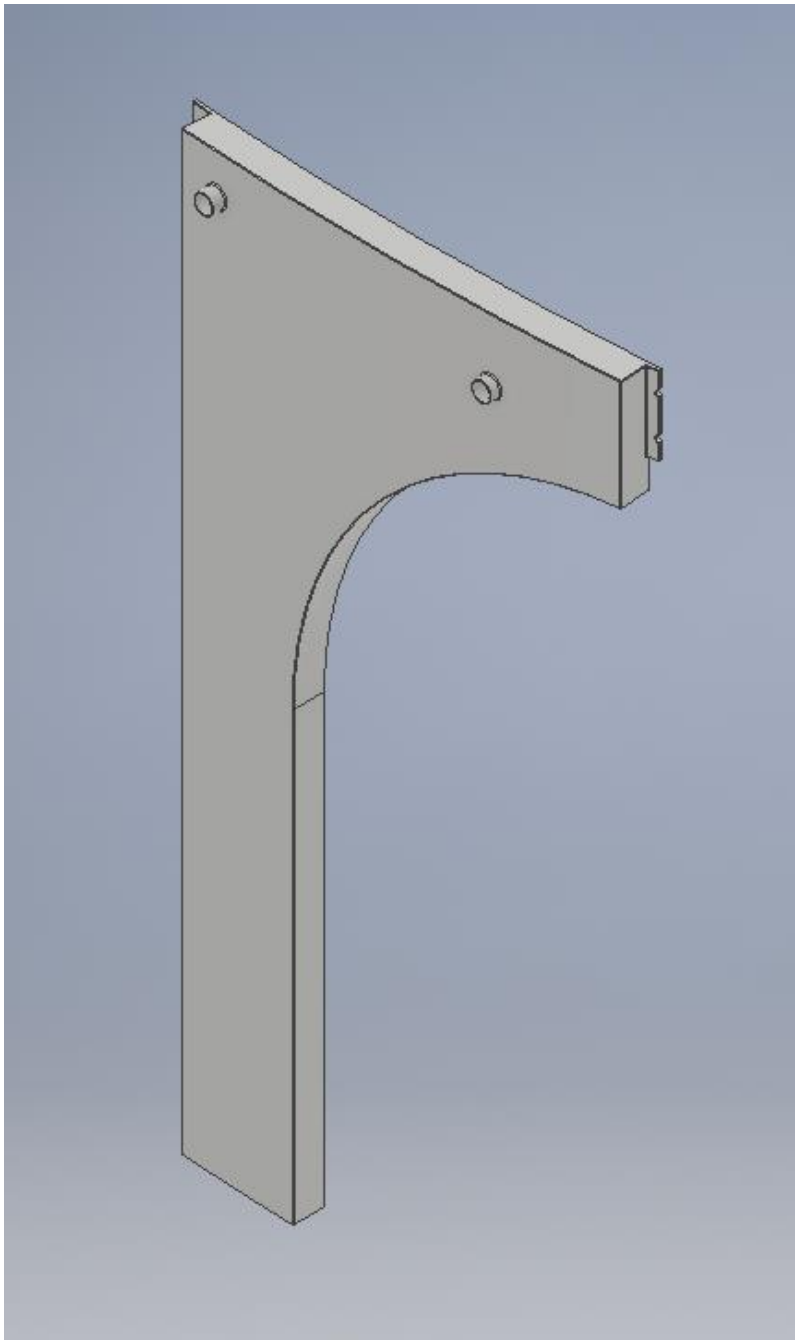
Jäähdytyslementti suunniteltiin ja piirrettiin (Kuvio 3) Autodesk inventor -ohjelmalla. Elementin muodossa on otettu huomioon uunin halkaisija 16 000 mm, jolloin jäähdytyslementti asettuu tiiviisti uunin vaippaa vasten. Elementti kiinnitetään kuudella pultilla uunin vaippaan.



Kuvio 3. Jäähdytyslementti oikea.

7.2 Jäähdytyslementti vasen

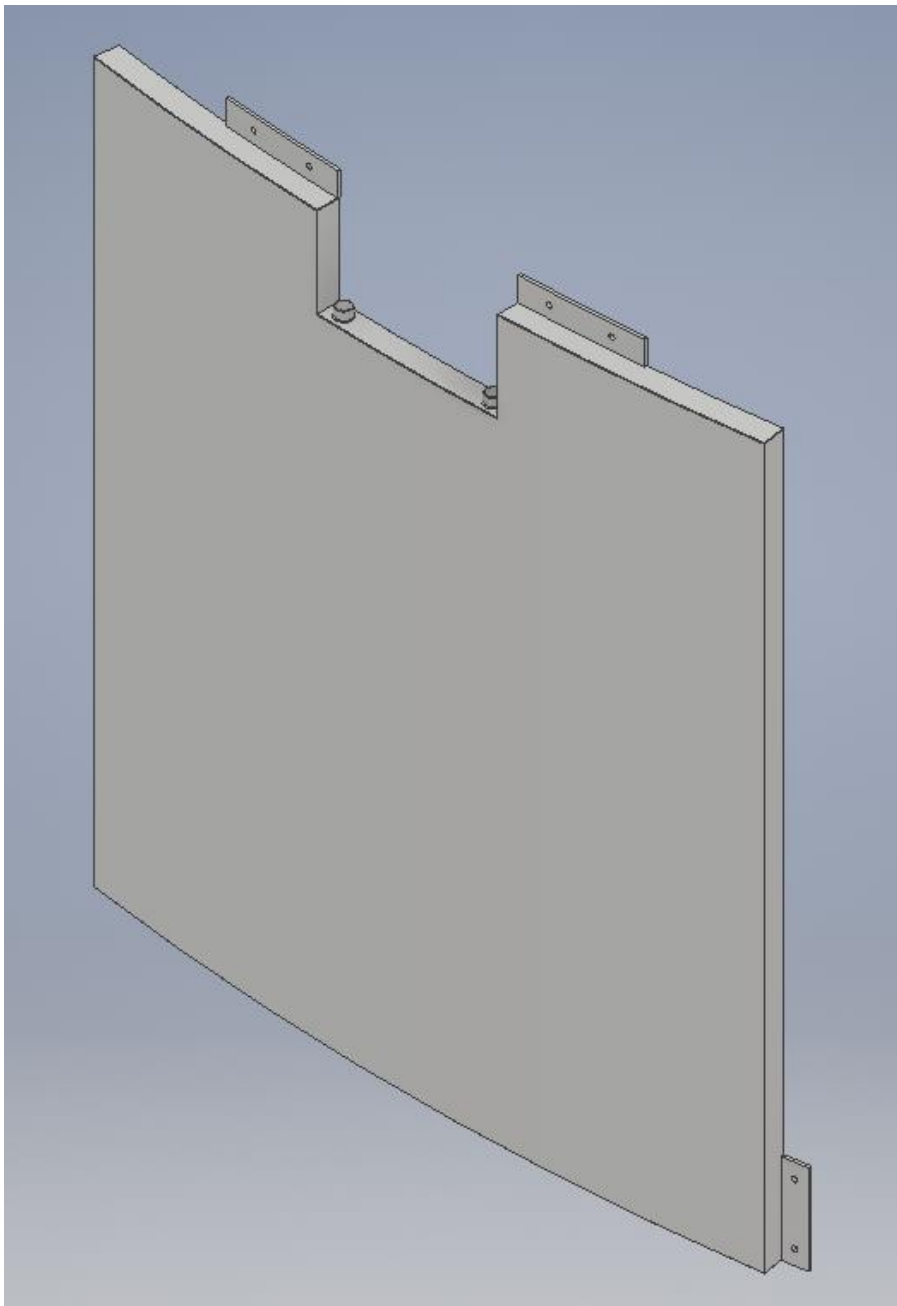
Jäähdytyslementti suunniteltiin ja piirrettiin (Kuvio 4) Autodesk Inventor -ohjelmalla. Elementin muodossa on otettu huomioon uunin halkaisija 16 000 mm, jolloin jäähdytyslementti asettuu tiiviisti uunin vaippaa vasten. Elementti kiinnitetään kuudella pultilla uunin vaippaan.



Kuvio 4 Jäähdytyslementti vasen.

7.3 Jäähdytyslementti ylin

Yläpuolen jäähdytyslementti (Kuvio 5) suunniteltiin ja piirrettiin Autodesk Inventor -ohjelmalla. Jäähdytyslementti asennetaan laskureikäalueen yläpuolelle. Jäähdytyslementin muodossa on otettu huomioon uunin halkaisija 16 000 mm, jolloin jäähdytyslementti asettuu tiiviisti uunin vaippaa vasten. Jäähdytyslementti kiinnitetään kahdeksalla pultilla uunin vaippaan.

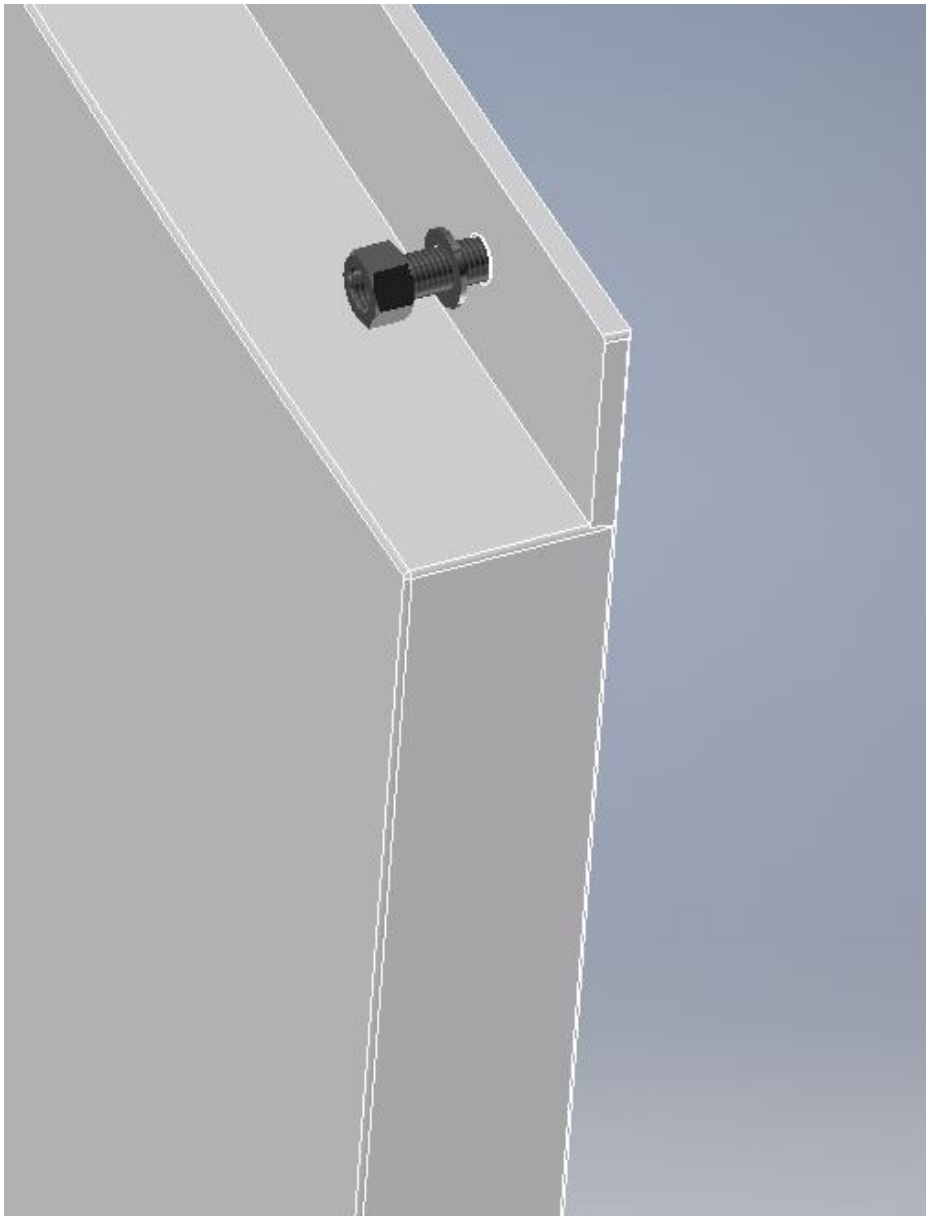


Kuvio 5. Yläpuolen jäähdytyslementti.

7.4 Jäähdytyslementtien kiinnitys

Jäähdytyslementteihin suunniteltiin kiinnike korvat, jotka kiinnitetään (Kuvio 6) pulteilla. Pulttikiinnitys mahdollistaa jäähdytyslementtien irrottamisen huolto-
työssä sekä mahdollisesti muiden tarvittavien toimenpiteiden sitä vaatiessa.

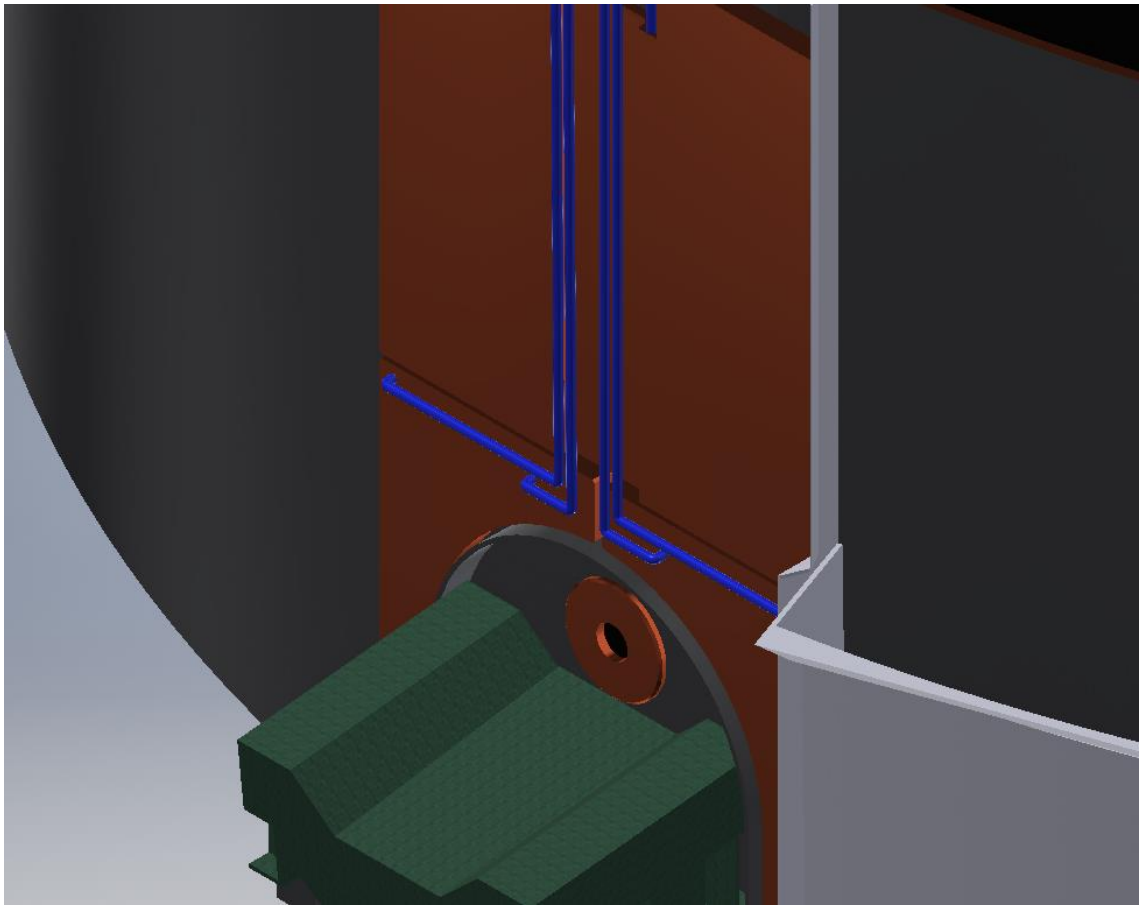
Jäähdytyslementtirakenteen läpipulttausta ei voida toteuttaa, koska elementin sisäisiä rakenteita ei tässä vaiheessa tiedetä. (Kuvio 6) jäähdytyslementin kiinnityksestä piirrettiin Autodesk Inventor -ohjelmalla.



Kuvio 6. Jäähdytyslementin kiinnitys.

7.5 Vaipan vedenkeruukotelo

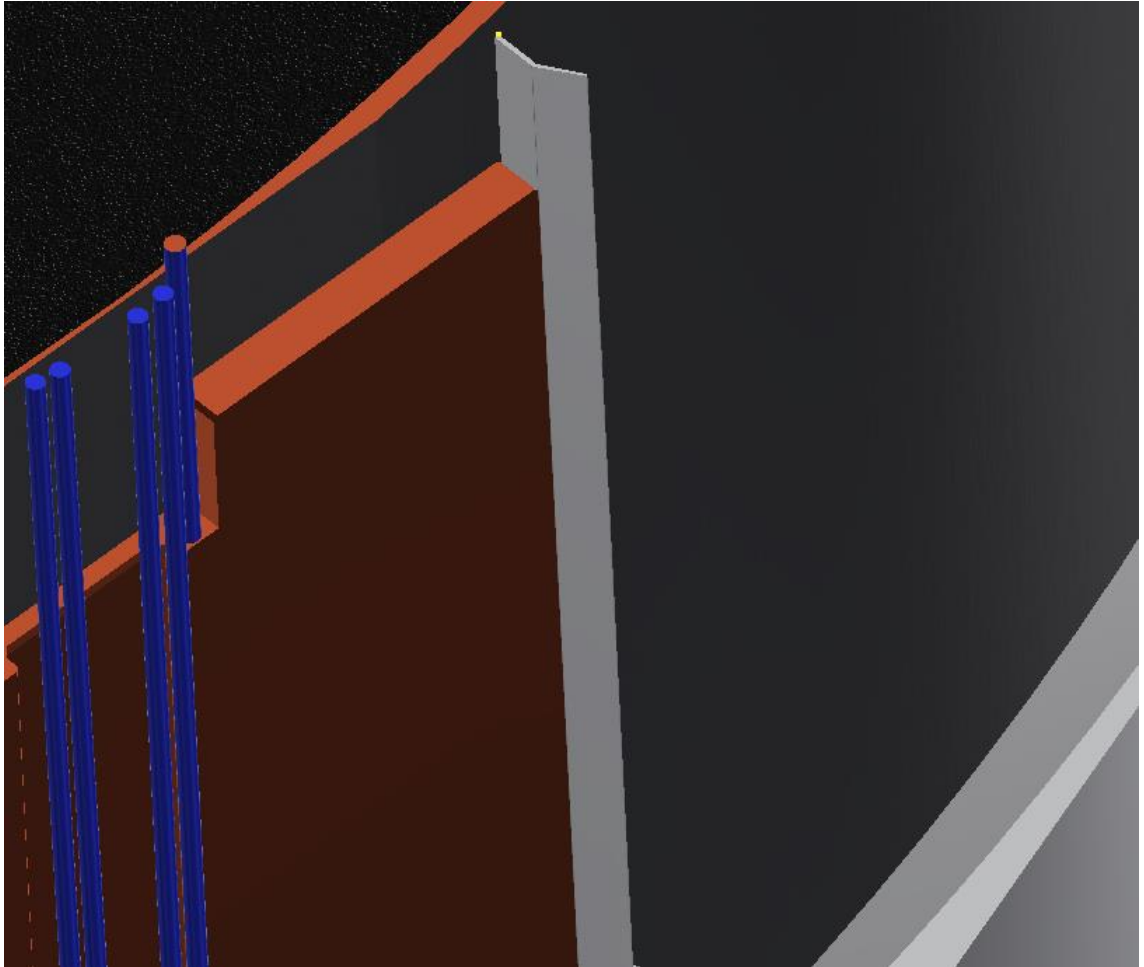
Uunin vaipalla sijaitseva vedenkeruukotelo ei vaadi suuria rakenteellisia muutoksia. Vedenkeruukotelon (Kuvio 7) päätyjä lyhennetään laskunokan molemmin puolin 350 mm, joka mahdollistaa laskunokan viereen asennettavan jäähdytyslementin sopimisen. Muutoin käytetään voimassa olevia vedenkeruukotelon piirustuksia.



Kuvio 7 Vaipan vedenkeruukotelo.

Laskunokan jäähdytyslementtialue ja vesivalelu erotetaan pellillä, joka estää valuv veden räiskymisen laskunokalle ja sen alueelle. Erotuspelti asennetaan uunin pystysuoralle matkalle (Kuvio 8) ja kiinnitetään uunin vaippaan hitsaamalla.

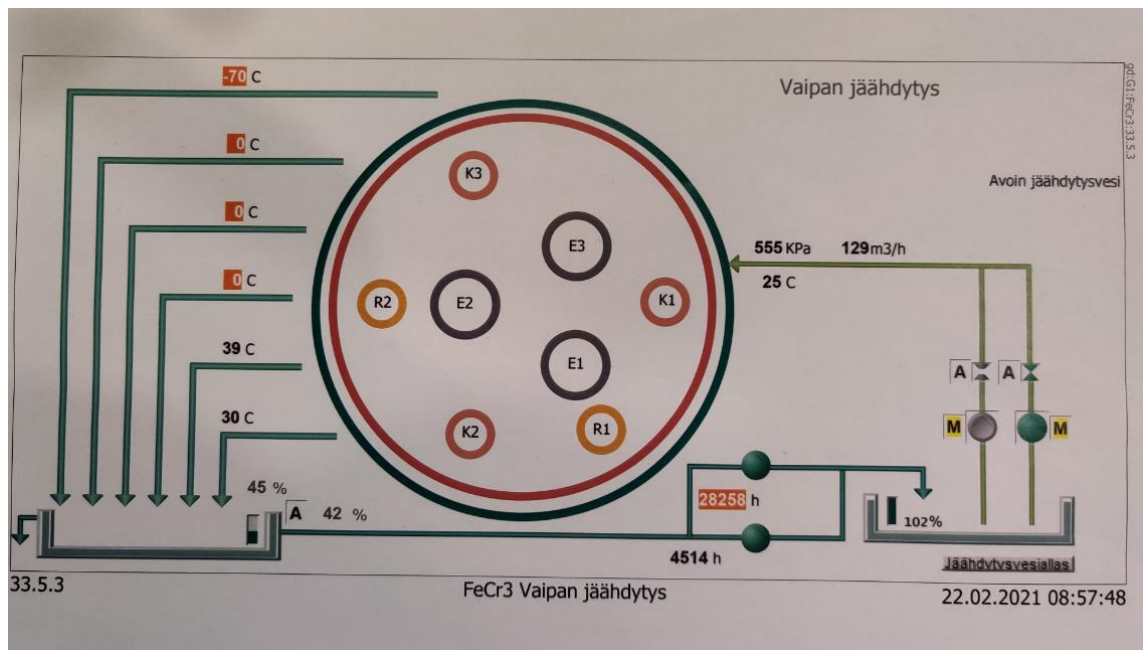
Erotuspelti valmistetaan 200 mm leveäksi ja taivutetaan 100 mm leveydestä 30 asteen kulmaan. Tällä ratkaisulla estetään tehokkaasti vesiroiskeiden lentäminen laskunokka-alueelle.



Kuvio 8 Veden erotuspelti jäähdytyslementille.

8 AVOIMEN KIERRON JÄÄHDYTYSVESI

Avointa jäähdytysvettä käytetään F3 sulatolla ainoastaan (Kuvio 9) uunin vaipan valeluun. Pääallas sijaitsee ulkona, josta vettä pumpataan jäähdytysvesialtaaseen. Jäähdytysvesialtaasta vettä pumpataan uunin vaipan jäähdytykseen. Uunin vaipalta vesi valuu keruukourujen kautta säiliöön, josta se pumpataan takaisin jäähdytysvesialtaaseen ja jäähdytyskiertoon.



Kuvio 9. Avoin jäähdytysveden prosessikuva (Outokumpu Chrome Oy 2012).

8.1 Uunin vaipan jäähdytys

Vaipan valeluun käytetään vettä 128 m³/h. Jäähdytysmuutoksen vuoksi aiheutuva valelukampojen poisto täytyy huomioida riittävänä tuottona putkistoon, jotta sama jäähdytysteho säilyy myös muutoksen jälkeen. Valelukammat poistetaan 2300 mm:n pituudelta. Tarvittava veden määrä lasketaan (kaavalla 1), jotta voidaan mitoittaa uuden jäähdytyksen tarvitsema jäähdytysveden määrä. Alla laskettuna yhden laskureikäalueen tarvitsema jäähdytysveden määrä.

Tarvittava laskureikäalueen vesimäärä voidaan laskea kaavalla (1)

$$m^3/h(2) = Px \frac{m^3/h(1)}{(\pi \times \emptyset)} \quad (1)$$

missä

$m^3/h(1)$	on	vesivalelun määrä 128 m ³ /h
$m^3/h(2)$	on	laskualueen vesimäärä
\emptyset	on	uunin vaipan halkaisija 16 m
P	on	valelu kampojen poistettava pituus 2,3 m
π	on	matemaattinen vakio 3,141

Jäähdytyksen muutoksessa on otettava huomioon jäähdytysveden määrä, joka on laskureikäaluetta kohden 5,86 m³/h. Uunissa on kolme laskureikää, joihin muutos tehdään. Tarvittava kokonaisveden määrä lasketaan kaavalla 2.

Tarvittava reikäalueiden kokonaisveden määrä lasketaan kaavalla (2)

$$m_3/h = m_3/h(2) \times Rlkm. \quad (2)$$

missä

<i>Rlkm.</i>	on	laskureikien määrä 3
<i>m₃/h</i>	on	jäähdytysveden kokonaismäärä
<i>m₃/h (2)</i>	on	yhden reikäalueen vesimäärä 5,86 m ³ /h

Tarvittava jäähdytysveden määrän lisäys on 17,58 m³/h. Tällä määrällä varmistetaan riittävä vaeluveden korvaus sekä uunin vaipan jäähdytyksen toimivuus, ja näin estetään vaipan liiallinen kuumeneminen.

9 SULJETUN KIERRON JÄÄHDYTYSVESI

Suljetun jäähdytysveden jäähdytysyksikkö sijaitsee F3 sulaton viereisen vesilaitoksen katolla. Jäähdytysyksikkö (Kuva 6) sisältää 42 kappaletta puhaltimia ja jäähdytyskennoja, jaettuna seuraavasti: 30kpl holvijäähdytykseen ja 12kpl elektrodijäähdytykseen.

Ulkoisen yksikön kautta kiertää glykolivesi holvitasoilla sijaitseviin kolmeen jakotukkiin. Jakotukeista jäähdytysvesi siirtyy holvin, taajuusmuuttajien ja elektrodien jäähdytykseen. Laskutasoilla jäähdytyksiä on laskureikien kaikissa kolmessa kuparielementeissä sekä 2. laskureiän kuparisessa laskunokassa. Laskutasoalueen jäähdytykset on toteutettu kahdella lämmönvaihtimella ja jäähdytysnesteenä toimii puhdas vesi.



Kuva 6. F3 Jäähdytysyksikkö (Outokumpu Chrome Oy 2021).

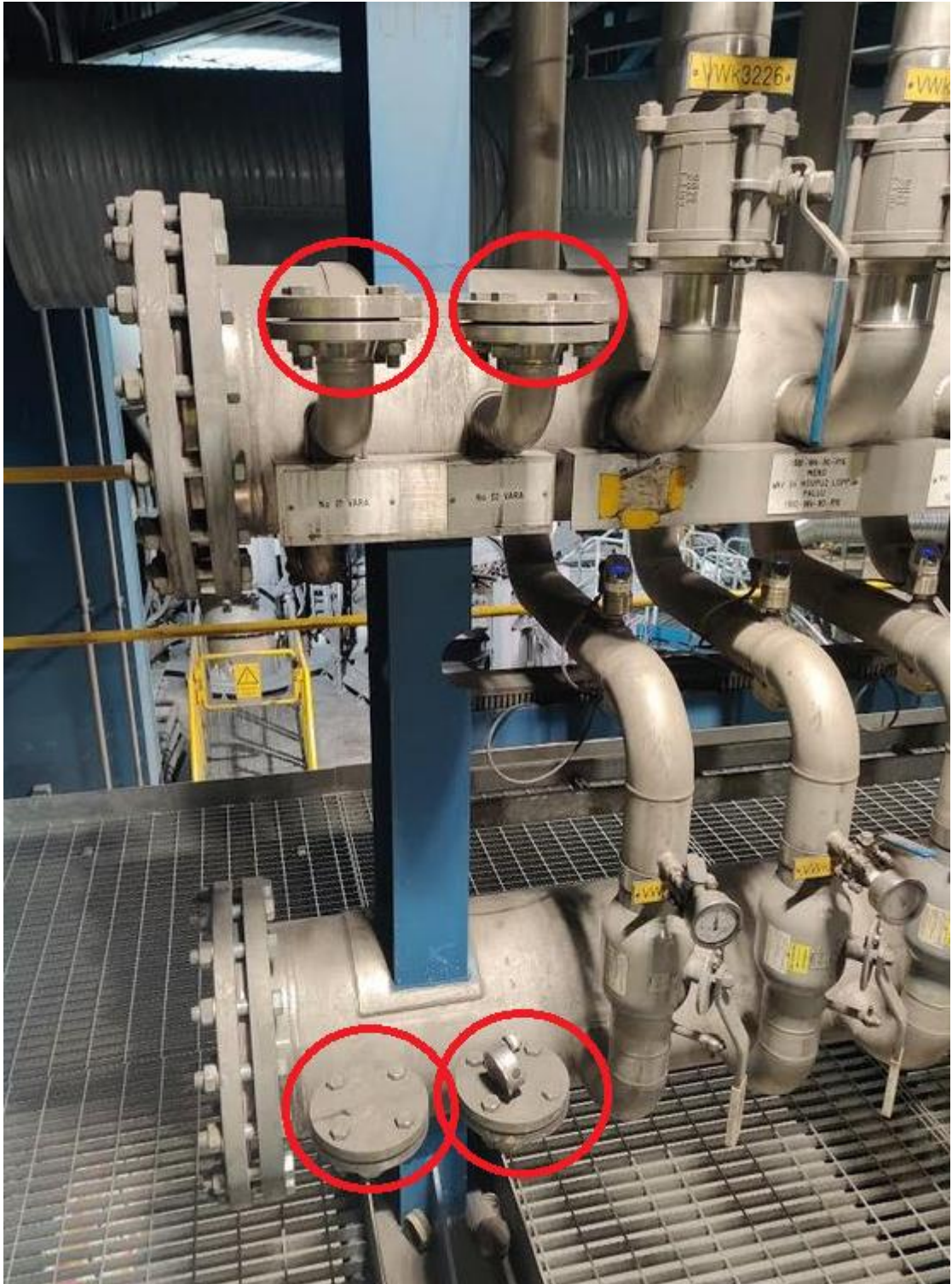
9.1 Jäähdytysputkisto jäähdytyslementeille

Jäähdytyslementtien vesiputket liitetään suljetun kierron jakotukkeihin holvitasolla ja käytetään glykolivettä. Tällä ratkaisulla ei tarvitse lisätä lämmönvaihtimia uusille jäähdytyslementeille. Jäähdytyslementeiltä ylös holvitasolle tuotavat vesiputket asennetaan katossa kulkevaan putkisiltaan (Kuva 7), josta putket tuodaan holvitason jakotukeille. Jäähdytysputkien materiaali on ruostumaton teräs EN 1.4307 / AISI 304 L.



Kuva 7. Katon putkistosilta.

Jakotukeilla nro 4, 5 ja 6 on ylimääräisiä varalähtöjä tulpattuna (Kuva 8) mukaisesti, joista vesiputket asennetaan kolmelle reikäalueen jäädytys-elementeille. Jäähdytysputkia asennetaan kolmelle jakotukille yhteensä 18 kpl, joista 9 kpl on ulostuloja ja 9 kpl sisääntuloja.



Kuva 8. Jakotukkien tulpatut varalähdöt.

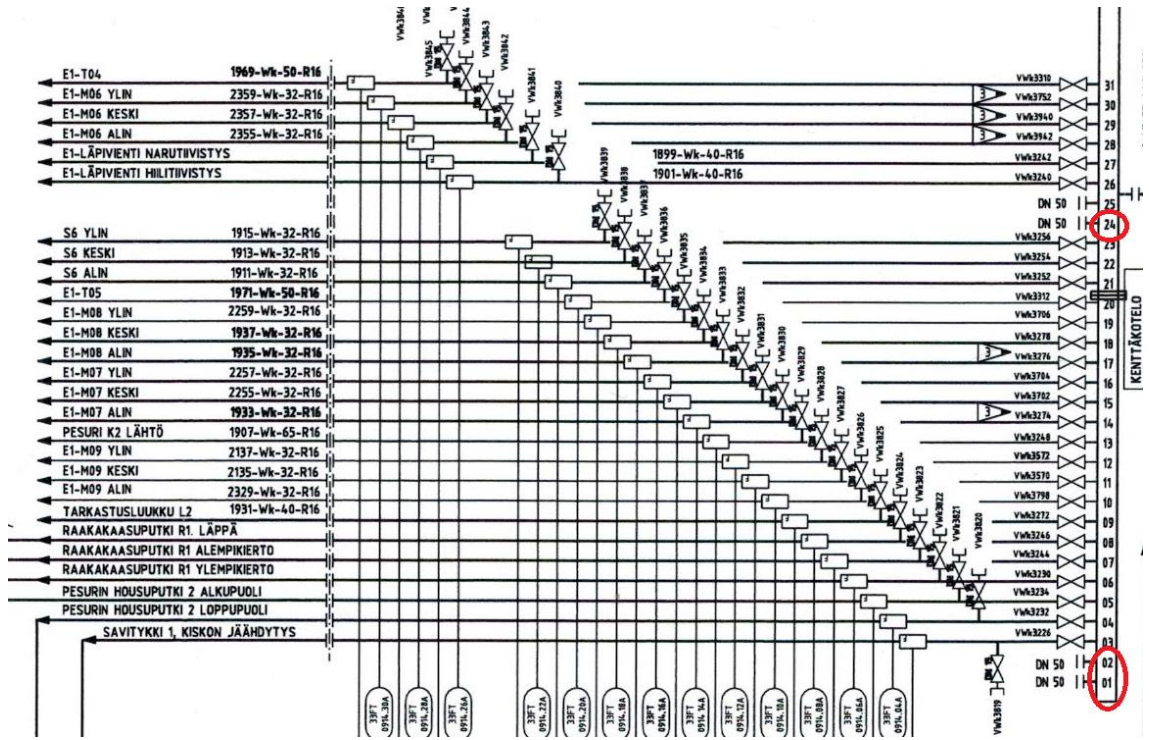
Holvitasolla sijaitsevista jakotukeista (Kuva 9) on suuri määrä jo käytössä olevia jäähdytysputkia. Varalla olevat lähdöt ja valmis putkisilta mahdollistavat kohtuullisella työmäärällä tehtävät putkiasennukset jäähdytysselementeille.



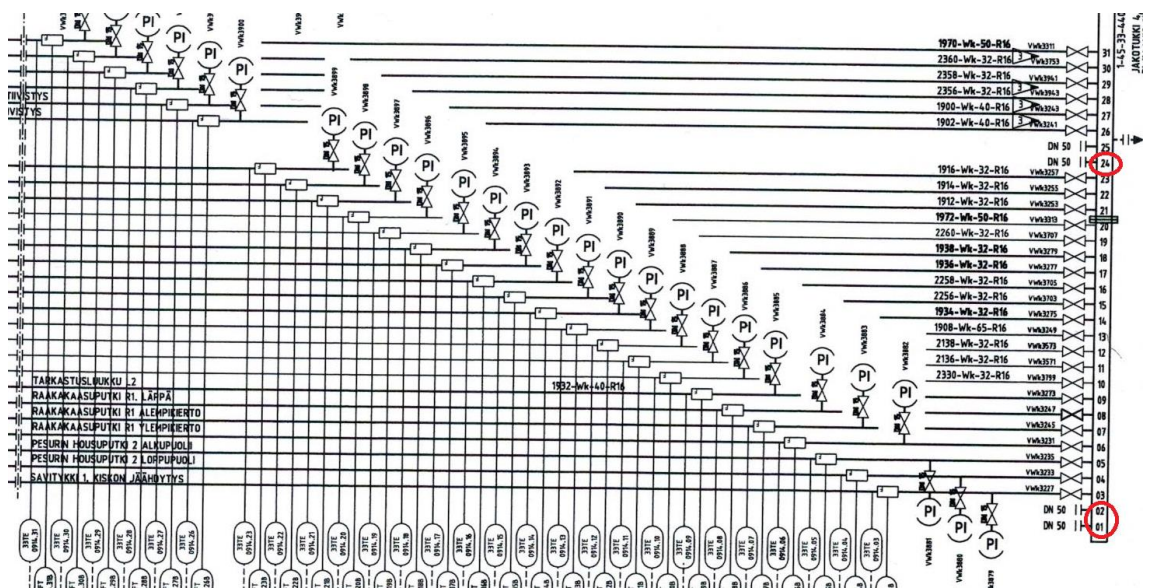
Kuva 9. Jäähdytyksen jakotukit holvitasolla.

9.2 Jakotukki 4

Jakotukkiin nro 4, asennetaan laskureikä 1. alueen jäähdytys. Jäähdytysveden kolme menopiiriä (Kuvio 10) liitetään vapaina oleviin nro 1, 2 ja 24 jakotukin lähtöihin. Paluuputket liitetään (Kuvio 11) jakotukkiin nro 1, 2 ja 24.



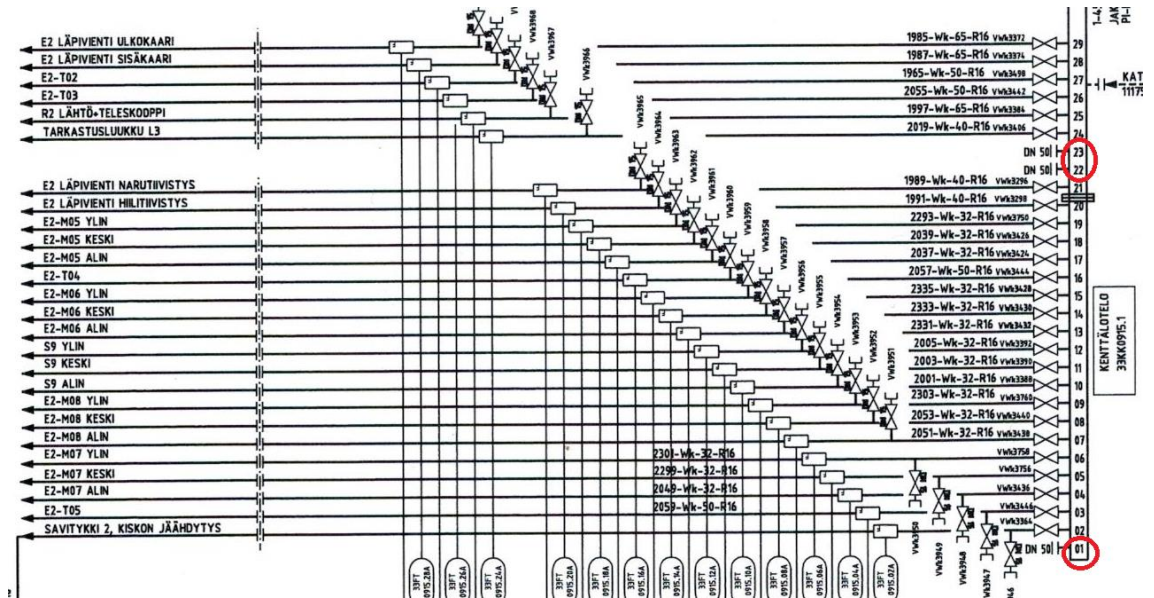
Kuvio 10. Jakotukki 4 PI-kaavio, meno (Outokumpu 2021c).



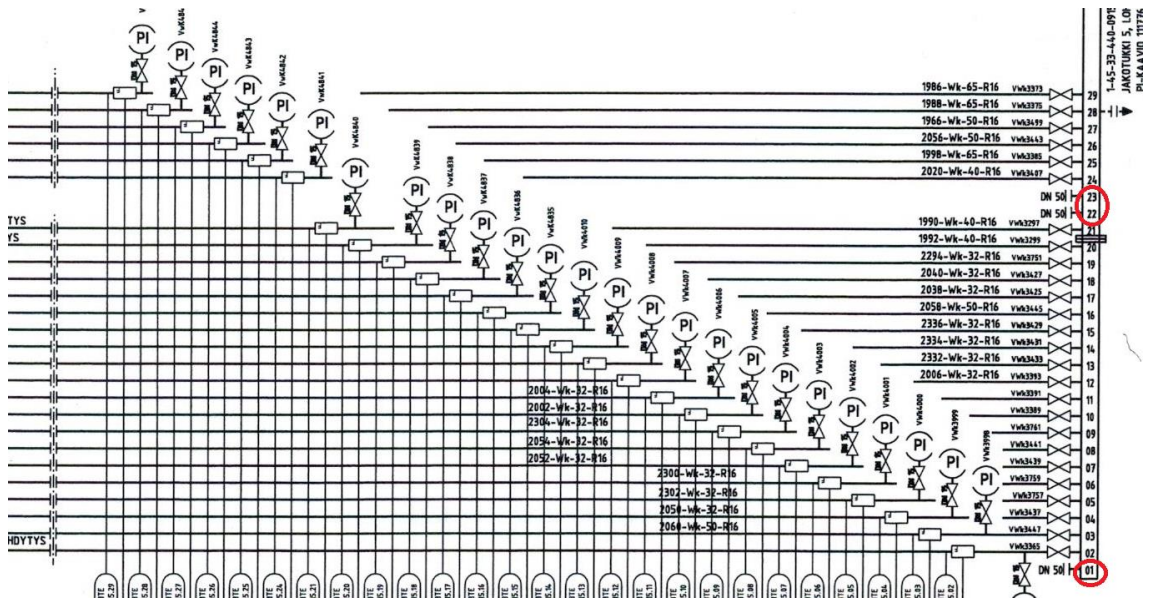
Kuvio 11. Jakotukki 4 PI-kaavio, paluu (Outokumpu 2021c).

9.3 Jakotukki 5

Jakotukkiin nro 5, asennetaan laskureikä 2. alueen jäähdytys. Jäähdytysveden kolme menopiiriä (Kuvio 12) liitetään vapaina oleviin nro: 1, 22 ja 23 jakotukin lähtöihin. Paluuputket liitetään (Kuvio 13) jakotukkiin nro: 1, 22 ja 23.



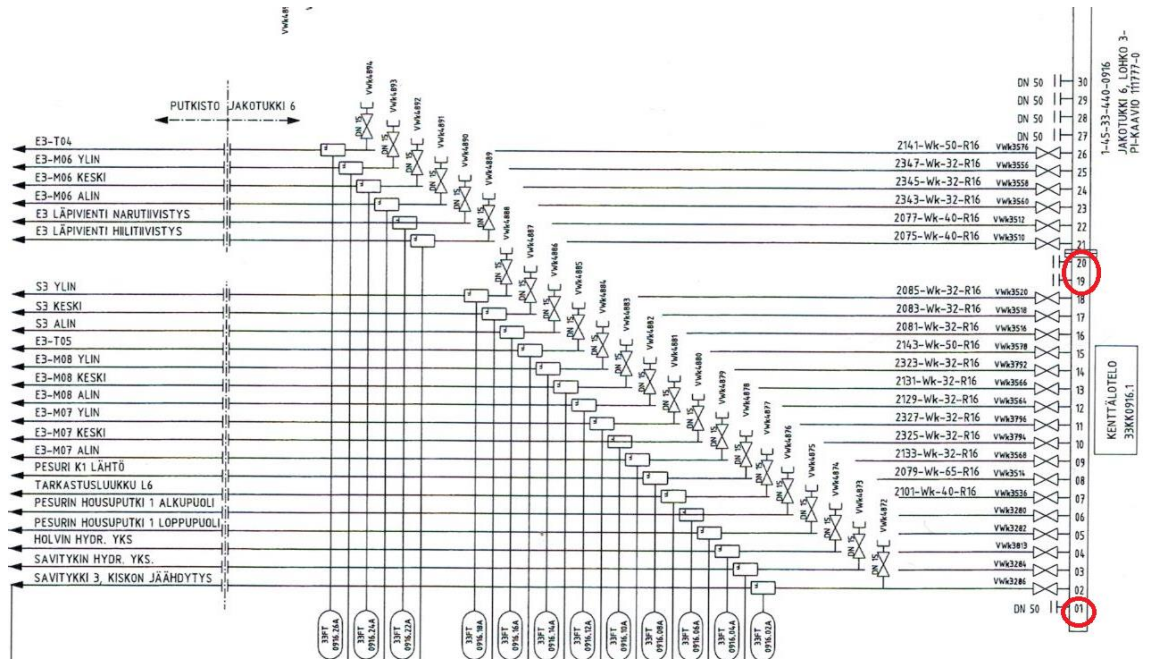
Kuvio 12. Jakotukki 5 PI-kaavio, meno (Outokumpu 2021c).



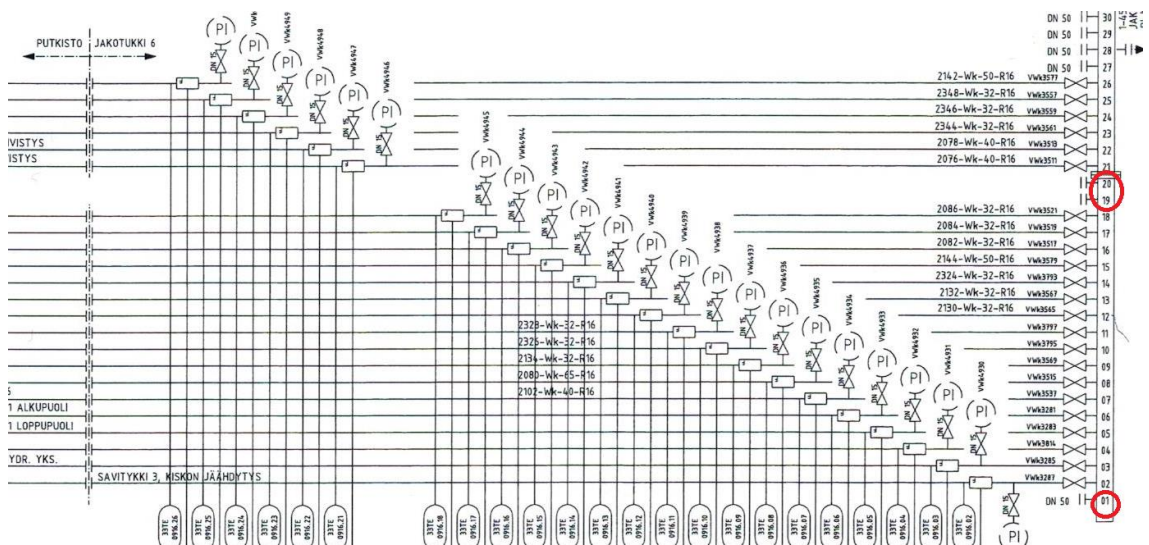
Kuvio 13. Jakotukki 5 PI-kaavio, paluu (Outokumpu 2021c).

9.4 Jakotukki 6

Jakotukkiin nro 6, asennetaan laskureikä 3 alueen jäähdytys. Jäähdytysveden kolme menopiiriä (Kuvio 14) liitetään vapaina oleviin nro 1, 19 ja 20 jakotukin lähtöihin. Paluuputket liitetään (Kuvio 15) jakotukkiin nro 1, 19 ja 20.



Kuvio 14. Jakotukki 6 PI-kaavio, meno (Outokumpu 2021c).



Kuvio 15. Jakotukki 6 PI-kaavio, paluu (Outokumpu 2021c).

9.5 Jäähdytysvesimäärän lisääntyminen

Suljetun kierron jäähdytys sisältää holvitasolla jakotukit nro 4, 5 ja 6. Jakotukeilta lähtevä tämänhetkinen jäähdytysvedentuotto on 1450 m³/h holvin, taajuusmuuttajien ja elektrodien jäähdytykseen. Jäähdytyslementtimuutoksen myötä jäähdytysvesi tuoton tarve (Kaava 3) kasvaa 1467,58 m³/h määrään.

Jakotukkien kokonaisveden määrä lasketaan kaavalla (3)

$$m^3/h(kok.) = m^3/h + m^3/h(nyk.) \quad (3)$$

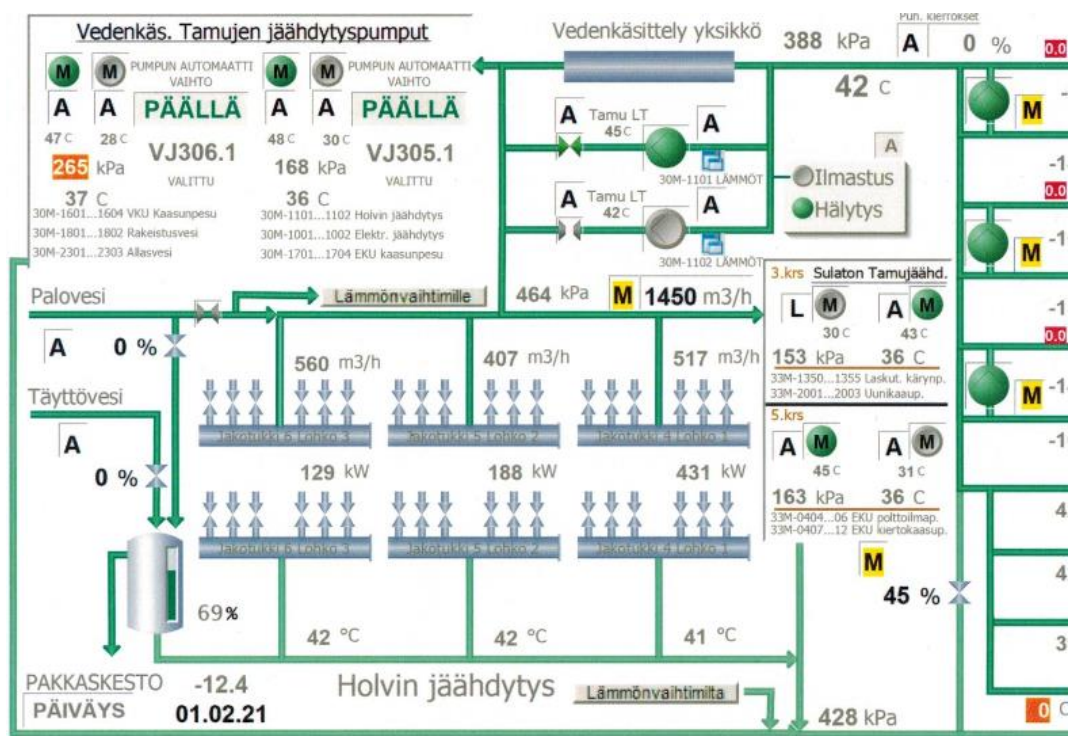
missä

m^3/h on jäähdytysveden lisäys 17,58 m³/h

$m^3/h (kok.)$ on jäähdytysveden kokonaistarve

$m^3/h (nyk.)$ on nykyinen jäähdytysveden määrä

Jäähdytystukeilta lähtevä vesimäärä koostuu seuraavista jäähdytysvesimääristä: (Kuvio 16) jakotukki nro 4, 517 m³/h, jakotukki nro 5, 407 m³/h ja jakotukki nro 6, 560 m³/h jäähdytysvesimääristä. Uusien jäähdytyslementti asennuksien myötä määrä nousee 17,58 m³/h lisää. Jäähdytyslementti asennuksien jälkeen jäähdytysveden tarve ei nouse suhteessa paljon tämän hetken kulutukseen verrattuna. Mikäli tuottoa pitää nostaa, onnistuu se taajuusmuuttajilla pumppujen kierroksia nostamalla.



Kuvio 16. Jakotukeilta lähtevät vesimäärät (Outokumpu Chrome 2012).

Piirissä sattuvan mahdollisen jäähdytysvesivuodon vuoksi, jakotukkien menolähtöihin (Kuva 10) asennetaan täyttöventtiilit veden lisätankkauksen vuoksi. Vara-venttiileistä voidaan ohjata palovettä järjestelmään. Kaikissa jakotukkien piireissä on vastaavat venttiilit täyttöä varten.

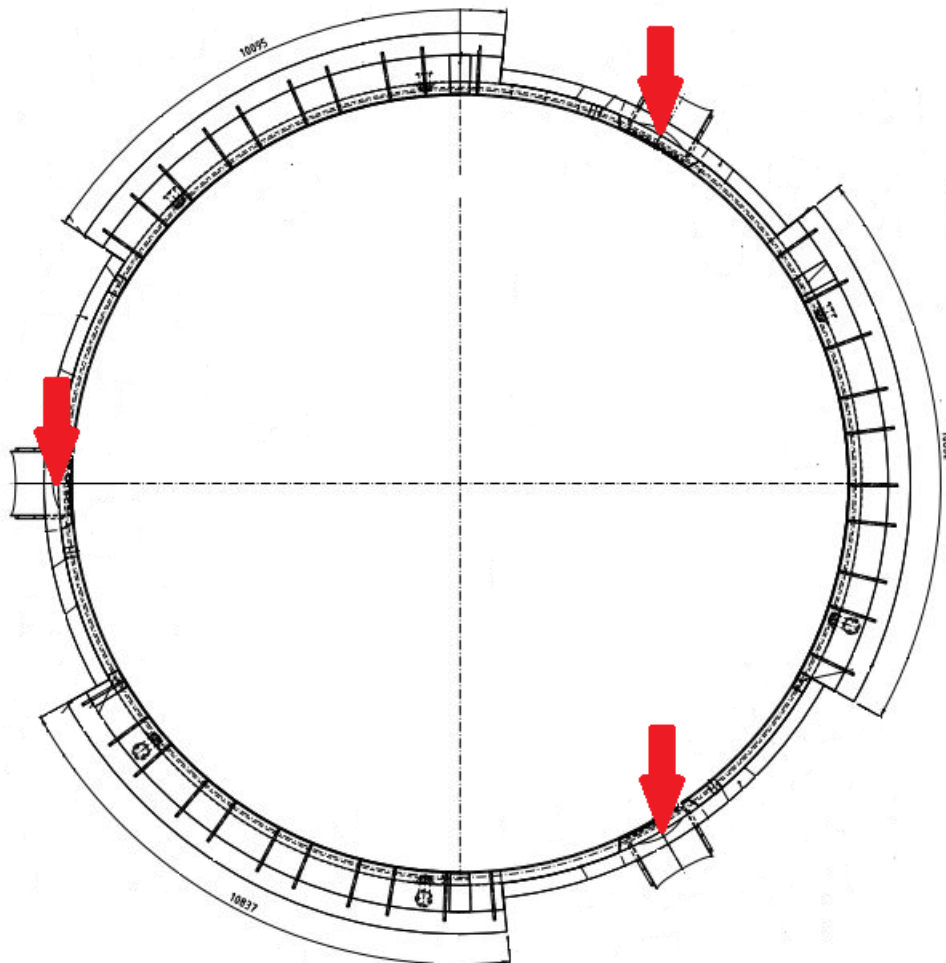


Kuva 10. Piirin täyttöventtiilit jakotukeilla.

9.6 Jäähdytysputket holvitasolla

Jäähdytyselementtien jäähdytysputkia on yhteensä 18 kpl kolmella laskureiällä. Jokaisen laskureiän kohdalta (Kuva 11) tuodaan jäähdytyselementiltä ylös holvitasolle 6 kpl jäähdytysputkia, joista 3 kpl on menoja ja 3 kpl tulolähtöjä.

Jäähdytysputket tuodaan lattian ja uunin välisestä tilasta holvitasolle 2. kerrokseen. Lattian ja uunin vaipan väliin syntyy tilaa vaelukampojen poiston jälkeen. Jäähdytysputkien läpiviennin päälle asennetaan kumimatto estämään lattian peusta muodostuvan veden valuminen laskunokan alueelle.



Kuva 11. Jäähdytysvesiputkien sijainnit (Outokumpu 2021c).

Holvitasolle uunin laitaan (Kuva 12) alhaalta tulevat jäähdytysputket katkaistaan noin 1000 mm pituudesta, ja lisätään kumiletkaa väliin sähkönjohtavuuden katkaisun vuoksi. Letkujen sijoittelussa on otettava huomioon sujuva letkujen vaihto mahdollisen letkurikon sattuessa. Uudet putkistot kiinnitetään uunin laitaan ja johdetaan katossa kulkevaan putkisiltaan.



Kuva 12. Uunin laita holvitasolla.

10 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli alustavan suunnitelman luominen F3 laskureikä-alueiden jäähdytyksen uudelleen kehittämisestä Outokumpu Chrome Oy:lle. Suunnitelman tulokset toteutetaan vuoden 2024 uuniremontissa. Ensimmäinen tehtävä työssä oli kartoittaa toteutusvaihtoehdot jäähdytyksen suhteen. Kahdesta ehdotetusta vaihtoehdosta toimeksiantaja valitsi paremman, joka työstettiin suunnitelmaksi. Työssä oli haasteita, koska monia asioita prosessissa oli otettava huomioon suunnitteluvaiheessa. Haastattelin lukuisia käytön henkilöitä ja kartoitin eri mahdollisuuksia toteutuksen suhteen.

Elementtien suunnittelussa tutkin Outokummun WebDoha kannasta löytyviä piirustuksia mittojen selventämiseksi. Laskureikä alue oli haastava piirustuksien suhteen, koska alueella on tehty useita muutoksia lähivuosina. Haasteita toivat myös lämpösuojien takana olevat rakenteet ja putket, joiden sijainteja ei päässyt näkemään.

Suunnitellut jäähdytys-elementit tilataan myöhemmin päätettävältä toimittajalta. Toimittajan tehtäväksi jää suunnitella jäähdytys-elementtien sisäpuoliset rakenteet parhaan mahdollisen jäähdytystehon saavuttamiseksi sekä jäähdytys-elementeille tulevien vesiputkien tarkempi suunnittelu ja toteutus.

LÄHTEET

Ahokas, T. 2021. Outokumpu Chrome Oy. Työntekijän haastattelu 20.1.2021.

Anttila, T. 2021. Outokumpu Chrome Oy. Sulanlaskijan haastattelu 8.1.2021.

Juopperi, T. 2021. Outokumpu Chrome Oy. Työnjohtajan haastattelu 1.2.2021.

Karassaari, O-P. 2021. Outokumpu Chrome Oy. Käyttöpäällikön haastattelu 8.1.2021.

Keinänen, K. 2021. Outokumpu Chrome Oy. Työntekijän Haastattelu 8.1.2021.

Outokumpu 2020. Tornion tehtaiden turvallisuuskoulutus. Viitattu 14.1.2021
[www://otke-cdn.outokumpu.com/-/media/files/locations/tornio/outokummun-tornion-tehtaiden-turvallisuus--ja-ympristkoulutus-2020_netiversio2.pdf?revision=b4b1444d-e11b-4bc9-8673-a91f3fbe55a3&modified=20200625052737&hash=C65870F9A82BF35210DC9684A3A383F0](http://www.otke-cdn.outokumpu.com/-/media/files/locations/tornio/outokummun-tornion-tehtaiden-turvallisuus--ja-ympristkoulutus-2020_netiversio2.pdf?revision=b4b1444d-e11b-4bc9-8673-a91f3fbe55a3&modified=20200625052737&hash=C65870F9A82BF35210DC9684A3A383F0)

Outokumpu 2021a. Ferrochrome liiketoiminta-alue. Viitattu 14.1.2021
<https://www.outokumpu.com/fi-fi/about-outokumpu/organization/ferrochrome>

Outokumpu 2021b. Outokummun historia. Viitattu 14.1.2021 <https://www.outokumpu.com/fi-fi/about-outokumpu/history-of-outokumpu>

Outokumpu 2021c. Piirustukset WebDoha. Outokummun sisäinen verkko. Viitattu 10.2.2021.

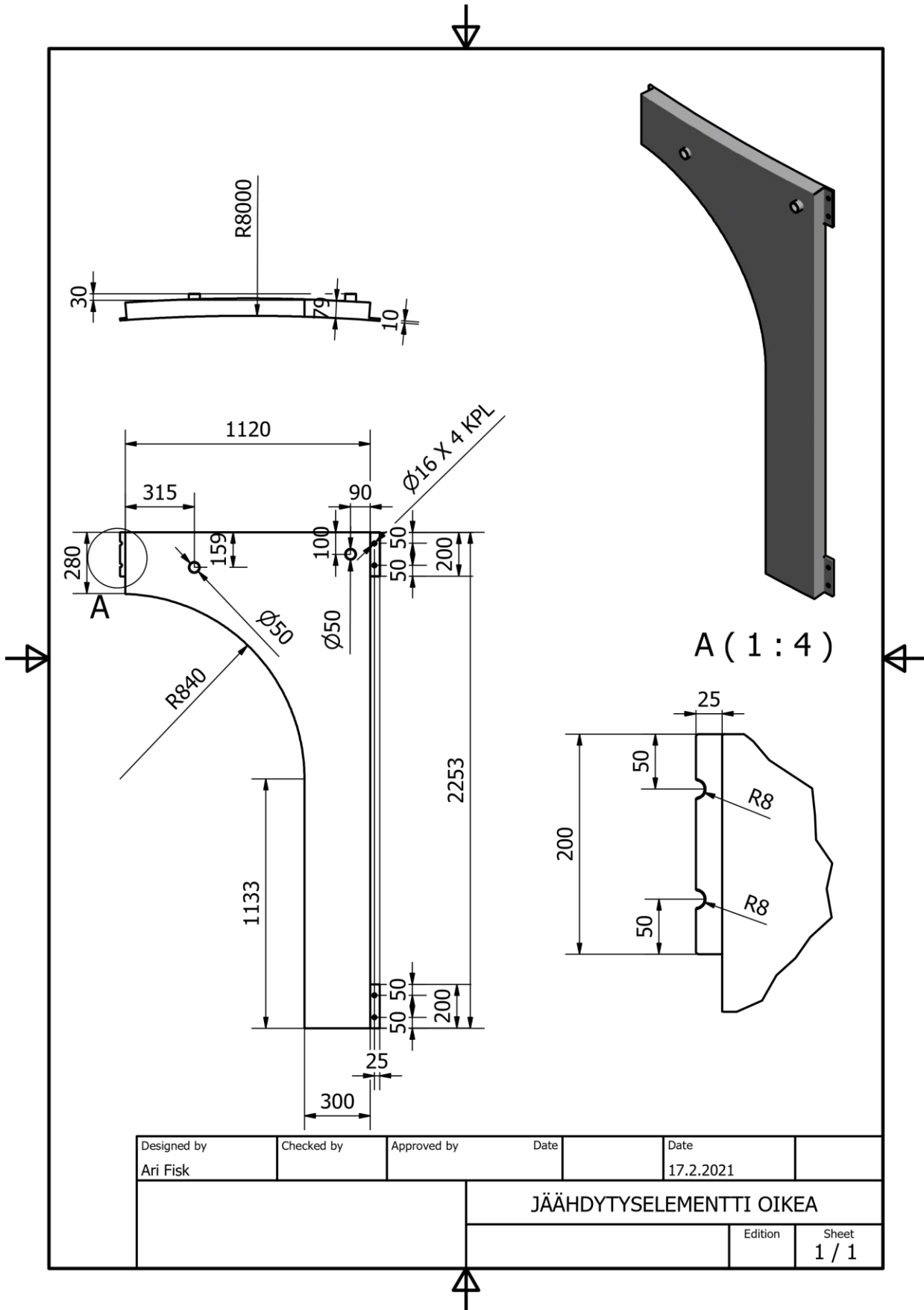
Outokumpu Chrome 2012. Prosessin ajokuvat. Metso DNA järjestelmä. Viitattu 10.2.2021.

Outokumpu Chrome 2021. Valokuvat. Chrome sisäinen verkko, K: asema. Viitattu 10.2.2021.

LIITTEET

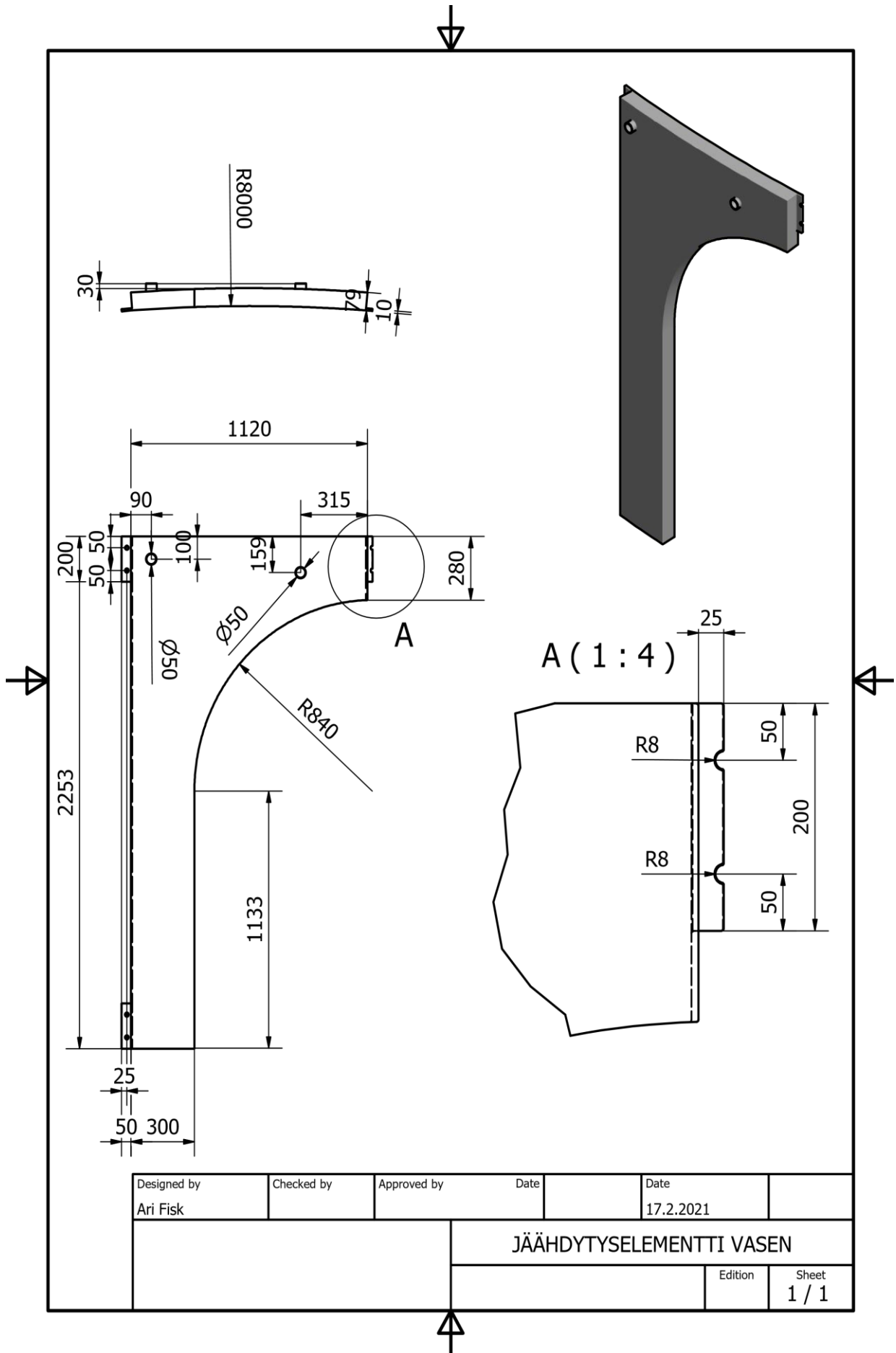
- Liite 1. Jäähdytyslementti oikea
- Liite 2. Jäähdytyslementti vasen
- Liite 3. Jäähdytyslementti ylös

Liite 1. Jäähdytyslementti oikea



Designed by Ari Fisk	Checked by	Approved by	Date	Date 17.2.2021
			JÄÄHDYTYSELEMENTTI OIKEA	

Liite 2. Jäähdytyslementti vasen



Designed by	Checked by	Approved by	Date	Date	
Ari Fisk				17.2.2021	
			JÄÄHDYTYSELEMENTTI VASEN		
			Edition	Sheet	
				1 / 1	

Liite 3. Jäähdytyslementti ylös

