

Anna Törmänen

Vakuumlaitoksen vianhaku ja kunnossapito- ohjeistus



Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Kevät 2023



**KAMK • University
of Applied Sciences**

Tiivistelmä

Tekijä: Törmänen Anna

Työn nimi: Vakuumilaitoksen vianhaku ja kunnossapito-ohjeistus

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), konetekniikka

Asiasanat: vakuumikäsittely, vakuumilaitos, vianhakukaavio, kunnossapito

Tämä opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona SSAB Europe Oy:n Raahan tehtaan terässulatolle. Työn tavoitteena oli koostaa vianhakukaavio ja ennakkohuolto-ohjelman päivitysehdotukset LF/VD-laitokseen kuuluvalla vakuumilaitokselle. Vakuumilaitoksella terästä käsitellään alipaineen eli vakuumin avulla. Vianhakukaaviota käytettäisiin apuna vianhakutilanteissa ja siten saataisiin lyhennettyä vikaantumisesta johtuvaa häiriöseisakin kestoa. Ennakkohuolto-ohjelman läpikäynti katsottiin myös tarpeelliseksi ja toivottiin, että löydöksiä voitaisiin hyödyntää uuden fossiilivapaan teräksen valmistukseen käytettävän vakuumikäsittelylaitoksen ennakkohuolto-ohjelman suunnittelussa.

Työ aloitettiin tutustumalla laitoksesta löytyviin dokumentteihin ja käyttöohjeisiin. Vianhakukaavion koostamisen pohjana toimivat vanhat kunnossapitojärjestelmästä löytyneet vikatyöt sekä kunnossapidon henkilöstön kanssa käydyt keskustelut. Ennakkohuolto-ohjelma käytiin läpi tutustumalla tämänhetkisiin ennakkohuoltotöihin sekä poistettuihin ennakkohuoltotöihin, jotka löytyivät kunnossapitojärjestelmästä.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin koostettua vianhakukaavio, mikä voidaan ottaa käyttöön vianhakutilanteita tukemaan. Lisäksi vikaantumistilanteiden raportointiin ehdotetaan yhtenäistä toimintatapaa. Ennakkohuolto-ohjelmaan ehdotetaan otettavaksi käyttöön käynnin aikaista huoltokierrosta ennen varsinaista huoltopäivää sekä pumppulaitteiston tarkastuksen lisäystä huolto-ohjelmaan.

Abstract

Author: Anna Törmänen

Title of the Publication: Failure Situation Chart and Maintenance Guidance for Vacuum Plant

Degree Title: Bachelor of Engineering, Mechanical Engineering

Keywords: vacuum, vacuum plant, failure situation chart, maintenance

The thesis was assigned by SSAB Europe Oy Raahе steel mill. The objective of the thesis was to compose a failure situation chart and to examine the current preventative maintenance program for the vacuum plant of the LF/VD- plant. In the vacuum plant, steel is processed with under pressure. The chart would be an aid in failure situations, and as a result the downtime of the plant would be shorter.

The process commenced with studying the documents and manuals involving the plant. Previous failures and interviews with the maintenance personnel were the basis for composing the failure situation chart. After examining current and deleted maintenance works in the maintenance system, the maintenance program was updated.

As a result of this thesis a failure situation chart was created, which functions as a supporting tool in failure situations. In addition, a coherent failure reporting procedure is recommended. To the preventative maintenance program, a maintenance round of the running plant before the actual maintenance day is suggested and adding an inspection round to the pump equipment is recommended.

Sisällys

1	Johdanto	1
2	SSAB	2
2.1	SSAB- konserni ja Raahen tehdas	2
2.2	Konvertteriprosessi ja LF/VD-laitos	3
3	Kunnossapidon teoria	6
3.1	Kunnossapidon tavoitteet	6
3.2	Kunnossapidon suunnitelmallisuus	7
3.3	Kunnossapitolajit	7
3.4	Kunnossapito SSAB:n terässulatolla	9
4	Vakuumikäsittelyn teoria	11
5	Laitteiston yleiskuvaus	13
5.1	Vakuumikäsittely	14
5.1.1	Tankkivaunu	14
5.1.2	Vakuuminkansi	15
5.1.3	Seosaineensyöttölaite	17
5.1.4	Langansyöttölaite	17
5.2	Vakuuminmuodostuslaitteet	17
5.2.1	Imuputki ja esierotin	18
5.2.2	Pumppulaitteisto	19
5.3	Seosainejärjestelmä ja putkistot	21
6	Käsittelyn kulku	24
7	Ennakkohuolto-ohjelma	26
7.1	Viikkohuollot	27
7.2	Säteilykannen ja blommin vaihto	27
7.3	Vuosihuollot	29
7.4	Testit	30
8	Viat ja vianhakutilanteet	36
8.1	Yleisimmät viat	36

8.2	Vikaantumisen sattuessa.....	36
8.3	Ennakointi.....	39
9	Johtopäätökset ja kehitysehdotukset.....	40
10	Pohdinta	42
	Lähteet	43
	Liitteet	

Termit ja lyhenteet

LF/VD-laitos	Laitos, joka koostuu vakuuulaitoksesta ja senkkauunista
Senkkauuni	Teräksen jälkitäsmäysasema
Senkka	Tulenkestävillä tiilillä vuorattu, sulan teräksen kuljetussäiliö
Minimill	Romumetallin käyttöön pohjautuva terästuotantolaitos
JV-laitos	Jatkuvavalulaitos
PI-kaavio	Putkitus- ja instrumentointikaavio
Arttu	SSAB:n käyttämä kunnossapitojärjestelmä
Neuvo	SSAB:n käyttämä tuotannonohjausjärjestelmä
SPC	Statistical process control, tilastollinen prosessinohjaus
Blommi	Vakuuinkannen, tulenkestävästä materiaalista valmistettu, suojaava osa3
SVE	Aloitusejektori

1 Johdanto

Tein työharjoitteluni SSAB:n Raahen tehtaan sulaton mekaanisen kunnossapidon työnjohtajana kesällä 2022 ja sen jatkoksi sain tämän opinnäytetyön, jonka aihe on vakuumilaitoksen vianhaku-kaavio ja kunnossapito-ohjeistus. Työn tilaaja oli SSAB:n Raahen tehtaan terässulaton kunnossapidon osasto, työ tehtiin toimeksiantona ja työ tehtiin syksyn 2022 ja vuoden 2023 alun aikana. Työharjoitteluni työskentelyalueenani olivat terässulaton konvertterit laitteineen, joiden piiristä löysimme opinnäytetyöni aiheen. Terässulaton konvertterin laitteisiin kuuluu LF/VD-laitos. Laitos on kriittinen laadukkaampien teräksien valmistuksessa, joten laitteiston tulisi toimia moitteettomasti, ilman häiriöseisakkeja [1]. Jo aiemmin oli noussut esiin toive vakuumilaitoksen vianhaku-kaaviosta, jolla saataisiin häiriöseisakkien kestoa lyhennettyä. Ennakkohuolto-ohjelman läpikäyminen katsottiin myös tarpeelliseksi. Opinnäytetyön aiheeksi rajattiin vianhaku-kaaviokehittäminen ja ennakkohuolto-ohjelman läpikäynti ja mahdolliset päivitysehdotukset. Toiveena oli myös, että näitä tietoja voitaisiin hyödyntää uuden fossiilivapaan terästuotannon vastaavan laitoksen ennakkohuolto-ohjelman suunnittelussa. Tässä työssä keskityttiin vain vakuumilaitteistoon ja senkkauunin laitteistot jätettiin tehtävänannon ulkopuolelle.

Työn tavoitteena oli tuottaa vianhaku-kaavio vianhakutilanteiden lyhentämiseksi ja selkeyttämiseksi sekä löytää mahdollisia parannusehdotuksia ennakkohuolto-ohjelmaa tukemaan. Työstämisen aloitin tutustumalla laitokseen dokumentteihin ja sen toimintaan. Laitos on laaja ja koostuu monista eri laitteistoista, joten sen toimintaperiaatteen ymmärtämiseen tulee käyttää aikaa. Sen jälkeen tuli käydä laitteiston ennakkohuolto-ohjelma läpi ja tutustua valmistajan toimittamiin dokumentteihin. Haastatteleamalla laitteistoa tuntevia henkilöitä sain tärkeää tietoa laitteiston päivityksestä käytöstä ja kunnossapidosta. Vianhaku-kaaviota varten tuli löytää yleisimmät viat ja kuinka niihin tulee reagoida vikaantumisen sattuessa, ja näitä lähdin selvittämään tutkimalla kunnossapitojärjestelmän vanhoja vikatöitä ja niiden raportointeja.

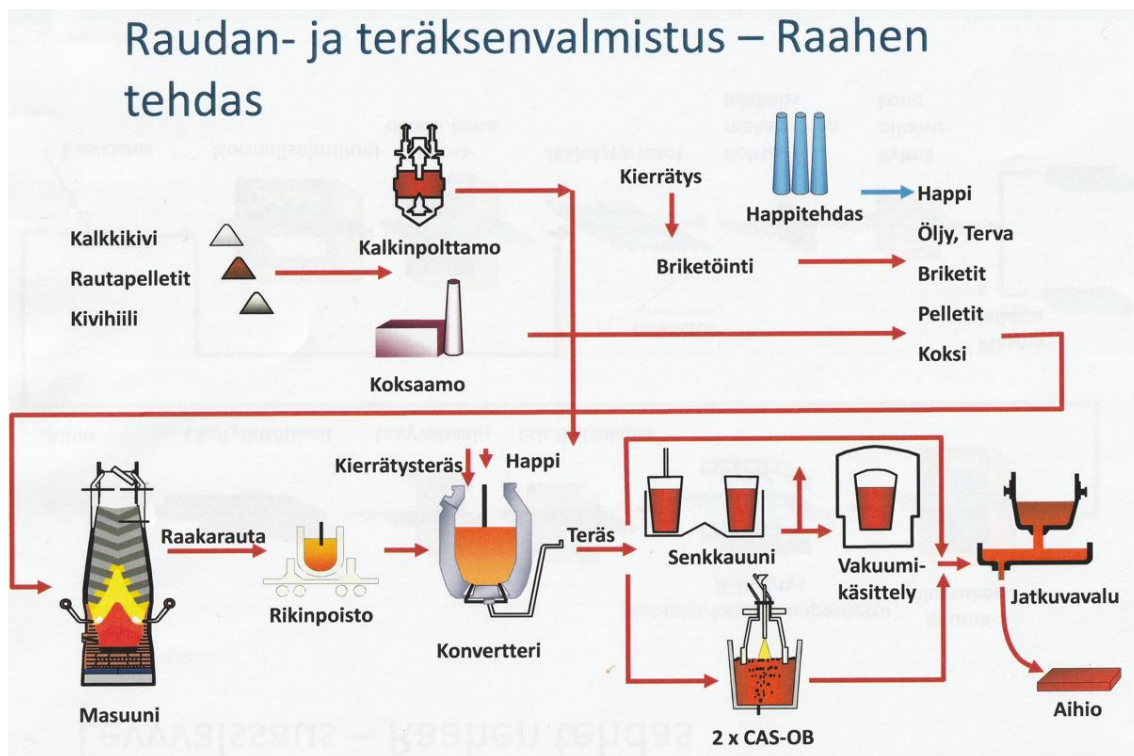
2 SSAB

2.1 SSAB- konserni ja Raahen tehdas

SSAB on globaali teräsyhtiö, jolla on tuotantolaitoksia Ruotsissa, Suomessa ja Yhdysvalloissa. Näiden tuotantolaitosten vuosittainen tuotantokapasiteetti on 8,8 miljoonaa tonnia terästä. Yhtiö keskittyy visionsa mukaan tuottamaan entistä kevyempiä, vahvempia ja kestävämpiä terästuotteita. Tämä vaatii jatkuvaa kehitystyötä teräslaatujuen sekä tuotannon suhteen. [2.] Yhtiö on sitoutunut pyrkimään kohti fossiilivapaata teräksen valmistusta ja näin vastaamaan ympäristöystävällisten ratkaisujen kysyntään. [3.]

Koska hiilidioksidipäästöjä on vähennettävä ja teräksentuotanto nykyisellään tuottaa niitä paljon, haluaa SSAB kehittyä fossiilivapaaksi teräksen toimittajaksi ja tehdä oman osansa kasvihuoneilmiön hillitsemiseksi. Vuonna 2016 aloitettu yhteishanke HYBRIT Vattenfallin ja ruotsalaisen kaivosyhtiö LKAB:n kanssa on kehittänyt tapaa tuottaa täysin fossiilivapaata terästä. [4.] Teräksen valmistukseen käytetään rautamalmia, josta nykyisellä menetelmällä poistetaan happi hiilen ja koksen avulla. HYBRIT-hanke on rakennuttanut pilottilaitoksen SSAB:n Luulajan tehtaan alueelle ja se käynnistyi vuonna 2020. Pilottitehtaassa kehitetään prosessia, jossa happi poistetaan rautamalmista vetyä hyväksi käyttäen, jolloin hiilidioksidipäästöjä ei vapaudu, vaan prosessista muodostuu vesihöyryä. Vuonna 2022 aloitti toimintansa maanalainen vetyvaraston pilottilaitos ja suunnitteella on demonstraatiolaitos Jällivaaraan LKAB:n rautamalmikaivoksen läheisyyteen. [5.] SSAB:llä on tavoite tuoda fossiilivapaata terästä kaupallisia määriä vuonna 2026 ja päästä suurilta osin toimintansa hiilidioksidipäästöistä vuoteen 2030 mennessä. [4.]

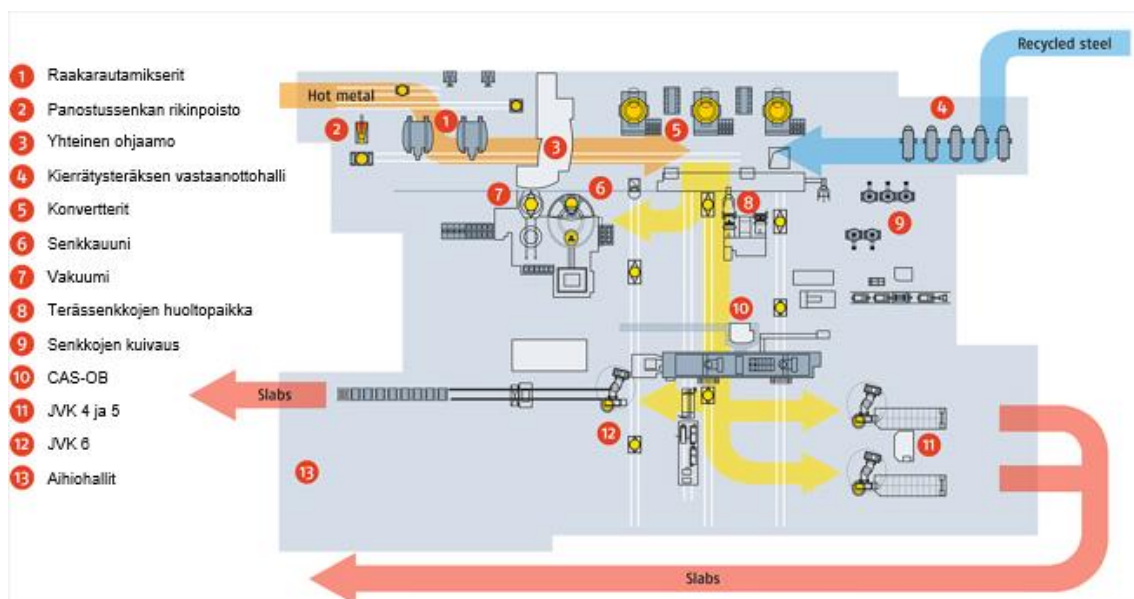
SSAB:n Raahen tehtaalla valmistetaan kahdessa masuunissa raakarautaa ja muokataan se sitten terässulatolla konvertterien ja jälkitäsmäyslaitteiden avulla standardi-, premium- ja erikoisteräksiksi. Terässulasta valetaan teräsaihoita, joita valssataan kuumavalssaamalla tehtaan päätuotteiksi, levyiksi ja kelatuotteiksi. Kuvassa 1 on esitelty Raahen tehtaan raudan- ja teräksenvalmistuksen prosessikaavio. Tehdas työllistää noin 2500 omaa työntekijää, sekä alueella työskentelee satoja eri urakoitsijoita sekä yhteistyökumppaneita. SSAB aikoo uudistaa Raahen tehtaan minimi-tuotantolaitokseksi, johon sisältyvät valokaariuunit ja valssaamot. [6.]



Kuva 1. Raahen tehtaan raudan- ja teräksenvalmistuksen prosessikaavio [7]

2.2 Konverterteriprosessi ja LF/VD-laitos

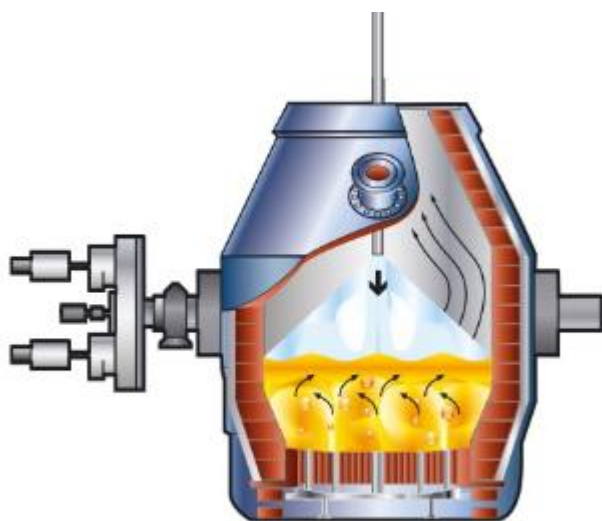
Terässulatolla raakaraudasta muodostetaan terästä. Kuvassa 2 on esitetty terässulatolaiton layout.



Kuva 2. Terässulatolaiton layout [7]

Masuunilta tulevan raakaraudan hiilipitoisuus on 4–5 % ja teräksen hiilipitoisuus tulee olla alle 2 %. Konvertterilaitoksella raakaraudasta poltetaan hiili halutulle tasolle sekä poistetaan muita haitallisia aineita, joita raakarauda sisältää. Tätä hiilen polttamista kutsutaan mellotukseksi ja se saadaan aikaan puhaltamalla puhdasta happea sulaan raakarautaan, jossa hiili reagoi hapen kanssa muodostaen CO-kaasua eli häkää. Teräsprosessin lopuksi teräksen halutut ominaisuudet täsmätään jälkitäsmäysasemilla. [8.]

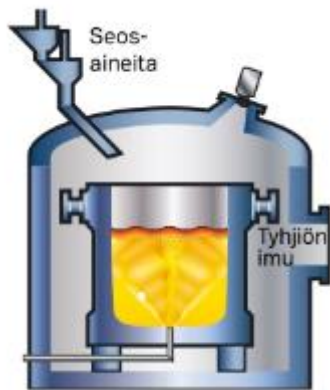
Raahan terässulatolla raakaterästä valmistetaan kolmella yhdistelmäpuhalluskonvertterilla, joissa mikseriä tullut raakarauda panostetaan rautaromun kanssa sekä panokseen lisätään kalkki ja kuonanmuodostusaineet, joita tarvitaan kuonanmuodostukseen. Konverttereissa happi puhalletaan ylhäältä laskettavan happilanssin läpi sekä pohjassa sijaitsevien suuttimien kautta puhalletaan argon-kaasua, joita säätelemällä saadaan ohjattua prosessia. [8.] Suutinten toimintaa on kuvattu kuvassa 3. Panoksen lämpötilaa ja hiilipitoisuutta mitataan ja konvertteriprosessissa pyritäänkin pääsemään tiettyyn hiilipitoisuuteen ja tavoitelämpötilaan [9]. Kun panostus on valmis, kallistetaan konvertteria ja valutetaan sula teräs kaatoreiän kautta valusenkkään. [8.]



Kuva 3. Konvertteri [8]

Tämän jälkeen terästä käsitellään jälkitäsmäysasemilla, joissa teräksen koostumusta ja valulämpötilaa voidaan vielä säätää. Yksi tällainen asema on terässulaton LF/VD-laitos, joka koostuu senkkauunista ja vakuumilaitoksesta. Senkkauunilla voidaan nostaa sulan lämpötilaa tarvittaessa ja vakuumilaitoksella valmistetaan niukkahiilisiä teräslaatuja tyhjiökäsittelyn avulla. [8.] Vakuumilaitos on tuotannolle kriittinen laitos, koska sillä valmistetaan korkeampilaatuisia teräksiä. Raahan

tehtaan vakuumilaitos on otettu käyttöön vuonna 1998 ja sen tulisi toimia, kunnes uusi fossiilivapaan teräksen valmistuksen laitteisto valmistuu. [1.] Kuvassa 4 on läpileikkaus vakuumitankista.



Kuva 4. Vakuumitankki [8]

Nykyisellään tyhjiö tuotetaan höyrytoimisilla ejektoreilla, mutta uudessa minimill-tuotantolaitoksessa ne tullaan korvaamaan mekaanisilla pumpuilla. Silloin sähkömoottorit pyörittävät lamelli- ja ruuvitoimisia pumppuja, mitkä imevät ilmaa tyhjiötankista. [1.]

3 Kunnossapidon teoria

Kunnossapito on toimenpiteiden kokonaisuus, jolla säilytetään kohde tilassa tai palautetaan se tilaan, jossa se voi suorittaa vaaditun toiminnon sen koko elinjakson ajan. Tämä kokonaisuus sisältää niin tekniset, hallinnolliset kuin johtamisen toimenpiteet. Tuotannon toteuttamiseen kuuluvat, välittömät toimenpiteet ovat käyttöä, kuten prosessinohjaus ja laitteiston käyttö. Työkalujen, kytkentöjen ja komponenttien vaihdot kuuluvat myös käyttöön. Käynnissäpidolla tarkoitetaan käytön toimenpiteiden lisäksi tehtäviä toimia, kuten puhtaanapito, voitelu, pienet korjaukset, kunnonvalvonta ja tuotantokyvyn seuranta. Kunnossapidon toimenpiteisiin kuuluvat huollot, korjaukset, parannukset ja muutokset. [10.]

Vikaantuminen tapahtuu, kun kohde menettää kykynsä tehdä vaadittua toimintoa. Kohde voi olla mikä tahansa komponentti, laitteisto tai osalaitteisto, ohjelmisto, järjestelmä tai välineistö. Vikaantuminen on aina seuraus jostain välittömästä vikaantumissyystä ja se taas voi koostua yhdestä tai useammista juurisyyistä, joka toimii syy-seurausketjun käynnistävänä herätteenä. [10.]

3.1 Kunnossapidon tavoitteet

Kunnossapidolla pyritään korkeaan tuotannon kokonaistehokkuuteen (KNL) sekä hyvään käyttövarmuuteen. Kokonaistehokkuus on kolmen osatekijän tunnuslukujen tulo: käytettävyyden (K), toiminta-asteen (N) ja laatukertoimen (L). Näistä saadaan kokonaistehokkuutta kuvaava kerroin/prosenttiluku. Lisäksi kunnossapidon tärkeitä tavoitteita ovat turvallisuus, ympäristön huomioiminen ja kustannustehokkuus. [10.]

Terminä käytettävyydellä tarkoitetaan kohteen kykyä olla tilassa, jossa se voi suorittaa vaaditun toiminnon olettaen, että ulkoiset resurssit ovat käytettävissä. Käytettävyys riippuu kolmesta osatekijästä: toimintavarmuudesta, kunnossapidettävyydestä ja kunnossapitovarmuudesta. Käyttövarmuus on kohteen kyky toimia vaadittaessa, vaaditulla tavalla, olettaen, että ulkoiset resurssit ovat käytettävissä. [10.]

3.2 Kunnossapidon suunnitelmallisuus

Kunnossapidon suunnittelu

Kokonaisuutena kunnossapitotoiminnan suunnittelu on jatkuvaa. Johto määrittelee kunnossapitostrategian, joka toimii pohjana tälle suunnittelulle. Kunnossapitostrategian mukaan määräytyy yleissuunnitelma, henkilöstöresurssit, kunnossapidon tilat ja -välineet, laitteiston teknisen tiedon hallinta sekä materiaalitoiminnot. [10.]

Työsuunnittelu

Kunnossapidon työsuunnittelu on tiedossa olevien kunnossapitotoimenpiteiden toteutuksen suunnittelua siten, että se on tuotannon ja kunnossapidon kustannusten kannalta optimaalisinta. Kunnossapitojärjestelmän kautta koostetaan työmääräin kunnossapidon toimenpiteelle. Tästä tilauksesta tulee ilmetä kohde, tehtävä toimenpide sekä toteutuksen ajankohta. Suunnitteluvaiheessa määritetään toimenpiteen vaatimat läpimenoajat, työvoimaresurssit ja paras ajankohta toteutukselle. Myös varmistetaan tarvittavat materiaalit, varaosat sekä työvälineet. Selvitetään, voiko toimenpiteen tehdä tuotannon käynnin ohessa vai tarvitseeko tuotanto pysäyttää. Suunnitellun seisakin ajalle kerätään nämä pysäytystä vaativat työt ja aikataulutetaan ne seisakin ajalle. Häiriöseisakki voi olla välitön tai siirretty: välitön häiriöseisakki pysäyttää tuotannon välittömästi, kun taas siirretty pysäytys voidaan suorittaa tietyn ajan kuluttua, jolloin tehtävien toimenpiteiden valmisteluun on aikaa. Tehdyt toimenpiteet ja toteutuneet kustannukset tulee raportoida kunnossapitojärjestelmään. [10.]

3.3 Kunnossapitolajit

Kunnossapito jaetaan kunnossapitolajeihin PSK 6201:n mukaan suunniteltuun ja suunnittelemattomaan kunnossapitoon. Suunnittelematon kunnossapito on korjaavaa kunnossapitoa sekä osa kuntoon perustuvasta kunnossapidosta. Loput kunnossapitolajit ovat suunniteltua. [10.]

Korjaava kunnossapito

Korjaavalla kunnossapidolla reagoidaan vikoihin ja poikkeamiin, jotka haittaavat kohteen kykyä toteuttaa vaadittua toimintoa. Nämä korjaukset ovat suunnittelemattomia ja voidaan jakaa korjauksiin, jotka suoritetaan heti tai siirretään ajankohtaan, jolloin korjaus on mahdollista suorittaa. [10.]

Kuntoon perustuva kunnossapito

Tässä kunnossapidon lajissa suoritetaan kuntoon perustuvia korjauksia tai huoltotoimenpiteitä. Kohteen kuntoa tarkkaillaan jatkuvasti tai suoritetaan tarkistuksia määräajoin, näiden perusteella reagoidaan tarvittavilla toimenpiteillä. Tarkkailulla pyritään havaitsemaan kohteessa jo ennen vikaantumista. Korjaukset voivat olla suunniteltuja tai suunnittelemattomia. Kunnossapidon tarvetta voidaan suorittaa ennustamalla erilaisia analyyskejä sekä tarkkailemalla tunnusmerkkejä ja tilaa kuvaavien arvojen muuttumista. Tällä ennustavalla kunnossapidolla voidaan katsoa laitteisto laajempaa kokonaisuutena [10.]

Jaksotettu kunnossapito

Jaksotettua kunnossapitoa suoritetaan ennalta määrättyinä jaksona tai käytön määrän täytyttyä, ilman ennakoivaa kunnan tutkimista. Jaksotetussa huollossa toimenpiteet suoritetaan aina tietyn ajanjakson tai käyttömäärän jälkeen, millä pyritään pitämään kohteen suorituskyky tietyllä tasolla. Sama koskee jaksotettua vaihtoa, mutta siinä kohde korvataan huolletulla tai uudella yksiköllä. Voiteluhuolto on myös jaksollista kunnossapitoa ja sillä pyritään pitämään voitelun määrä ja laatu tietyllä tasolla. Jaksotettua kunnossapitoa kutsutaan myös ehkäiseväksi kunnossapidoksi. [10.]

Parantava kunnossapito, parantaminen

Parantava kunnossapito käsittää toimenpiteet, joilla pyritään parantamaan kohteen toimintavarmuutta, kunnossapidettävyyttä tai turvallisuutta muuttamalla kohteen vaadittua toimintoa. Tässä voidaan käyttää hyväksi erilaisia analyyskejä, joiden pohjalta pyritään määrittämään kohteen toimintaa heikentävät tekijät ja niiden kriittisyydet. Siten saadaan kohdistettua kunnossapito toimenpiteet oikeisiin kohteisiin sekä saadaan tunnistettua niiden vaikutukset kohteen käyttövarmuuteen ja toimintaan. Kunnossapitosuunnitelmien ja kunnossapito-ohjeistusten päivityksellä pyritään parantamaan käyttövarmuutta ja kunnossapitotoimenpiteiden ohjeistusta. [10.]

Muu kunnossapito

Muu kunnossapito pitää sisällään ne toimenpiteet, jotka eivät kuulu yllä mainittuihin kunnossapitolajeihin. Tätä ovat siisteyttä ylläpitävät toimenpiteet, varaosien kunnostus ja valmistus, tietojen hallinta, johtaminen, kehitys ja suunnittelu sekä korvausinvestoinnit. [10.]

3.4 Kunnossapito SSAB:n terässulatolla

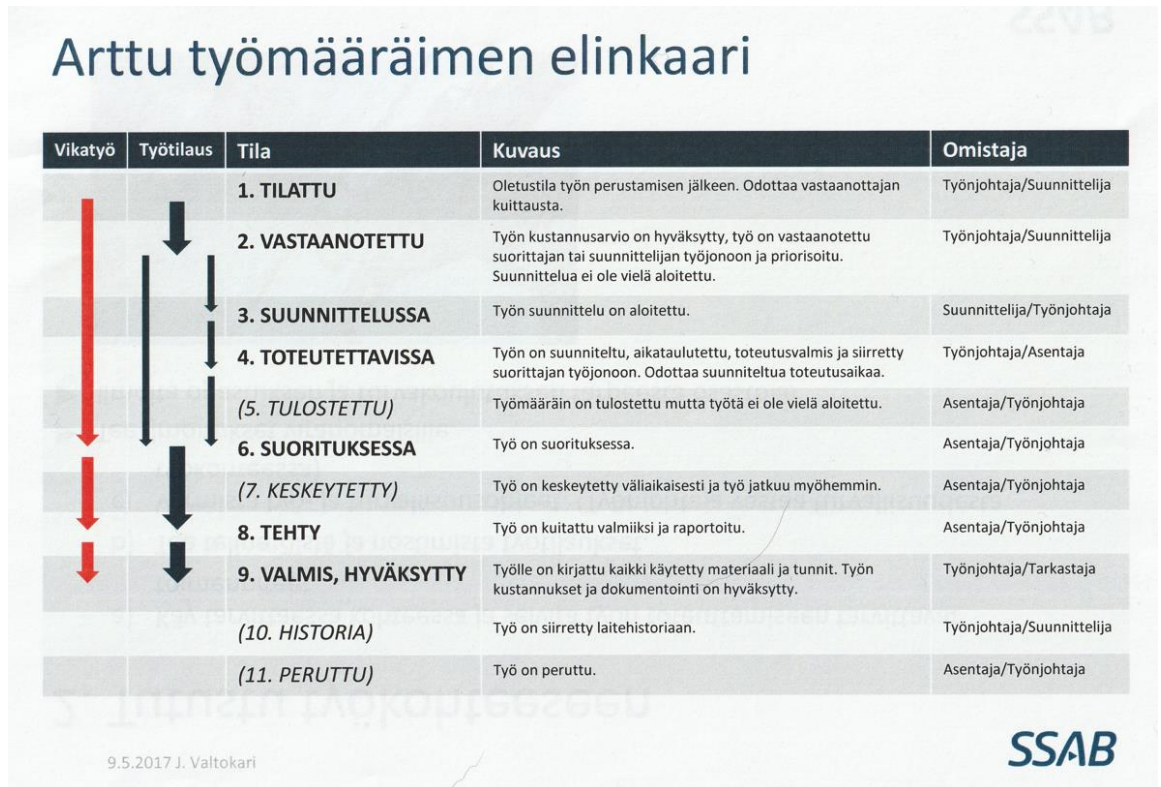
SSAB:n Raahen tehtaalla kunnossapitostrategian sanelemaa suunnitelmallisuutta toteutetaan käynninaikaisella laitteiden havainnoinnilla sekä laadukkaalla ennakkohuolto- ja tarkastustoiminnalla. Laitteiden kriittisyys määrittää päivittäistä kunnossapitotoimintaa, töiden priorisointia ja kunnossapidon kehitystä. Kunnossapito toteutetaan laitteiden kuntoon perustuen. Resurssointiin ja aikataulutukseen sovelletaan yhtenäistä toimintamallia, jossa hyödynnetään koko tehtaan resursseja töiden suoritukseen. [11.]

Koska suunniteltu työ on tehokkaampaa ja turvallisempaa, korostuu huolellisesti suoritettun työnsuunnittelun tärkeys. Työnsuunnittelun tavoitteita on työkaluajan kasvattaminen, ulkopuolisen työvoiman ja ylitöiden tehokas hallinta, tuotannon käyntivarmuuden varmistaminen sekä työturvallisuuden ja työtyytyväisyyden lisääminen. Hyvällä työsuunnittelulla saadaan parannettua yksittäisten töiden läpimenoaikaa sekä varsinaisen työn tekemistä, koska aika ei kulu varaosien etsintään tai työnvaiheistamiseen. [11.]

Kunnossapidon työkaluna käytetään ARTTU-kunnossapitojärjestelmää, joka sisältää seuraavat sovellusalueet: järjestelmän käyttäjien välinen posti, laitehallinta, dokumenttien hallinta, töiden hallinta, ennakkohuollot, varaston hallinta, hankinta, työkalujen ja varusteiden lainaus, kunnossapidon kustannuslaskenta ja liittymät muihin järjestelmiin. Tämä järjestelmä ollaan korvaamassa lähiaikoina uudella järjestelmällä. Neuvo on tuotannonohjausjärjestelmä, josta saadaan tietoa muun muassa tuotannosta, sen valmistuksesta, automaation tulotietoja ja erilaisia raportteja. [1.]

Terässulatolton kunnossapito on jaettu erillisiin kunnossapitoryhmiin, joita ovat JV-laitoksen mekaaninen kunnossapito, konverttereiden mekaaninen kunnossapito ja sähkökunnossapito. Työnsuunnittelun kunnossapitoprosesseihin kuuluvat ennakkohuoltosuunnitelmat, työn suunnittelu, seisokkisuunnittelu, vikailmoitukset, työraportointi, kunnossapidon historiatiedot ja tiedonsiirto toisiin järjestelmiin. Työnsuunnittelija suunnittelee työt, varaosien hankinnat ja varastosta otot

sekä töiden toteutusajankohdan. Työnjohtaja valvoo ja koordinoi töiden toteutusta ja valmistamista. Kunnossapitopäällikkö huolehtii kunnossapitoryhmille suunniteltujen ja kuormitettujen töiden läpikäynnin, jolloin työlista priorisoidaan ja resurssit jaetaan kohteiden tarpeiden mukaan. Kuvassa 5 on ARTTU-kunnossapitojärjestelmän työmääräimen elinkaari ja työtilojen vastuutahot. [11.]



Kuva 5. työmääräimen elinkaari [11]

4 Vakuumikäsitteilyn teoria

Sulaton konverttereista käsitelty teräs, jolle on tehty primäärihiilenpoisto, voidaan käsitellä VD-laitoksessa eli vakuumilaitoksessa, vielä matalamman hiilipitoisuuden saavuttamiseksi. Tässä sekundäärimetallurgisessa laitoksessa poistetaan teräksestä hiiltä paineen alennuksen avulla, jolloin reaktio saadaan kulkemaan pidemmälle. [9, s. 43–44.] SSAB:n Raahen tehtaassa sulatolla on käytössä tankkivakuumimenetelmä, jossa käsittelysenkka on tyhjiökammiossa ja sen pohjan kautta syötetään argon-kaasua, joka aiheuttaa terässulan liikkumisen ja sekoittumisen senkassa. Tätä sekoittumista tarvitaan, koska paineen alennus vaikuttaa vain sulan pintakerrokseen. [9, s. 44.].

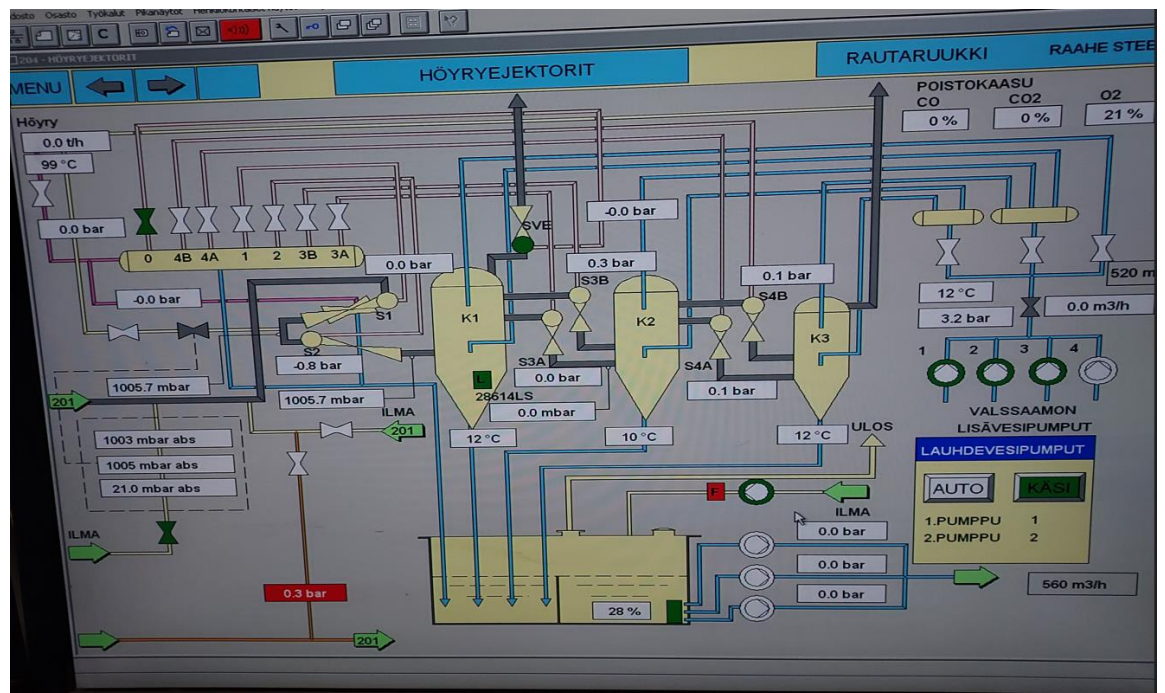
Matalia epäpuhtausrajoja ja niukkaa seostusta tarvitaan, jotta voidaan vastata nykyajan terästen vaatimuksiin. Teräksien täytyy olla ominaisuuksiltaan helposti valettavia, muovattavia sekä sitkeitä. [8.] Vakuumilaitoksella voidaan suorittaa rikin-, hiilen- sekä vedynpoistoa. [9, s.44] Koko LF/VD-laitoksella tulee kiinnittää huomiota kolmeen perusasiaan, jolla laitoksen tuottamaan laatuun voidaan vaikuttaa. Nämä asiat on listattu taulukossa 1 [12.]

Taulukko 1. Laatuun vaikuttavat tekijät [10]

	Miksi tärkeää?	Huomioitavat asiat
Sulkeumapuhtaus	<ul style="list-style-type: none"> • saavutetaan hyvä valettavuus, muovattavuus ja sitkeys 	<ul style="list-style-type: none"> • huuhtelun toimivuus • oikea-aikaiset seostukset • Ca-käsittelyn onnistuminen • loppuhuuhtelu
Analyysi/koostumus	<ul style="list-style-type: none"> • saavutetaan halutut ominaisuudet 	<ul style="list-style-type: none"> • metallien C-, N-, H-, ja S-pitoisuuksien saavuttaminen • näytteenoton onnistuminen • vakuumin hyvä toimivuus • seostus (tähtäyksiin osuminen)
Lämpötila	<ul style="list-style-type: none"> • saavutetaan optimaalinen jäähmettymisrakenne • teräs saadaan valettua ohjevalunopeudella 	<ul style="list-style-type: none"> • lämpötilan hallinta <ul style="list-style-type: none"> ➔ ajoitus • oikea-aikaisesti mitatut lämpötilat <ul style="list-style-type: none"> ➔ loppulämmön mittaus

5 Laitteiston yleiskuvaus

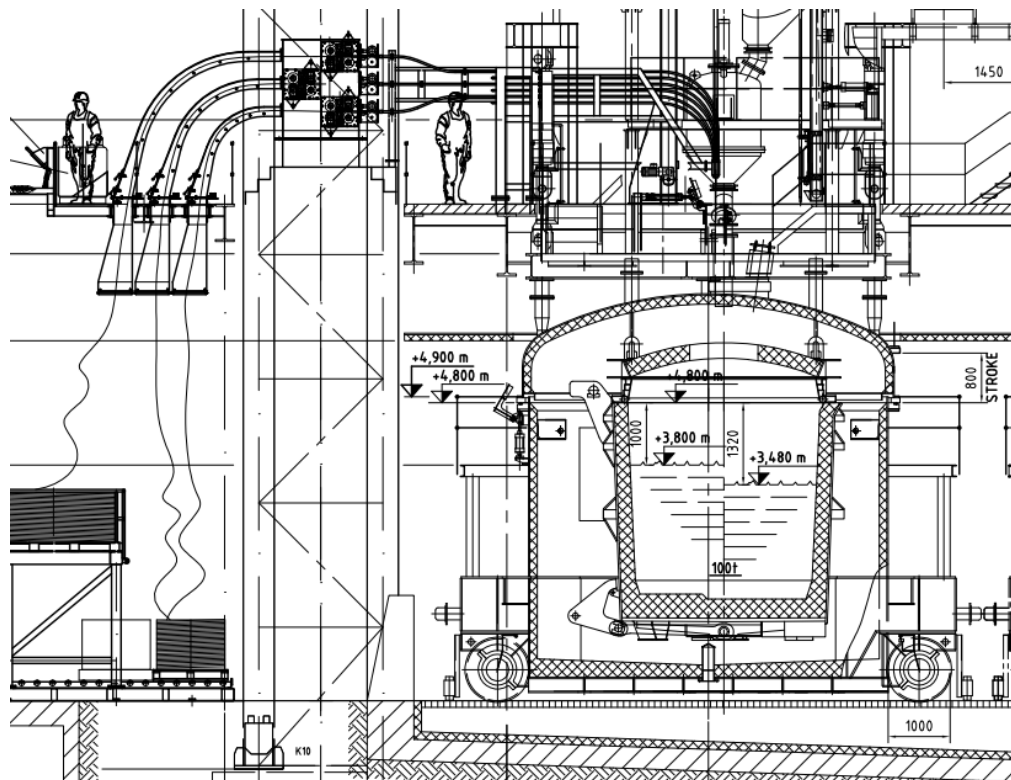
Vakuumilaitteisto koostuu vakuumikäsitteilyyn tarvittavista senkankäsittely ja -liikuttelulaitteista sekä alipaineen tuottamiseen tarvittavasta pumppulaitteistosta. Käsitteilyä ohjaavat operaattorit laitteiston läheisyyteen sijoitetusta ohjaamosta, josta löytyvät ohjausjärjestelmän laitteet sekä kamerakuvaa välittävät monitorit. [12.] Operaattorit saavat jokaiseen käsitteilyyn tarvittavat tiedot SSAB:n käyttämästä omasta tuotannonohjausjärjestelmästä, jonne kirjataan myös kaikki laitteiston päivittäisen käytön tapahtumat ja huomiot [1]. Operaattorit käyttävät teräksen siirtoihin nosturia, jota operoidaan radio-ohjauslaitteella työskentelytasolta. Laitoksen ympäristössä liikuttaessa tulee noudattaa tehtaan yleisiä työturvallisuusohjeita sekä laitekohtaisia, sulan teräksen käsittelyn ja nosturin käytönturvallisuusohjeita. Käsitteilyn kulkua seurataan muun muassa kuvan 6 kaltaisesta käyttönäkymästä ja kameramonitoreista [12.]



Kuva 6. Käyttönäkymä vakuumilaitoksen ohjaamosta

5.1 Vakuumikäsitely

Vakuumikäsitely koostuu tankkivaunusta ja vakuuminkannesta. Tankkivaunulla liikutellaan teräsenkkaa asemalla ja se muodostaa yhdessä vakuuminkannen kanssa vakuumikäsitelyyn tarvittavan tyhjiöastian. Vakuuminkansi on ylös ja alas liikkuva kokonaisuus, jonka kannella sijaitsevat seosaineen syöttöön rakennettu järjestelmä, mittaus- ja näytteenottojärjestelmä sekä langansyöttöjärjestelmä. [13.] Kuvassa 7 on läpileikkaus vakuumilaitoksesta.



Kuva 7. Käsitelyaseman läpileikkaus

5.1.1 Tankkivaunu

Tankkivaunu on kokonaisuus, jolla teräsenkkaa liikutetaan kansiaseman ja käsittelyaseman välillä. Kokonaisuus koostuu vaunusta, tyhjiöastiasta, energiansiirtoketjusta sekä automaattisesta argon-syötöstä. [13.]

Tankkivaunu kulkee sulaton lattiason kiskoilla, joiden päihin on asennettu puskurit. Ne toimivat HÄTÄ-SEIS-kytkiminä, mikäli pääteasemissa sijaitsevat rajakytkimet eivät jostain syystä toimi, ja pysäyttävät vaunun. Vaunussa on neljä pyörää, jossa jokaisella oma hammasvaihdemoottorinsa.

Vaunua voidaan ajaa kahdella eri nopeudella. Vaunun liikkeelle lähdöstä ilmoitetaan varoitusvaloilla ja varoitussäänellä. [13.]

Tankki on hitsattu teräsrakenne, joka on kokonaan vuorattu tulenkestävällä materiaalilla. Astia on malliltaan kuperapohjainen lieriö, jonka yläosan laippaan, on asennettu tiiviste. Kun tankkia siirretään käsittelyaseman kannen alle, asettuu tiivisteen päälle suojalaite, joka suojaa sitä kuumuudelta ja tippuvilta skollilta. Tankissa on myös senkkateline, jonka ohjain helpottaa sen laskeamista astian sisään. Käsittelysenkan läpipuhkeamisen varalle, on pohjaan asennettu tyhjiötiivisti alumiinisulake. [13.] Alumiinin sulamislämpötila on 660 °C [15, s. 164]. Kun siitä tehty sulake sulaa joutuessaan kosketuksiin teräksen kanssa, valuu käsittelyssä ollut sula teräs laitoksen alla sijaitsevaan hätävalumonttuun. [13.]

Terässenkan pohjassa sijaitsee kaksi kappaletta huokoisia huuhtelukiviä, joiden läpi johdetaan huuhtelukaasu senkkaan. [13.] Argon on inertti kaasu eli se ei reagoi sulan teräksen kanssa. Huuhtelu aiheuttaa sulan sekoittumisen ja tämä taas edistää kaasujen poistoa ja pinnan mellotusreaktiota. [9, s. 44.] Tämä huuhteluyhteys on automaattinen ja syntyy heti, kun senkka asetetaan paikalleen vaunun tyhjiöastiaan. Kaasusyöttö tapahtuu energiansyöttöketjulla, joka on kiinni tankkivaunun kyljessä. Tätä kautta hoidetaan myös sähkönsyöttö, paineilma ja jäähdytysvesi. [13.]

Aina, kun terässenkkää kuljetetaan, tulee sen päällä olla käsittelykansi. Kannen ensisijainen tehtävä on vähentää lämmönhaihtumista senkasta, mutta kansi suojaa myös ympäristöä sulan teräksen roiskeilta. Kun vakumoitava senkka nostetaan nosturilla tankkivaunuun, poistaa automaattinen kannenkäsittelylaite kannen senkan päältä ja asettaa sen sitten takaisin tankkivaunun palatua kansiasemalle. [1.]

5.1.2 Vakuuminkansi

Vakuuminkansi koostuu peruskannesta sekä sen alapuolella olevasta säteilykannesta. Peruskanteen on asennettu seosaineensyöttölaite, tarkastuslasi ja kameralla varustettu kotelo käsittelyn silmämääräiselle tarkastelulle, lämpötilan-/hapenmittaus- ja näytteenottolaite (mittaus ilmanpaineessa), ohjausputket lankojensyöttöä varten (ilmanpaineessa) sekä konejäähdytysveden jakolaite putkineen ja laitteineen. Tarkastuslasi sekä kameran suojakotelo on jäähdytetty vesikier-

ron avulla, lisäksi kameran puhalletaan ilmanpaineella likaantumisen ja ylikuumentumisen välttämiseksi. Vakuuminpinta nostetaan ja lasketaan kolmen hydraulikkasynterin avulla ja sitä voidaan käyttää vain ilmakehän paineessa. [13.]

Säteilykansi koostuu vesijäähdytteisestä tukirenkaasta sekä tulenkestävästä kannesta. Rengas on putkirakenteinen, jonka veden syöttö- ja paluupisteissä virtausta mitataan, jotta voitaisiin havaita mahdolliset vesivuodot kierrossa. Säteilyskansi on tulenkestävästä materiaalista koostuva kansi, joka asettuu senkan päälle peruskannen ollessa alhaalla ja suojaa peruskantta lämpösäteilyltä sekä roiskeilta. Se on kiinnitetty peruskanteen ja se tulee vaihtaa uuteen viimeistään 550 käsitteilyn jälkeen. Blommi, on myös tulenkestävästä materiaalista valmistettu kuluva suojaelementti, jossa on aukot näytteenottoa, lämmönmittausta, seosaineensyöttöä ja kameraa varten. [13.] Blommi on kiinnitetty pulteilla peruskanteen ja sijaitsee peruskannen ja säteilyskannen välissä [1]. Kuvassa 8 näkyvät vakuumin peruskansi, säteilyskansi ja blommi.



Kuva 8. Peruskansi, säteilyskansi ja blommi

5.1.3 Seosaineensyöttölaite

Seosaineensyöttölaite mahdollistaa seosaineiden lisäyksen vakuumoinnin ollessa käynnissä. Tämä järjestelmä on kiinteä osa peruskantta ja liikkuu kannen mukana. Järjestelmä koostuu syötösuppilosta, tyhjiösäiliöstä, yläventtiilistä sekä alaventtiilistä. Lähtötilanteessa ala- ja yläventtiili ovat suljettuja. Aine lisätään syötösuppiloon, yläventtiili avataan ja aine tipahtaa tyhjiösäiliöön. Yläventtiili suljetaan ja tyhjiösäiliö imetään samaan paineeseen vakuumin kanssa, minkä jälkeen alaventtiili aukaistaan ja seosaine tippuu senkkaan. [13.]

5.1.4 Langansyöttölaite

Langansyöttölaitteet sijaitsevat vakuuminkannella ja ovat nähtävissä kuvassa 7. Niillä syötetään jälkitäsmäykseen käytettävää teräsvaippaista lankaa senkkaan tarvittava määrä. Teräsvaipan sisällä on seosaine pulverina ja lanka on pakattu vyyhtityyppisiksi keloiksi, joista lanka purkautuu sisältä. Vakuumilaitoksella on mahdollista syöttää kuutta eri materiaalia, mutta vain yhtä kerrallaan. Langansyöttölaitteet koostuvat langan suojaputkista, kuuden langan syöttölaitteista, langanohjaimesta ja -katkaisusta. [13.]

Syöttölaiteen hydraulimoottorin pyörittää syöttötelaparia, mikä vetää lankaan kelalta. Jokaisella syöttölaitteella on pulssianturilla varustettu mittapyörä, jolla saadaan mitattua syötetyn langan määrä. Syöttölaitteelta langat ohjataan langansyöttöohjaimen, joka nousee ja laskee sähkömoottorin avulla. Langansyöttöohjain sijaitsee lanssiyksikössä. Kun lanka loppuu, liitetään uusi lanka vanhan loppupäähän. Syötön loputtua lanka katkaistaan erillisellä katkaisulaitteella. [13.]

5.2 Vakuuminmuodostuslaitteet

Vakuuminmuodostuslaitteet koostuvat imuputkesta, esierottimesta ja pumppulaitteistosta. Imuputki yhdistää tankin pumppulaitteistoon ja näin ollen mahdollistaa alipaineen imun tankkivaunuun. Esierotin kerää prosessista muodostuvia epäpuhtauksia ja höyryllä toimiva pumppulaitteisto imee ilmaa pois tiivistetystä tankkivaunusta. [1.]

5.2.1 Imuputki ja esierotin

Imuputki muodostaa esierottimen kanssa yhteyden tankin ja pumppulaitteiston välille. Yhteys muodostuu, kun vakuuminransi ajetaan alas ja tankki sulkeutuu tiiviiksi. Samalla kannen lähtöputken laipan (kuva 9) asettuessa esierottimen laipalla sijaitsevan tiivisteeseen päälle. [13.]

Esierottimen tulee poistaa prosessista muodostuvat suurimmat epäpuhtaudet, jottei niitä pääse tyhjöpumpun putkistoon haitaten prosessin toimivuutta. Prosessikaasu kulkee imuputken lähtöä pitkin esierottimeen virraten ylhäältä alas. Kaasu poistuu esierottimen sivusta lähtevää imuputkea pitkin. Kaasun virtaussuunnan muutoksella saadaan raskaimmat partikkelit putoamaan esierottimen pohjalla sijaitsevaan säiliöön. Säiliön täytyessä imuroidaan se tyhjäksi. [13.]



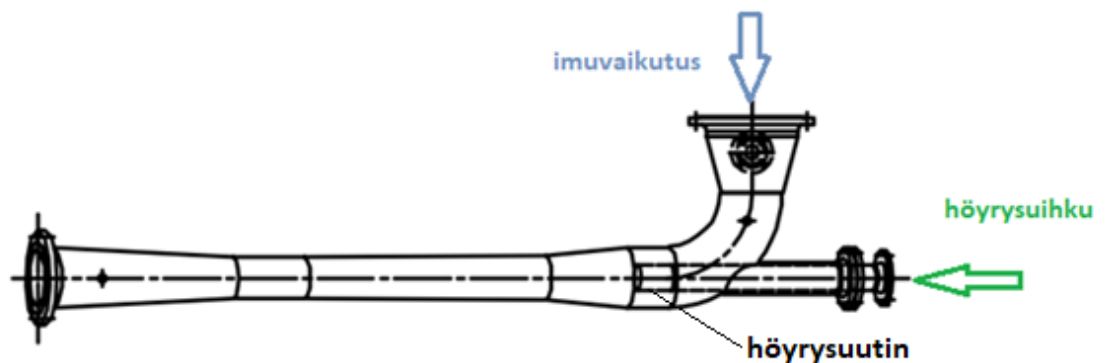
9 Imuputken ja esierottimen laippaliitos

5.2.2 Pumppulaitteisto

Pumppulaitteisto on nelivaiheinen höyrysuihkutyhjiöpumppu [13]. Toiminta perustuu höyryn olo-tilanmuutoksen hyödyntämiseen. Höyryn virtaus johdetaan höyrysuuttimensuuttimen läpi ejektoriin. Ejektorin jälkeen virtausta tehostetaan jäähdyttämällä prosessikaasu ja höyry lauhduttimessa. [1.]

Ejektorit

Ejektori on imupumppu, johon on liitetty höyrysuutin. Höyrysuihku kulkee ejektorin putken läpi lauhduttimeen ja saa aikaan imuvaikutuksen. Tämä on kuvattu kuvassa 10. Ejektorin putken keskikohdan kapeampi halkaisija kiihdyttää höyryn virtausta. Aloitusejektori SVE aloittaa vakuumin prosessin ja se on imupuoleltaan kiinni ensimmäisessä lauhduttimessa. Aloitusejektorilla on myös sulaton katolle ilmayhteys, jonka kautta SVE-ejektorin höyryt ja prosessikaasut ohjataan ulos. [16.] Ejektorit S3A, S3B, S4A ja S4B toimivat lauhduttimien välillä. Ne toimivat aluksi rinnan ja kun toivottu paine on saavutettu, B-ejektorit sammuvat. Tämän jälkeen käynnistyvät boosterit S1 ja S2. Tällä säästetään höyrykapasiteettia. [16.]



Kuva 10. Ejektori [17]

Lauhduttimet

Lauhduttimet ovat säiliöitä, joissa höyryä jäähdytetään vesisuihkujen avulla. Lauhduttimia on kolme kappaletta ja ne on nimetty K1, K2 ja K3. Säiliössä K1 prosessista muodostunutta savukaasua kaasu pestään ja jäähdytetään, K2-lauhduttimessa höyryä jäähdytetään ja K3-lauhduttimessa höyryä jäähdytetään sekä johdetaan kaasu/vesihöyry ulos. Säiliöt ovat tilavuudeltaan pie-

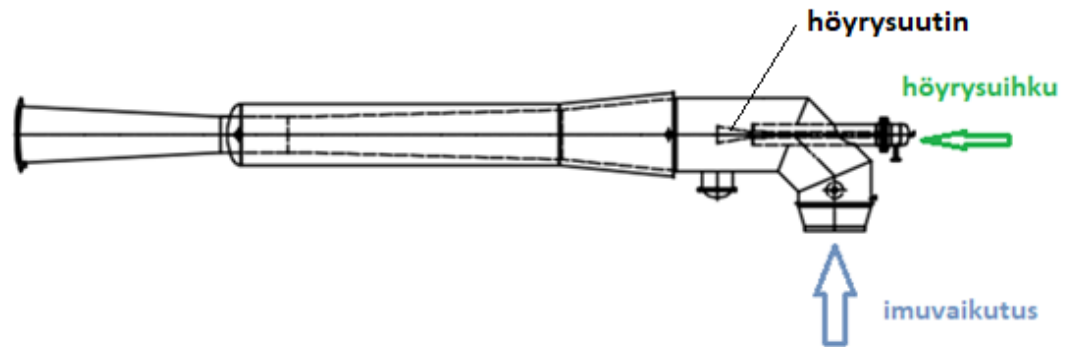
neneviä K1 > K2 > K3. Jokaisessa tankissa on ylä- ja alavesipiirit, joista toiset ovat koko ajan toiminnassa. Jos ejektorit S4A ja B tai S3A ja B ovat toiminnassa, toimivat molemmat suuttimet, mutta toisen ejektorin sammussa ei tarvita kuin toinen. Boostereiden S2 tai S1 ja S2 toimiessa K1-lauhduttimessa ovat molemmat suihkut käynnissä. [16.]

Lauhdutusvesi tulee valssaamon lisävesipumppaamolta sulkuventtiiliin ja määräsaätöventtiilien kautta jakotukille, jossa sijaitsevat automaation ohjaamat venttiilit lauhdutustankkien molemmille suuttimille. Näiden venttiilien jälkeen tulevat käsisäädettävät määräsaätöventtiilit, jolla asetetaan lauhdutusvesimäärä sopivaksi. [16.] Lauhdutusvedet ohjataan 0-tason alapuolelle sijaitsevaan lauhdevesisäiliöön, josta kolme poistopumppua pumppaa veden konvertterin pesurivesien karkeaerottimeen. Lauhdutusveden poistoputkien päiden tulee olla aina vedenpinnan alla, jotta ilma ei pääsen tätä kautta pumppulaitteistoon. Lauhdutusvesi sitoo mukaansa prosessin pölyä sekä pienen määrän prosessikaasuja. Jos vesisäiliön täyttöaste ylittää 80 %, voi K1-lauhdetankin vedenpinnankorkeusanturi hälyttää ja keskeyttää käsittelyn. [16.] Lauhdevesien lämpötilaerojen sekä kokonaisvesimäärän seuraaminen on tärkeää, koska niistä voidaan tarkkailla laitteiston toimintaa. Valmistajan ohjeessa jäähdytysveden lämpötilan maksimilämpötilaksi on annettu 26 ° C ja maksimilämpötilat lauhduttimille K1 36 °C, K2 49°C ja K3 50 °C. [13.] Kesällä tulolauhdutusveden lämpötila voi olla jopa 25°C, jolloin tulee olla tarkkana, etteivät lämpötilat nouse liian korkeiksi.

Lauhduttimien ja ejektoreiden S4B ja S3B väliin on asennettu takaiskuventtiilit, joiden tarkoitus on estää virtausoikosulku, kun pelkät A-ejektorit ovat käynnissä. Lisäksi ennen S4A-ejektorin on asennettu takaiskuventtiili estämään järjestelmän itseilmastointi häiriötilanteen sattuessa. [13.]

Boosterit

Ensimmäiset höyrysuihkuejektorit eli boosterit (kuvassa 11), toimivat syvällä tyhjiöpainealueella. Boosteri S1 on yhdistetty imuputkeen ja toisesta päästä boosteriin S2 U-käyrällä imuputkella. Boosterit sijaitsevat ennen lauhdutinta K1. S1-boosterissa on kuumennusvaippa, jonka tarkoitus on vähentää lämpötilaeroa boosterin ja höyryn välillä ja näin ollen tehostaa toimintaa. Koska esierotin ei saa kaikkia epäpuhtauksia poistettua liikkuvasta kaasusta, likaantuvat boosterit herkästi. Molempien boosterien kyljessä on miesluukut, joista likaantumisen astetta voidaan tarkkailla ja tarvittaessa suorittaa pesu. [13.]



Kuva 11. Boosteri [18]

Höyryventtiilit

Ejektoreiden ja boosterien toimintaa ohjataan höyrynjakotukilta höyryventtiilien avulla, joiden avaamisella saadaan höyry virtaamaan tietyille ejektorille. Venttiilit koostuvat istukkaventtiilistä ja paineilmatoimilaitteesta, jotka toimivat kahdella eri toimintaperiaatteella. Aloitusejektoriain höyryventtiili on toimintaperiaatteeltaan jousi avaa -toimintainen eli jos paineilma häviää, jousi aukaisee venttiilin ja päästää höyryn SVE-ejektoriain kautta ulos toimien myös turvalaitteena. Muut höyryventtiilit ovat jousi sulkee -toimintaisia, jolloin paineilman hävitessä jousi sulkee venttiilin. [1.] Alipaineen mittauspisteet sijaitseva S1-boosterin jälkeen, ennen K1-lauhdutinta ja SA3-ejektoriain ja K2-lauhdetankin välissä.[18]. Liitteessä 1 on koko vakuumlaitoksen PI-kaavio.

5.3 Seosainejärjestelmä ja putkistot

Seostamalla teräkseen erilaisia seosaineita, saadaan teräkselle vaadittuja ominaisuuksia [7]. Näitä seosaineita varastoidaan siiloissa, joita on 14 kappaletta. Seosaine valutetaan siilosta, punnitaan ja siirretään kuljettimilla laitokselle. Annostelu tapahtuu tyhjiösulkujärjestelmän avulla, jolloin saavutettu vakuumi saadaan säilytettyä. [13.]

Vakuumlaitoksessa monia aineita, jotka tulee johtaa putkistoa pitkin tiettyyn kohteeseen [13]. Käyn seuraavassa luvussa läpi niistä tärkeimpiä.

Suljettu jäähdytysjärjestelmä

Koska laitteistolla käsitellään sulaa terästä, on jäähdytysjärjestelmä hyvin tärkeä. Jäähdytettäviä kohteita ovat vakuumikannen imuputken lähtö, tankinlaippa, kamera ja sen istukka, säteilykansi,

vakuuminkannen laippa sekä esierottimen laippa. Jokaisen jäähdytettävän kohteen meno- ja paluuvirtausten eroa valvotaan mahdollisten vuotojen havaitsemiseksi. [13.]

Paineilma

Paineilmaa käytetään pneumaattisten sylintereiden toimintaan tankkivaunulle ja vakuuminkannelle, höyryn istukkaventtileihin ja sulkuventtiiliin sekä kameran viilennykseen. Paineilman paine on 5 baaria [1.]

Typpi

Typeä käytetään, jos järjestelmä tulee hätätuulettaa. Hätätuuletukseen tarvittava typpimäärä otetaan konvertterin kuonasuojaustypen säiliöstä. Säiliön tyhjenemisen jälkeen se täyttyy automaattisesti. Typeä voidaan käyttää myös senkan huuhtelukaasuna [1.] Huuhtelutypen syöttö tapahtuu tehtaan omasta verkosta 20 baarin paineella ja se kuristetaan huuhtelussa 15 baariin. [13.]

Argon

Argonia tarvitaan senkan huuhteluun käsittelyn aikana. Se on inertti kaasu, joka ei reagoi yhdessä sulatetun teräksen kanssa. Kaasun virtaava liike saa sulan liikkumaan ja käsittelyn pääsyn kauttaaltaan koko panokseen. [13.] Argonin käyttöpaine on 20 baaria ja se kuristetaan huuhtelussa 15 baariin. [1]

Höyry

Laitteen käyttö perustuu höyryn ominaisuuksien hyödyntämiseen ja on tärkeää, että laitteistossa käytettävä höyry on hyvälaatuista. Höyryputkisto on suunniteltu toimimaan kuivan ja hieman tulleistetun höyryn arvoilla. Mikäli höyry on kosteaa, voi tämä kosteus kerääntyä ejektoreiden sisäpinnoille ja matalissa lämpötiloissa jäätyä ja siten haitata ejektorin toimintaa. [16.] Laitteen toimittaja listaa käyttöohjeessaan, että höyryn on oltava paineeltaan 8 baria ja lämpötilan $>190^{\circ}\text{C}$ sekä määrän maksimissaan 11,5 t/h. [13.] Höyry toimitetaan tehtaan omalta voimalaitokselta [1].

Yksittäisten ejektoreiden höyryntarve on määritelty valmistajan käyttö- ja huolto-ohjeessa taulukon 2 mukaan seuraavasti [13].

Taulukko 2. Ejektorien höyryntarve

ejektori	höyryntarve t/h
S1	1,2
S2	5,7
S3A	2,0
S3B	2,0
S4A	1,5
S4B	4,5
SVE	5,0

Taulukossa 3 on laskettu höyrynkulutusta eri vakuuminmuodostuksen vaiheissa:

Taulukko 3. Ejektorien höyrynkulutus prosessin eri vaiheissa

Ejektorit käytössä	Kulutus t/h
SVE + S4A+S4B	11
S4A+S4B+S3A+S3B	10,0
S1 + S2+ S3A + S4A	10,4
S1 + S2+ S3A + S4A + S3B + S4B vertailuna, jos B-ejektoreja ei sammutettaisi	16,9 > 11.5

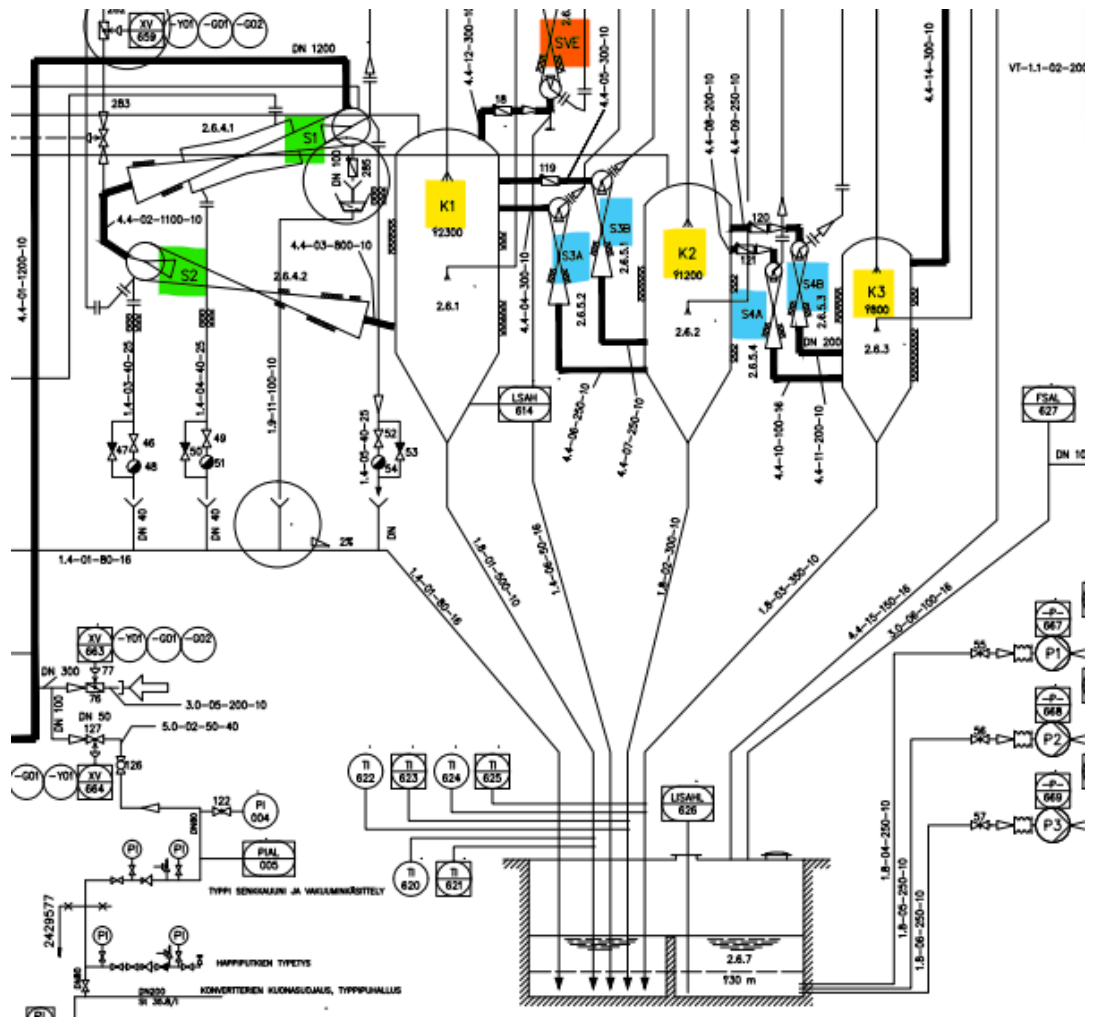
6 Käsittelyn kulku

Vakuumilla tehdyillä G2- ja G3-sulatuksilla on panoskoko 105 tonnia, G4-sulatuksella taas panoskoko on 102 tonnia. Minimi panoskoko on 95 tonnia, koska pienellä panoskoolla kohoaa senkan puhkeaman riski [20.] Tämä johtuu siitä, että kuonaraja on tehty magnesia-hiilitiilestä, joka kestää paremmin emäksistä kuonaa. Pienemmässä panoskoossa kuonaraja asettuu alemmas, eikä senkan vuoraus kestä sen emäksisyyttä niin hyvin. [19.] Hiiltä poistettaessa riittää hyvin 1 mbarin painetaso, mutta typen ja vedynpoistossa tarvitaan alle 1 mbarin vakuumitasoa, jotta aineen poistuminen on tehokkaampaa, päästään pienempiin pitoisuuksiin lyhyemmässä ajassa. [1.] Vakuumilaitoksessa tapahtuva käsittely koostuu seuraavista käsittelyvaiheista: argonhuuhtelu, alipainekäsittely, loppuanalyysin mukainen seostus, täytelangan syöttö sekä lämpötilan säätö valulämpötilaan. [13.]

Vakuumikäsittely alkaa, kun senkka nostetaan viereiseltä senkkauuniasemalta tyhjiöastiaan. Samalla aukeaa argonhuuhtelun yhteys ja senkkaa huuhdellaan hieman, että voidaan varmistua huuhtelun toimivuudesta. Lauhdutinveden- ja höyryn lämpötilat sekä paine tulee tarkastaa ennen käsittelyn alkua. [13.]

Tankkivaunu ajetaan käsittelyasemaan, tiivisteiden suojalaite siirtyy sivuun ja vakuuminkansi laskeaan alas. Samalla vakuuminkannen lähtöputki laskeutuu esierottimen laipalle, jolloin yhteys tyhjiöpumppuun syntyy. Ohjelma säätää argonhuuhtelun virtauksen sopivaksi [13.]

Seuraavaksi käynnistyy pumpun nelivaiheinen paineenalennus [16]. Ejektoreiden toimintaa säädellään ohjaamalla höyry höyryjakotukilta höyryventtiilien avulla määrätyle ejektorille [1]. Venttiilejä voidaan ohjata käsikäyttöisesti tai automaattisella ohjelmalla. Aloitusejektori SVE aloittaa tyhjiökäsittelyn ja imee alipaineen tankkivaunuun, K1-lauhduttimeen ja K2-lauhduttimeen. Sen jälkeen aloittavat toimintansa ejektorit S4A ja S4B, mitkä imevät alkuvakuumin 270 mbariin. Sitten SVE sulkeutuu ja ejektorit S3A ja S3B käynnistyvät. Kun vakuumi on 60 mbarin paineessa, sammuvat ejektorit S4B ja S3B ja boosteri S2 aloittaa toimintansa. Kun vakuumi on saavuttanut noin 10 mbarin paineen, käynnistyy boosteri S1. Vakumoinnin aikana toimivat siis ejektorit S4A, S3A, S2 ja S1. [13.] Kun laitteisto saavuttaa alle 3 mbarin alipaineen, järjestelmä ilmoittaa ”vakuumi saavutettu”. Vakumoinnin edetessä paine jatkaa alenemista ja alle 1 mbarin alipaineesta käytetään termiä syvävakuumi [1.] Kuvassa 12 on kuvattu lauhduttimet ja ejektorit sekä niiden paikoitus toisiinsa nähden [18].

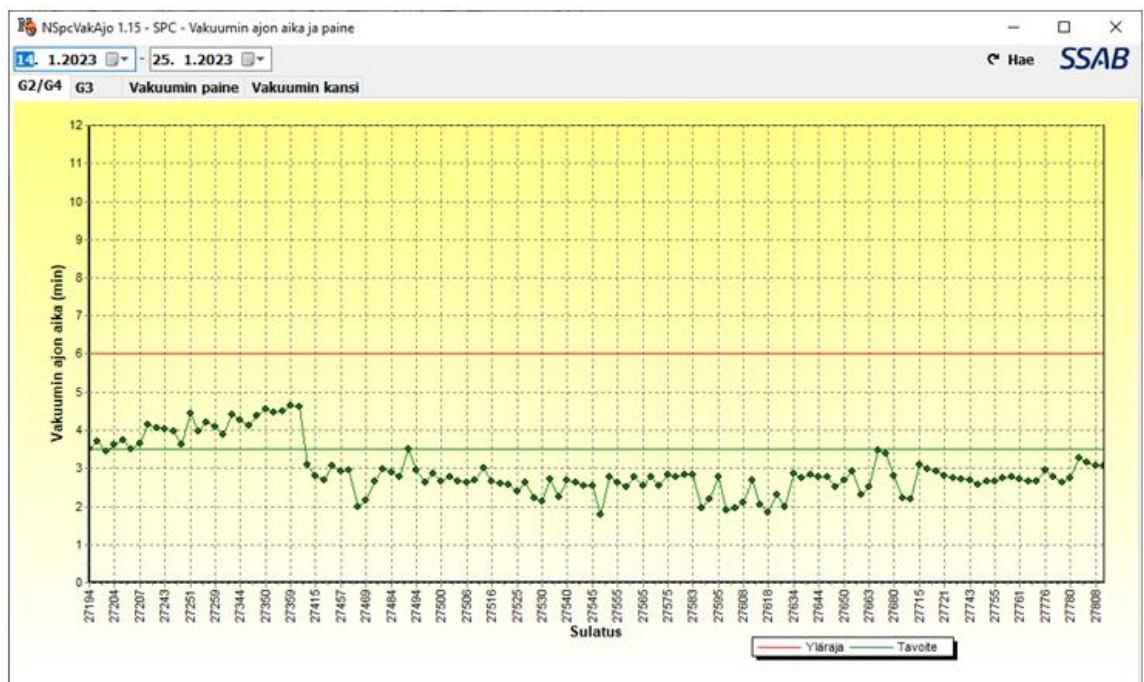


Kuva 12. Lauhduksien ja ejektorien paikoitus toisiinsa nähden [21]

Käsittelyä seurataan kamerasta, josta tarkkaillaan terässulan kuohumista ja pyritään hallitsemaan sitä argon-huuhtelun avulla. Jos mahdollista kuohuntaa ei saada hallintaan, pitää alipainetta nostaa tai lopettaa vakumointi. Kun vakumointi lopetetaan, automaatio paineistaa laitoksen ilmalla tai tietyissä keskeytyksissä tyypellä. Tarvitavat seosaineet ja ohjeet tulevat Neuvosta. Käsittelyn jälkeen teräksen lämpötila mitataan ja otetaan teräsnäyte. Kun jälkitäsmäys on valmis, suoritetaan loppuhuuhdeltu, nostetaan kansi, tiivisteiden suojat sulkeutuvat ja tankkivaunu ajetaan kansi-asealle, jossa senkka kansitetaan. [20.]

7 Ennakkohuolto-ohjelma

Ennakkohuolto ohjelmia suoritetaan ARTTU-kunnossapitojärjestelmän kalenteriohjauksella, joka on jaksotettu kullekin ennakkohuolto-ohjelman työlle sopivan pituiseen jaksoon. Ennakkohuolto-työt voivat olla huoltoja tai tarkastuksia. Järjestelmästä löytyy laitteistolle 57 ennakkohuolto-työtä, mitkä jakaantuvat mekaaniselle kunnossapidolle, sähkökunnossapidolle sekä voiteluhuoltoon. Tässä työssä huoltoja on käsitelty enemmän mekaanisen kunnossapidon näkökulmasta. Tarkastelin tällä hetkellä suorituksessa olevia ennakkohuoltotöitä sekä poistettuja töitä. Poistetuissa olikin töitä, jotka on yhdistetty tällä hetkellä käytettävään yhteen Vakuumilaitoksen huolto-työn alle. Jotkin huolto-ohjelmat on ulkoistettu ulkopuoliselle toimijalle, kuten esimerkiksi seosainekuljettimet ja pölynpoisto. Vakuumilaitoksen vikatyöt kerätään ARTTU-järjestelmään, josta niitä suoritetaan viikkohuoltojen ja vuosihuoltojen aikana. Vakuumin toimintaa ja kuntoa seurataan Neuvosta SPC-graafeista, josta nähdään jokaisen vakuumin käsittelyn ajon aika ja paine [22.] Kuvassa 13 on esitetty vakuumin ajon ajan SPC, josta voidaan nähdä 18.1.2022 tehdyn huollon vaikutus ajon aikoihin.



Kuva 13. SPC vakuumin ajon ajasta

Operaattoreiden päivittäisiin huolto- ja ylläpitotöihin kuuluvat vakuumin kannen kunnon tarkistaminen, tankin laatikoiden vaihto, luukkujen ja tankin tiivisteiden kunnon tarkastaminen ja

vaihto tarvittaessa, mitta- ja näytelanssien vaihto ja vakuumpumpun seuranta. [12.] Sulaton mekaanisen kunnossapidon työnjohtaja ja työsuunnittelija seuraavat vakuumista saatava tietoa muun muassa vakuumiin menoajasta ja paineesta. Näistä tiedosta voidaan ennustaa laitteiston kuntoa ja mahdollista vikaantumista. [22.]

7.1 Viikkohuollot

Vakuumilaitoksen huolto- ennakkohuoltotyö on jaksotettu kalenteriohjaukseen 8 viikon välein. Huoltopäivänä kunnossapidon päivävuoron työntekijät kulkevat pysäytetyn laitoksen läpi listan mukaisesti ja kirjaavat havainnot, jotka sitten raportoivat työnjohdolle. Jos löytyneitä vikoja ei voida hoitaa saman seisokin yhteydessä tai varaosia ei ole saatavilla, tehdään niistä vikatyö kunnossapitojärjestelmään ja suunnitellaan ne sitten suoritettavaksi sopivan seisokin aikana. [22.]

Vakuumilaitoksen huolto- ennakkohuoltotyö sisältää tankkivaunun, vakuuminkannen, terässenkan kannenkäsittelylaitteen, näytteenottolaitteen ja langansyöttölaitteiden tarkastukset. Tarkemmat kohteet ja varaosat löytyvät työn ohjeistuksesta ja se on mitoitettu kahden työntekijän tehtäväksi. [23.] Samana päivänä suoritetaan myös yleensä Senkkauunin huolto -ennakkohuoltotyö [22]. Työsuunnittelija suunnittelee myös tehtäväksi kaikki järjestelmään kerääntyneet vikatyöt, mitä on mahdollista päivän aikana suorittaa [1].

Voiteluhuollot ovat tärkeä osa vakuumilaitoksen ennakkohuolto-ohjelmaa. Mekaanisen kunnossapidon päivävuorossa on yksi koulutettu voiteluhuoltomies sekä lisäksi toinen voiteluhuoltoon koulutettu henkilö, joka voi toimia varahenkilönä tarvittaessa. Voiteluhuoltomies vastaa koko konverterilaitoksen voiteluhuollosta ja huolehtii siitä, että voiteluhuollot tulevat tehdyksi huolto-ohjelman mukaisesti. Voitelut, joita ei voi suorittaa käynnin aikana, suoritetaan viikkohuoltojen aikana. [22.]

7.2 Säteilykannen ja blommin vaihto

Lämpöä ja roiskeita vastaanottava säteilykansi kuluu ja kestää maksimissaan 550 käsittelykertaa, minkä jälkeen se tulee vaihtaa. [11.] Tämä kuuluu myös mekaanisen kunnossapidon töihin ja työnjohtajan tulee tarkkailla säteilykannen käsittelyjen määrää Neuvosta, kannen käsittelyjen

määrä löytyy SPC:stä, vakuumin kansi -välilehdeltä. [19.] Käsittelyjen lukumäärä vuorokaudessa vaihtelee tuotannon tahtiin, keksimäärin suoritetaan noin 20 sulatusta per vuorokausi. [1.]

Säteilykannen vaihdossa, Raahen tehtaan oman muuraamon toimittama, tulenkestävästä materiaalista muurattu kansi, vaihdetaan kuluneen tilalle. Kehitystyön tuloksena on vuoden 2021 alussa otettu käyttöön paranneltu kansi, jonka tulenkestävästä massasta valettu reiän kaulus kestää paremmin ja käsittelyjä voidaan suorittaa samalla kannella 200 kappaletta enemmän. Säteilykannen ja peruskannen väliin kiinnitetty blommi (kuva 14) tulee vaihtaa 2000 käsittelyn jälkeen. Myös blommin kestävyyttä on parannettu kehitystyön avulla. Muuraamo toimittaa uuden säteilykannen ja blommin sulatolle odottamaan seuraavaa vaihtoa. Blommin kunto tarkistetaan aina säteilykannenvaihdon yhteydessä ja arvioidaan sen kestävyys seuraavaan säteilykannenvaihtoon. Kun blommin tulenkestävä massa vähenee, voi kannen jäähdytysvesien lämpötila nousta, eli niitä seuraamalla voidaan myös ennakoida blommin vaihdon lähestymistä. [22.]



Kuva 14. Blommi

7.3 Vuosihuollot

Vakuumlaitos pysäytetään kaksi kertaa vuodessa pidempää vuosihuoltoa varten. Näihin huoltoihin suunnitellaan suuremmat korjaukset ja muutokset sekä työt, joita ei ole voitu huoltopäivien aikana suorittaa. Työsuunnittelija kerää työt ja aikatauluttaa ne. Vuosihuollolle tehdään oma seisaki kunnossapitojärjestelmään ja sen alle kerätään tehtävät työt. Seisakin aikataulun etenemistä seurataan yhteisissä aikataulupalaverissa, joissa käydään läpi töiden etenemistä ja tehdään tarvittaessa muutoksia aikatauluun. Vuosihuollon yhteydessä putkistot ja ejektorit pestään. Mikäli laitteiston teho alkaa vähentyä eikä sille löydetä selittävää tekijää, voidaan putkistot joutua puhdistamaan myös vuosihuoltojen välissä. [1.] Kuvassa 15 on nähtävissä ejektorin likaantumista ja kuvassa 16 puhdas ejektorit. Likaisen ejektorin epätasainen sisäpinta aiheuttaa pyörteitä höyryn virtaukseen. [1]



Kuva 15. Likaantunut ejektorit



Kuva 16. Puhdas ejektor

7.4 Testit

Kun vakuuilaitos on huollettu, tulee sen toimintaa testata. Vakuumi perustuu alipaineeseen ja kun osia on vaihdettu ja puhdistuksia suoritettu, pitää tiiveys ja pumpun toiminta varmistaa. Kun pumppua lähdetään pitkän seisakin jälkeen testaamaan, kannattaa lähteä aluksi selvittämään ejektoreiden toimintaa vaiheittain. Vähintään puoli tuntia ennen pumpun käynnistystä, on päähöyryventtiili, höyryn jakotukille vievä venttiili sekä boosteri S1 vaipan lämmityshöyrypiirin venttiili avattava, esilämmityksellä pyritään poistamaan mahdolliset kertyneet vedet systeemistä. Ylimääräinen höyrylauhde on myös laskettava pois ja tarkistettava lauhdevesisäiliöiden pumppujen toimivuus, kun vedet aukaistaan. [25.]

Kylmäkoeajo

Kun laitos on ollut pitkään pysähdyksissä, tule suorittaa kylmäkoeajo, joka ajetaan käsiajolla. Tämä lämmittää konetta ja tämä aloittaa varsinaisen vuototestauksen. Vakuumin muodostus aloitetaan aloitusejektorin höyryventtiilin avaamisella ja selvitetään, mihin vakuumintasoon ejektorijaksaa laitteiston imeä. Alkuvakuumin jälkeen avataan ejektorille S4A ohjattu höyryventtiili ja katsotaan, kuinka syvään vakuumintasoon sillä päästään. Jos ensimmäisen vaiheen paine on 100 mbar, on tulos hyvä. Tässä vaiheessa on hyvä tarkkailla venttiilien ja toimilaitteiden toimivuutta ajamalla höyryventtiiliä kiinni ja auki, mitä voi seurata paineenmittauksesta tai paikanpäältä. [25.]

Seuraavassa vaiheessa avataan höyryventtiili S3A-ejektorille ja tutkitaan sen toimintaa. Tällöin on siis toiminnassa S4A ja S3A ja jos saavutetaan noin 25 mbarin alipaine, on tulos hyvä. Tähän testaukseen pääsemistä voidaan nopeuttaa avaamalla B-vaiheen ejektorit auttamaan vakuumiin pääsyssä. [25.]

Kolmannessa vaiheessa käynnissä ovat ejektorit S4A, S3A ja S2, ja tutkitaan boosteri S2 venttiilin toimintaa. Tässä vaiheessa paineen tulisi laskea alle 1 mbariin, jotta tulos on hyvä. Tässä testauksen vaiheessa kannattaa seurata lauhduttimen läpikulkevan veden lämpötilaeroja. [25].

Viimeisessä vaiheessa kaikki ejektorit ovat toiminnassa ja tällöin pitäisi päästä 0,5 mbarin paineeseen, olettaen että höyryn laatu on hyvää. Kun laite on saatu vakuumiin, voidaan suorittaa vuototesti pumpulle ja tankille. [25.]

Vuototesti pumpulle

Kun halutaan tietää pumpun vuotojen määrä, suoritetaan vuototesti. Siinä yhteys vakuumitankkiin katkaistaan asettamalla erotuslevy imuputken ja pumppulaitteiston välille. Sen jälkeen ajetaan sen laitteisto vakuumiin manuaalisesti, samassa järjestyksessä, missä automaatiokin sen suorittaa. Tämän jälkeen sammutetaan höyryventtiilit ja vedet käännteisessä järjestyksessä. Paineen tasaantuessa ja saavuttaessa 50 mbarin, aloitetaan vuototesti. Siinä paineen määrä kirjataan taulukkoon yhden minuutin välein, 10 minuutin ajan. [22.] Yleisesti tavoite on päästä alle 40 mbar/10 min tulokseen [1]. Taulukossa 4 on esitetty lokakuussa 2022 tehdyn vuosihuollon erotuslevyllä tehdyn vuototestin tulokset. [24.]

Taulukko 4. Vuosihuollon jälkeen tehdyn vuototesti tulokset

Aika (min)	Paine(mbar)
0	50
1	55
2	60
3	65
4	70
5	75
6	80
7	85
8	90
9	96
10	101

Taulukosta saaduista arvoista saadaan laskettua paineen muutos

$$\Delta P = (101 - 50) \text{mbar}_{/10\text{min}} = 51 \text{mbar}_{/10\text{min}}$$

Taulukossa 5 on annettu sanalliset arviot pumpun kunnosta (erotuslevyllä) vuotomäärän mukaan [1.]

Taulukko 5. Pumpun kunnosta kertovat arvot

Vuodon määrä kg/h	Tulos
40	hyvä
50	kohtalainen
60	välttävä

Vuototesti tankille

Pumpun testaamisen jälkeen voidaan selvittää koko laitoksen vuotojen määrä ottamalla vakuumitankki mukaan testiin, eli erotuslevy poistetaan ja tankkivaunu ajetaan käsittelyasemalle ja kansi lasketaan alas ja yhteys pumppuun syntyy. Laitteisto ajetaan vakuumiin ja suoritetaan testi samalla lailla kuin pumppulle. [25.] Taulukossa 6 on esitetty lokakuussa 2022 tehdyn vuosihuollon tankille ja pumppulaitteistolle tehdyn vuototestin tulokset. [24.]

Taulukko 6. Vuototestin mittaustuloksia

Aika (min)	Paine (mbar)
0	50
1	64
2	76
3	88
4	100
5	113
6	125
7	136
8	149
9	161
10	172

$$\Delta P = (172 - 50)mbar_{/10min} = 122 mbar_{/10min}$$

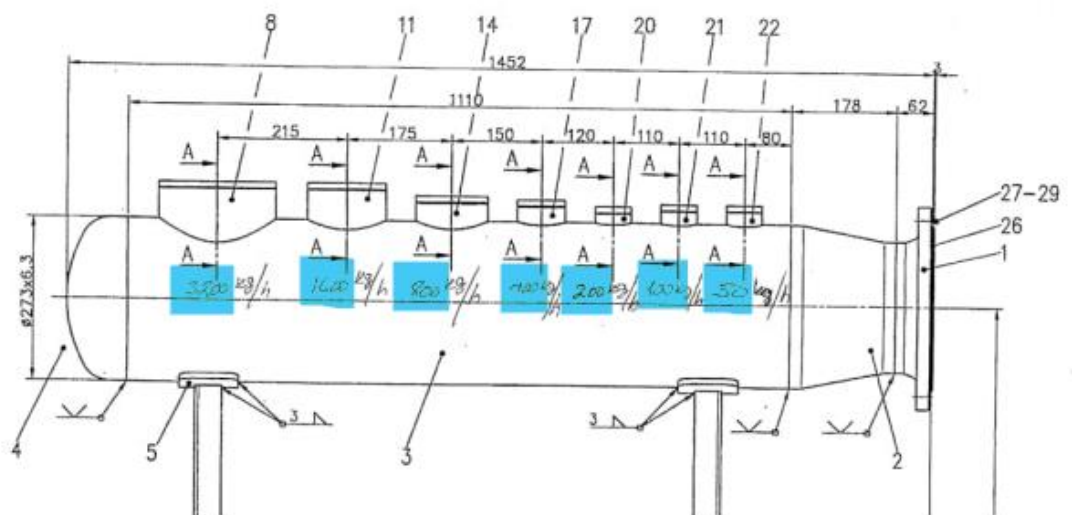
Tästä saadaan laskettua tankin vuotojen määrä

$$\Delta P_{tankille} = (120 - 51)mbar_{/10min} = 71 mbar_{/10min}$$

Mikäli paineenmuutos tankille ja pumpulle yhteensä on yli 200 mbar/10 min, tulisi tankilta etsiä vuotoja ja parantaa sen tiiveyttä. Tulosten tulkintaa kannattaa aina pohtia, koska 60 kg/h vuotava pumppulaitteisto on katsottu välttäväksi. [1.]

Kapasiteettitesti

Kapasiteettitestillä testataan, paljonko ylimääräistä vuotoa pumppu kestää tippumatta pois vakuudesta, mikä taas kertoo pumpun imutehosta. Kapasiteettia testataan vuototukin avulla, jossa on seitsemän erikokoista reikää, jotka aiheuttavat tietyn suuruisen vuodon. Reikien nimelliset vuodot ovat 50 kg/h, 100 kg/h, 200 kg/h, 400 kg/h, 800 kg/h, 1600 kg/h ja 3200 kg/h. Vuototukilla saadaan testattu kaikki vakuumin vaiheita, mutta alla on esitetty testi, jolla testataan pumpun imutehoa viimeisessä vaiheessa, kun ejektorit S3A, S4A, S1 ja S2 ovat käynnissä. [5.] Kuvassa 17 on esitelty vuototukki ja reikien paikoitus.



Kuva 17. Vuototukki [25]

Reikien avauksia yhdistämällä saadaan aikaa tietynsuuruisia vuotoja. Testi tehdään erotuslevyä käyttäen ja alkaa ajamalla pumppu vakuumiin ja testataan vuotoja lisäämällä, paljonko ylimääräistä vuotoa pumppu jaksaa imeä. Uuden vuodon lisäyksen jälkeen odotetaan, kunnes paine ei enää laske ja raportoidaan taulukkoon lisävuodon suuruus ja paine. Vuoto saadaan aikaan, kun vuototukkia edeltävä käsikäyttöinen venttiili aukaistaan, tämä venttiili tulee kuitenkin sulkea aina ennen vuototukin vuotoreikiä koskemista. Muulloin venttiili tulee olla aina suljet-

tuna. [25.] Taulukossa 7 on esitetty lokakuussa 2022 tehdyn vuosihuollon jälkeen tehdyn kapasiteettitestin tulokset. [24.] Ja taulukossa 8 on annettu pumpun kunnosta kertovat sanalliset arviot. [25].

Taulukko 7. Vuosihuollon jälkeinen kapasiteettitesti

Lisävuoto (kg/h)	Paine mbar
0	0,3
300	0,6
400	0,7
500	0,7
600	1,0
650	1,1
700	>20 mbar

Taulukko 8. Pumpun kunnosta kertovat, suuntaa-antavat arvot

Puhdas ja tiivis pumppu	kestää 500 kg/h vuodon
Hieman likaantunut, mutta toimiva pumppu	kestää 400 kg/h vuodon
Likainen ja tukkeentunut pumppu	kestää 300 kg/h vuodon, mutta vakumoinnit eivät kuitenkaan onnistu

Vakuumlaitteistolle tulee tehdä myös koeimu ilman senkkaa ja katsoa, kuinka kauan laitteistolla kestää päästä vakuumiin. [25]

Valmistajan lupaamat

Valmistaja on suorittanut vuonna 1998 laitteiston käyttöönotonyhteydessä vuototestit ja määrittänyt takuuarvot. Vuodon takuuarvo on 40 kg/h ja laitteen alipaineeksi < 0,67 mbar 350 kg/h vuodolla(S1+S2+S3A+S4A). Nämä laskelmat löytyvät liitteestä 2, jossa on myös tulokset vuonna 2003 tehdyistä vuototesteistä. Näiden laskujen vuototulos ilmoitetaan kg/h ja ne on tehty eristyksellä ja ilman. Liitteessä 3 on Excel-laskentakaava näille laskuille.

8 Viat ja vianhakutilanteet

Laitteiston vikaantuessa, tulee vika korjata mahdollisimman tehokkaasti, kuitenkin muistaen työturvallisuus. Vikaantumisesta seurannut tuotantokatko tulee pitää mahdollisimman lyhyenä ja vianhaku prosessi selkeänä ja tehokkaana. Raportointi vikaantumisen aikana on ensisijaisen tärkeää, ettei samoja asioita tehdä useaan kertaan, esimerkiksi vuoronvaihtojen yhteydessä.

Laitteiston operaattorit aloittavat vianhaun mahdollisen vikaantumisen sattuessa. Joskus voi olla, että vika on hyvin pieni ja korjausta ei tarvita, vaan vika korjaantuu esimerkiksi puhdistamisella. Jos vikaa ei löydy tai se vaatii korjaustoimia, otetaan yhteyttä kunnossapidon päivävuoron työjohtoon, joka ottaa asian selvitykseen resurssien sallimissa rajoissa. Jos päivävuorosta ei niitä riitä tai vikaantuminen tapahtuu ilta- tai yöaikaan, hälytetään vuorohuolto asiaa tutkimaan.

8.1 Yleisimmät viat

Kävin läpi kunnossapitojärjestelmästä vakuumilaitoksen vikatöitä vuodesta 2009 ja kirjasin sieltä yleisimpiä vikaantumisia laitteen historiassa. Yleisin vika vakuumilaitoksella on, että laite ei saavuta vakuumia eli paine ei laske toivotulle tasolle. Syynä on yleensä vuodot jossain päin laitteistoa [1]. Seuraavaksi eniten oli vakumointi keskeytynyt erilaisten mittalaitteiden ja säätimien hälytyksien tai rikkoontumisien takia. Muita esille nousseita ongelmia löytyi muun muassa langanohjauksesta, höyrylinjasta tai jakotukista sekä argon-huuhtelusta.

8.2 Vikaantumisen sattuessa

Jos vikaantuminen tapahtuu, tulee syy löytää mahdollisimman tehokkaasti. Alle on kerätty listaa mahdollisista vioista ja vuotopaikoista. Työn liitteeksi on koostettu vianhakukaavio, joka voi auttaa vikaantumisen sattuessa. Koko laitoksen kaikkien irrotettavien osien liitokset ja laitteet voivat olla mahdollisia vuotopaikkoja, mutta alle on listattu yleisimmät paikat mistä vikaa voi alkaa etsiä [1].

Tarkista tankin puolelta

- tankin tiiviste ja tiivistepinnat
- kannen ja imuputken välinen tiiviste ja tiivistepinnat
- alumiinisulakkeen eheys ja pulttien kiristys
- blommin kiinnitys ja pulttien kireys
- peruskansi ratkeamien varalta
- langansyöttöluukkujen tiivisteet
- seosaineensyöttölaiteen tiivisteet
 - o ala- ja ylätiiviste ja tyhjiösäiliön alipaineenmittaus
- kamerayhteen tiiveys
- esierottimen miesluukku

Tarkista pumppulaitteiston puolelta

- lauhteenpoiston luukun tiiviste
- miesluukkujen kiinnitys ja tiivisteet
- aloitusejektorin SVE tarkastus
 - takaiskun puhdistus/ tiivistysten ja mekanismin tarkastus/ vaihto tarvittaessa
 - ejektorin puhtaus, höyrysuuttimen kiinnityslaipan tarkastus vuotojen varalle
 - tarkista, onko varastossa uutta takaiskua (tako 297713), jotta voidaan reagoida nopeasti, jos sitä ei ole
- muut ejektorit samalla tavalla

- S4A takaiskun tako 316133
- S4B takaisku tako 376327
- S3B takaiskun tako 297713

- boosterien puhtauden tarkastus
- boosterien höyrysuuttimien sisäkartion puhtaus
- höyryventtiilien tarkastus
- K1-lauhduttimeen S1-boosterilta tulevan imuputken käyrä
- laippaliitokset
- miesluukut (boosterit ja lauhduttimet)
- lauhduttimien vuodot
 - o itse tankista löytyvät vuodot
 - o poistoputkien tarkastus reikien varalle

Muita mahdollisia ongelmia

- argonhuuhtelun ongelmat
 - o tankin huuhteluyhteen alueen siisteys
 - o letkujen vuodot → ei huuhtele kunnolla
- huuhtelun säädettävyyden ongelmat → brooksin ongelmat
- takaiskun ”kalkatus”
 - o järjestelmän paine vaihtelee ja on lähes sama takaiskuventtiilin molemmilla puolilla, täten venttiili ei pysy auki eikä kiinni
 - o voi kertoa pumppulaitteiston tehon laskusta

- tankkivaunun paikoitus vakuuminkanteen nähden

8.3 Ennakointi

Huolto-ohjelman seuraamisella pyritään vähentämään vikaantumisia. Laitteiston kuntoa tulee seurata myös päivittäin seuraamalla laitoksen käyntiä ja sen ympäristöä. Suuri vastuu tästä kuuluu laitteiston opetaattoreille, jotka ovat päivittäin tekemissä laitteiston kanssa. Visuaalinen seuraaminen ja kuuntelu kuuluvat päivittäiseen seurantaan. Koska laitteiston ympäristössä tulee käyttää kuulosuojaimia, voi kuuntelun apuna käyttää esimerkiksi parabolista mikrofonia. Ainevahvuksien mittaukseen voidaan taas käyttää hyväksi ultraääntä. [22.]

Vikaantumista voidaan myös vähentää pitämällä huuhteluliittimet ja ympäristö puhtaana skolasta ja pölystä, jotta laitteet toimivat toivotulla tavalla. Myös ympäristötekijöihin tulee varautua, esimerkiksi lämpötilan laskiessa pakkasen puolelle, tulee muistaa huolehtia putkiston riittävästä eristyksestä. [22.] Jos laitteistoon on jäänyt kosteutta, voi se pakkasella jäätyä haitaten laitteiston toimintaa. Pakkaskautena tulisivin suorittaa vähintään yksi kylmävakumointi vuorokaudessa, mikäli varsinaisia vakumointeja ei ole. Kylmävakumoinnilla laitteistoon mahdollisesti kerääntynyt lauhdevesi poistetaan. [16.]

9 Johtopäätökset ja kehitysehdotukset

Koska laitteisto koostuu monista osista ja eri tahot etsivät vikoja, tulisi mielestäni vianhakutilanteiden järjestelmällisyyttä ja eritoten raportointia tehostaa. Jotta samoja asioita ei tehtäisi moneen kertaan esimerkiksi vuoronvaihtumisen vuoksi, tulisi vianhakutilanne raportoida aina, kun toimenpiteitä suoritetaan. Näin kaikilla olisi sama tieto tehdyistä toimenpiteistä ja löydöksistä, eikä samoja asioita tehtäisi moneen kertaan. Myös löydetyn syyn raportointi olisi tulevaisuuden kannalta tärkeää. Käydessäni läpi vikatöitä, oli useassa työn raportoinnissa puutteita, mutta osa oli koostettu esimerkillisesti. Tähän vikatilanteen raportoinnin käytäntöön ehdottaisin yhtenäistä tapaa, jossa kirjattaisiin vähintään taulukkoon 9 koostetut tiedot. Kirjauspaikkana ehdottaisin omaa välisivua Neuvossa, jotta tiedot eivät hukkuisi muun tekstin sekaan.

Taulukko 9. Ehdotettu raportointimalli

Vikaantumisen päivämäärä ja kellonaika
Vian oire
Tehdyt toimenpiteet
Vikaantumisen syy

Näin tarvittavat tiedot olisivat helposti poimittavissa tulevaisuudessa, mikäli niitä tarvitaan laitteen kunnossapidon parantamiseen tai kehitykseen. Tämä raportointimalli yhdistettynä vianhakukaavion käyttöön toisi vianhakutilanteisiin järjestelmällisyyttä. Vianhakukaavio löytyy liitteestä 4.

Kunnossapito-ohjeistusta läpikäydessä huomioni kiinnittyi siihen, ettei ennakko-ohjelmassa ole laitokselle niin sanottua käyvän laitoksen -kierrosta, jossa käynnissä oleva laitos käytäisiin tarkistamassa tietyiltä osin jo ennen huoltopäivää. Huoltotyön kohteista puuttuu myös pumpulaitteiston tarkastus. Haastatteluissa kunnossapidon työnjohdon ja -suunnittelijan kanssa tuotiin esille, että ainakin höyryventtiilien paineilman tarkastus tulisi lisätä huolto-ohjelman sisältöön. Kaikki varastossa olevat höyryventtiilit ovat jousi sulkee -toimintaisia, tulee aloitusejektoria venttiili muokata jousi avaa -toimintaiseksi, kun sellaista tarvitaan. Ajan säästämiseksi varastosta

tulisi löytyä vastaava, jo valmiiksi säädetty venttiili. Tämä olisi mahdollista tehdä jo korjaamalla, kun venttiileitä huolletaan.

Kunnossapidon ohjeistuksen päivityksen tulisi parantaa kohteen käyttövarmuutta [10], joka vakuulaitoksen tapauksessa tarkoitetaan häiriötöntä vakuumin muodostusta tuotannon tahdissa. Koska iso osa laitoksen toimivuudesta perustuu pumppulaitteiston toimimiseen, esittäisin, että kunnossapidosta irrotettaisiin työpari käymään laitos läpi operaattoreiden kanssa ennen varsinaista huoltopäivää. Tuolloin voitaisiin suorittaa vuototesti vakuumointikäsittelyjen välissä ja kunnossapidon työpari kävisi erityisesti pumppulaitteiston huolellisesti läpi. Samalla kunnossapito ja käyttö voisivat käydä läpi mahdolliset huomiot tulevaa huoltoa varten. Myös kiireisten tuotantuohuippujen ympärillä olisi hyödyllistä tihentää tällaista kunnontarkkailua ja tiivistä yhteistyötä käytön ja kunnossapidon välillä. Koska vikaantumisen aiheuttajana on useissa tapauksissa ejektoreiden takaiskut, tulisi ne mielestäni huoltopäivinä tarkistaa ja tarvittaessa puhdistaa. Näin ollen niiden tarkastukset tapahtuisivat laitoksen jo ollessa pysähdyksissä ja niiden kuntoa tarkkailtasi tällä tavoin säännöllisesti. Tähän tietenkin pitäisi varautua varmistamalla, että kaikkia takaiskuja löytyy varastosta ja ne saadaan vaihdettua heti, mikäli tarve vaatii.

Löysin poistetuista huoltotöistä LF/VD käynninaikainen seuranta -huoltotyön, jonka sisällössä on listattu kohteet, jotka laitoksen operaattori käy kerran työkiertonsa aikana läpi. Havaitut viat ilmoitetaan eteenpäin työnjohdolle, joka sitten huolehtii ilmoituksen kunnossapidolle. Viat raportoidaan myös Arttuun. Ohjeissa on hyvin kuvattu kohteet, jotka pitää tarkistaa ja mitä niissä pitää huomioida. En saanut selville, minkä takia tämä työ on jätetty pois, mutta tämä varmasti parantaisiin vikaantumisten huomaamista jo ennen kuin vikaantuminen pysäyttää prosessin. Monet kohteet olivat samoja, joita tarkistetaan vikaantumisen sattuessakin. Koska tavoitteena on, että laitteiston seisakit olisivat hallittuja, tulisi tällainen ennakoiva vikojenhaku saada rutiiniksi laitteiston kanssa työskenteleville henkilöille sekä muistaa raportoinnin tärkeys kaikissa tilanteissa.

Tällä hetkellä alipaineen mittauspisteistä saadut arvot näkyvät vain käsittelyn aikana ohjaamon käyttönäkymässä. Voisiko tästä datasta kuitenkin saada ennakoivaa tietoa laitteiston vikaantumisen oirehtimisesta? Jos näistä pisteistä kerätäisiin SPC-dataa samoin kuin ajon ajasta ja paineesta, voisi niistä mahdollisesti löytää jotain ennakoivaa käyttäytymistä alipainemittauspisteissä.

10 Pohdinta

Tämän työn tavoitteena oli tuottaa vianhakukaavio helpottamaan vikaantumistilanteita. Jotta laitteiston vikaantumista pystyi edes ymmärtämään, piti tutustua koko laitoksen toimintaan. Koko laitteiston läpikäyminen otti aikaa ja asiaa vaikeutti se, että kaikki laitteiston materiaali oli laitoksen toimittajan laatimista dokumenteista käännettyä tekstiä. Monet nykyään käytössä olevat termit olivat eroavia ja osa jopa käännöskukkasia. SSAB:n ohjaajani kävi onneksi tekstiä läpi kanssani ja löysimme termit, joita tehtaalla käytetään. Vakuumlaitteistosta löytyi hyvin vähän kirjallisuutta, joten suurin osa materiaaleistani on SSAB:n sisäisestä tietokannasta ja työohjeista saatuja.

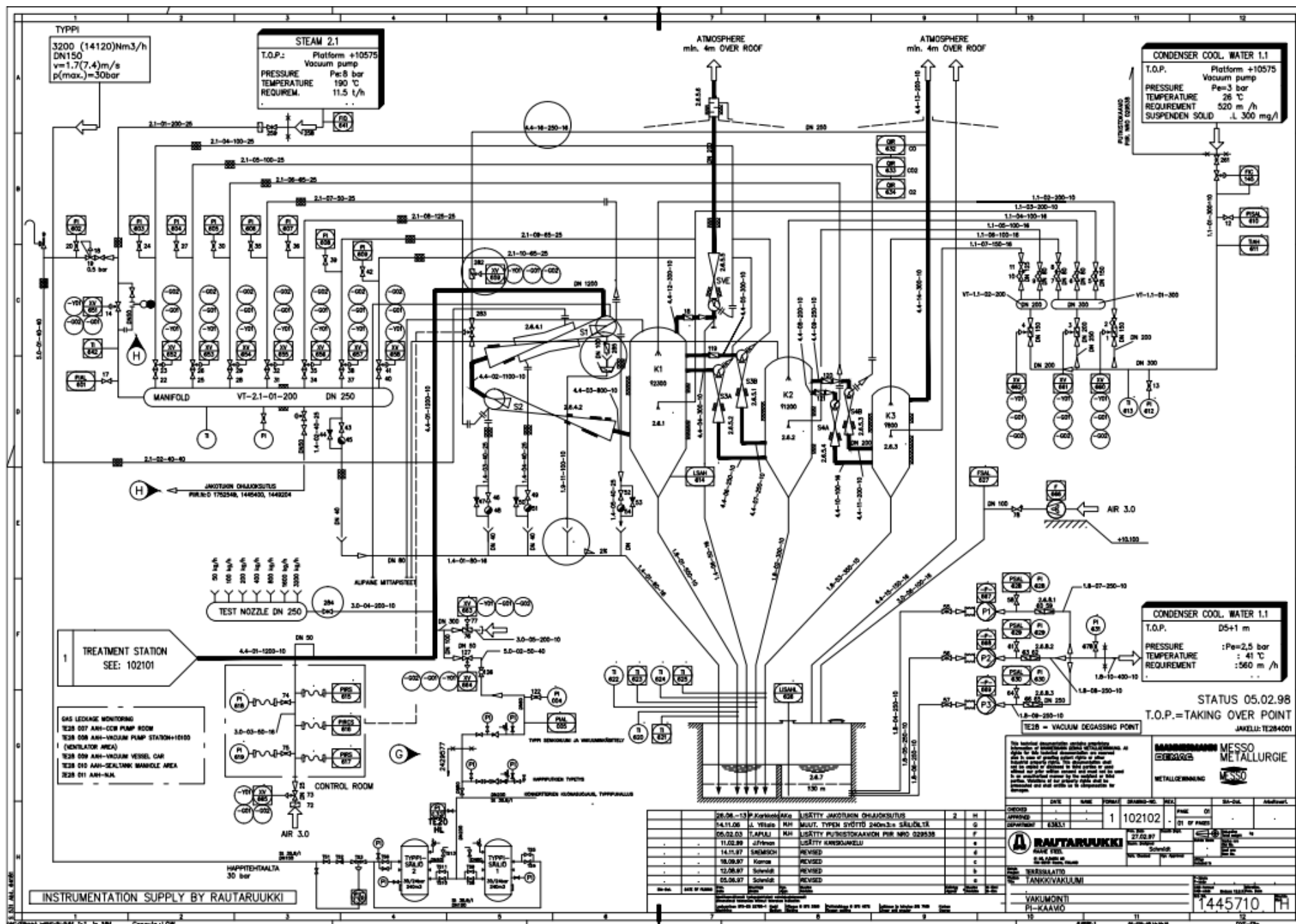
Vuoden 2022 toinen vuosihuolto tehtiin lokakuussa ja pääsin onnekseni tutustumaan laitteistoon lähemmin. Samaisessa vuosihuollossa vaihdettiin ejektorit ja hyvin oli mielenkiintoista päästä näkemään niiden likaantumisen aste sekä verrata niitä uusien kuntoon. Samoin pääsin näkemään putkistojen kunnon sisältä. Samaisen vuosihuollon jälkeen pääsin seuraamaan vuototestien ja kapasiteettitestin tekoa.

Vikaantumista kävin läpi niin ohjaajani kuin työsuunnittelija ja työnjohtajan kanssa. Heillä oli paljon käytännön kokemusta laitteiston parista ja saivat hyvin läpikäytyä vikaantumista kanssani. Artun vikatoiden läpikäymisessä meni aikaa ja raportoinnin puutteellisuuden vuoksi osa vikaantumisen syistä jäi selvittämättä, mutta saaduista vikatiedosta piirtyi sama kuva kuin haastattelussa oli noussut esiin. Vianhakukaaviota oli hyvä työstää henkilöiden kanssa, jotka ovat olleet laitoksen kanssa pitkään tekemisissä, ja heiltä sainkin hyvän rungon sen koostamiseen. Työ oli mielestäni mielenkiintoinen ja hyvin opettavainen. Tämä työ ja aihe sopivat hyvin jatkoksi kesän 2022 työharjoittelulle.

Lähteet

- 1 Haaraniemi, Mika. Kunnossapidon kehitysinsinööri, Terässulatto SSAB Europe Oy. Keskustelu. Raahе,2022
- 2 SSAB Lyhyesti, SSAB; 2023. [viitattu 3.1.2023]. Saatavilla <https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/ssab-lyhyesti>
- 3 SSAB Visio ja arvot, SSAB 2023; [viitattu 3.1.2023]. Saatavilla <https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/ssab-lyhyesti/visio-ja-arvot>
- 4 SSAB HYBRIT-hanke, SSAB 2023; [viitattu 3.1.2023]. Saatavilla <https://www.ssab.com/fi-fi/fossiilivapaa/hybrit-a-new-revolutionary-steelmaking-technology>
- 5 Vattenfall HYBRIT Edistysaskelia kohti fossiilivapaata terästuotantoa, 2023; [viitattu 3.1.2023]. Saatavilla <https://www.vattenfall.fi/fokuksessa/fossiilivapaa/hybrit/>
- 6 SSAB Raahen tehdas, SSAB 2023; [viitattu 3.1.2023]. Saatavilla <https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/tuotantopaikkakunnat-suomessa/raahe>
- 7 SSAB, Raahen tehtaan esittelymateriaalit. [viitattu 25.1.2023] SSAB intranet
- 8 Metallinjalostajat. Teräskirja. Tampere: Metallinjalostajat, 2009.
- 9 Hannula, Simo-Pekka; Haimi, Eero ja Lindroos, Veikko. Uudistettu Miekk-Ojan Metallioppi, osa 2. Keuruu: Teknologiateollisuus ry, 2020.
- 10 PSK 6201. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. Maintenance. Terms and definitions. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry, 2011
- 11 SSAB, Työsuunnittelun periaatteet ja tavoitteet, kunnossapito [viitattu 25.1.2023] SSAB intranet
- 12 SSAB Menettelyohjeet: Senkkauuni ja vakuuilaitos [viitattu 18.10.2022] SSAB intranet

- 13 SSAB Vakuumilaitos, käyttö- ja huolto-ohje.1998.
- 14 SSAB Tekninen piirustus nro 028065, aseman läpileikkaus [viitattu 15.12.2022] SSAB intranet
- 15 K. Koivisto, E. Laitinen, M. Niinimäki, T. Tiainen, P. Tiilikka, J. Tuomikoski. Konetekniikan materiaalioppi. Helsinki: Oy Edita Ab 1999.
- 16 SSAB Menettelyohjeet: Vakuumpumpun yleiskuvaus [viitattu 18.10.2022] SSAB intranet
- 17 SSAB Tekninen piirustus nro. 1441883, Ejektori. [viitattu 15.12.2022] SSAB intranet
- 18 SSAB Tekninen piirustus nro. 027393, Boosteri [viitattu 15.12.2022] SSAB intranet
- 19 Pisilä E-L. Tulenkestävien materiaalien tuotantopäällikkö SSAB Europe Oy. Sähköpostikeskustelu 13.1.2023
- 20 SSAB Työohjeet: senkkauuni- ja vakuumiprosessin kulku [viitattu 5.12.2022]
- 21 SSAB Tekninen piirustus nro 1445710, Vakuumilaitoksen PI-kaavio [viitattu 5.12.2022]
- 22 Ahtimaa Heikki. Konvertterin mekaanisen kunnossapidon työsuunnittelija. SSAB Europe Oy. Keskustelu. Raahе, 2022.
- 23 SSAB, EH-työmääräin. Vakuumilaitoksen huolto [viitattu 13.11.2022] SSAB intranet
- 24 Syrjänen Antti. Kehitysinsinööri. SSAB Europe Oy. [viitattu 21.10.2022] Keskustelu. Raahе 2022
- 25 SSAB Työohjeet: Vakuumpumpun testaaminen ja ajaminen käsiajolla [viitattu 18.10.2022] SSAB intranet



TYYPPI
3200 (14120)Nm³/h
DN150
v=1.7(7.4)m/s
p(max.)=30bar

STEAM 2.1
T.O.P.: Platform +10575
Vacuum pump
PRESSURE Pe=8 bar
TEMPERATURE 190 °C
REQUIREMENT 11.5 t/h

CONDENSER COOL. WATER 1.1
T.O.P. Platform +10575
Vacuum pump
PRESSURE Pe=3 bar
TEMPERATURE 26 °C
REQUIREMENT 520 m³/h
SUSPENDED SOLID $\leq 300 \text{ mg/l}$

CONDENSER COOL. WATER 1.1
T.O.P. D5+1 m
PRESSURE Pe=2,5 bar
TEMPERATURE 41 °C
REQUIREMENT 560 m³/h

STATUS 05.02.98
T.O.P.=TAKING OVER POINT
JAKELU: TE284001

MESSO METALLURGIE
METALLURGIEN
MESSO




NO	DATE	NAME	REVISION	NO	BY	CHK	APP
28.08.13	P. Karhunen	AKK	LIISÄTTY JAKOTIEN OHJAUSKÄSITUS	2	H		
04.11.06	J. Vesala	MH	MUUT. TYYPIN SYÖTTÖ 240m ³ SÄILÖLLE	1	G		
05.02.03	J. Lahti	MH	LIISÄTTY PUUNOSTOAJAN PIR. MNO 029538	1	F		
11.02.99	J. Piippo		LIISÄTTY KANSIOLLE	1	F		
14.11.97	S. Mäkelä		REVISIO	1	F		
18.09.97	Korhonen		REVISIO	1	F		
12.08.97	Schmidt		REVISIO	1	F		
05.08.97	Schmidt		REVISIO	1	F		

RAUTARUUKKI
VAKUONTI
PI-KAAVO

102102
1
27.02.97

1445710 PH

INSTRUMENTATION SUPPLY BY RAUTARUUKKI

 Finland	120 t LHF/VD PLANT contract no. TE11150S96 messo order no. 1.171.0164	 Metallurgie Stahlwerke  page 7 / 7
	PRELIMINARY ACCEPTANCE TESTS PAT	
	6. Commissioning	

LEAKAGE TEST

order no.: 1.171.0164
 plant: 120t LHF/VD
 plant detail: vacuum pump with degassing vessel
 outside temperature: 17 °C
 vessel temperature: 20 °C
 date: 19.08 .1998

A.) 0 - load

start: 14:13 h from 32 mbar
 finish: 14:23 h to 60 mbar
 = 28 mbar / 10 min y = 2,8


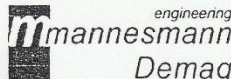

B.) 50 kg / standard nozzle

start: 14:25 h from 32 mbar
 finish: 14:35 h to 100 mbar
 = 68 mbar / 10 min z = 6,8

$$x = 50 * \frac{y}{z - y} = 50 * \frac{2,80}{6,80 - 2,80} = 35$$

x = 35 kg / h leakage

Guarantee value: 40 kg/h

 Finland	120 t LHF/VD PLANT contract no. TE11150S96 messo order no. 1.171.0164	 engineering Demag Metallurgie Stahlwerke  page 6 / 7
	PRELIMINARY ACCEPTANCE TESTS PAT	
	6. Commissioning	

LEAKAGE TEST

order no.: 1.171.0164
 plant: 120t LHF/VD
 plant detail: vacuum pump without degassing vessel
 outside temperature: 17 °C
 vessel temperature: 20 °C
 date: 19.08.1998

A.) 0 - load

start: 12:29 h from 20 mbar
 finish: 12:39 h to 55 mbar
 = 35 mbar / 10 min y = 3,5

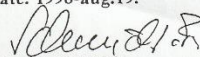
B.) 50 kg / standard nozzle

start: 13:39 h from 41 mbar
 finish: 13:49 h to 142 mbar
 = 101 mbar / 10 min z = 10,1

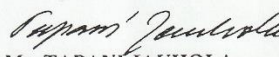
$$x = 50 * \frac{y}{z - y} = 50 * \frac{3,5}{10,10 - 3,50} = 26,5$$


x = 26,5 kg / h leakage

Date: 1998-aug.19.


 Mr. SCHMIDT
 Commissioning manager
 MDM-Messo

pat.doc / schmidt / 19.08.1998


 Mr. TAPANI JAUHOLA
 Project manager
 Rautaruukki - Steel, Raahé

Rautaruukki Raaha - Finland	100 t VOD-Plant	 SMS Mevac GmbH
	(Empty space)	

LEAKAGE TEST

ORDER NO:
 PLANT: 4 stage steam ejector vacuum pump for 100t VOD-Plant
 PLANT DETAIL: vacuum pump with degassing vessel
 OUTSIDE TEMPERATURE: -1 °C
 VESSEL TEMPERATURE: 12 °C
 DATE: 12.02.2003

A.) 0 - LOAD

START:	17:52	h	from	35	mbar			
FINISH:	18:02	h	to	234	mbar			
				<u>199</u>	mbar	/ 10 min	y	= 19,9

B.) 50 kg / STANDARD NOZZLE


START:	18:11	h	from	46	mbar			
FINISH:	18:21	h	to	276	mbar			
				<u>230</u>	mbar	/ 10 min	z	= 23,0

$$X = 50 \times \frac{Y}{Z - Y} = 50 \times \frac{19,9}{23,0 - 19,9} = 320,97 \text{ kg / h leakage}$$

GUARANTEE VALUE: 40 kg / h

Date: 12.02.2003
 Schmidt, F. *Schmidt, F.*
 Commissioning manager
 SMS DEMAG-Mevac

Author: Schmidt, F.
 Date: 13.02.03

Rautaruukki Raahе - Finland	100 t VD-Plant	 SMS Mevac GmbH
	(Empty space)	

LEAKAGE TEST (after vacuum pump inspection)

ORDER NO:
 PLANT: 4 stage steam ejector vacuum pump for 100 t VD-Plant
 PLANT DETAIL: vacuum pump **without** degassing vessel (blind plate)
 OUTSIDE TEMPERATURE: -1 °C
 VESSEL TEMPERATURE: °C
 DATE: 12.02.2003

A.) 0 - LOAD


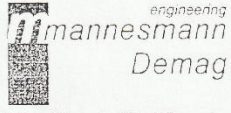
START:	16:56	h	from	27 mbar				
FINISH:	17:06	h	to	66 mbar				
				<u>39 mbar</u>	/ 10 min	y	=	3,9

B.) 50 kg / STANDARD NOZZLE

START:	18:28	h	from	29 mbar				
FINISH:	18:38	h	to	145 mbar				
				<u>116 mbar</u>	/ 10 min	z	=	11,6

$$X = 50 \times \frac{Y}{Z - Y} = 50 \times \frac{3,9}{11,6 - 3,9} = 25,32 \text{ kg / h leakage}$$

Date: 12.02.2003
 Schmidt, F.
 Commissioning manager
 SMS DEMAG-Mevac

 RAUTARUUKKI <small>RAAHE STEEL</small>	120 t LHF/VD PLANT <small>contract no. TE11150S96 messo order no. 1.171.0164</small>	 Mannesmann Demag <small>engineering</small> Metallurgie Stahlwerke
	Finland	PRELIMINARY ACCEPTANCE TESTS PAT
6. Commissioning		

date:	20.08.98	order. no.:	1.171.0164
plant:	120 t LHF/VD	place:	Rautaruukki-Raabe
leakage:	35 kg/h	outside temperature:	12°C
vacuum step:	S4 A / S4 B + S3 A / S3 B		
name commissioner:	Schmidt		

vacuum

standard nozzle (kg/h)	0-last	100	350	600	800	1000	1600	2000
head booster 1 (mbar)	29	30	36	43	46	52	65	69
condensator 1 (mbar)	27	29	35	42	46	51	65	68
condensator 2 (mbar)	126	129	145	143	158	168	191	201
Controllroom (screen indicat.)	26	29	36	42	46	51	64	68

steam

pressure (bar) distributor	7,8	7,7	7,6	7,6	7,7	7,7	7,7	7,7
pressure (bar) at booster S4A	6,8	6,7	6,6	6,6	6,7	6,6	6,6	6,6
pressure (bar) at booster S4B	6,8	6,7	6,6	6,6	6,7	6,6	6,6	6,6
pressure (bar) at booster S3A	6,8	6,7	6,6	6,6	6,7	6,6	6,6	6,6
pressure (bar) at booster S4B	6,8	6,7	6,6	6,6	6,7	6,6	6,6	6,6
temperature (°C) distributor	166	166	165	165	165	165	165	165
flow (t/h)	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9

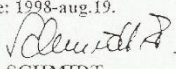
condenser cooling water

CCW in (°C)	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5
CCW in +11m (bar)	3,8	3,5	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
CCW out C 1 (°C)								
CCW out C 2 (°C)	38	37	37	37	37	37	37	37
CCW out C 3 (°C)	38	38	38	38	38	38	38	38
CCW nominal rate 520 m ³ /h								
CCW (m ³ /h)	520	520	520	520	520	520	520	520

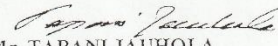
Remarks:




- Guarantee value: Vacuum pressure < 70 mbar for air load of 1000 kg/h
- Guarantee value: Vacuum pressure < 270 mbar for air load of 2000 kg/h

Date: 1998-aug.19.


Mr. SCHMIDT
Commissioning manager
MDM-Messo

pat.doc / schmidt / 20.08.1998


Mr. TAPANI JAUHOLA
Project manager
Rautaruukki - Steel, Raabe

 RAUTARUUKKI RAAHE STEEL	120 t LHF/VD PLANT contract no. TE11150S96 messo order no. 1.171.0164	 engineering Mannesmann Demag Metallurgie Stahlwerke  page 4 / 7	
	Finland		PRELIMINARY ACCEPTANCE TESTS PAT
			6. Commissioning

date:	20.08.98	order. no.:	1.171.0164
plant:	120 t LHF/VD	place:	Rautaruuki-Raahé
leakage:	35 kg/h	outside temperature:	14°C
vacuum step:	S4 A + S3 A + S2 + S1		
name commissioner:	Schmidt		

vacuum

standard nozzle (kg/h)	0-last	100	200	350	400	500	600	1000	1600				
head booster 1 (mbar)	0,4	0,45	0,5	0,55	0,9	1,0							
condensator 1 (mbar)	38	43	46	55	60	66							
condensator 2 (mbar)													
Controllroom (screen indicat.)	0,2	0,2	0,2	0,3	1	1							

steam

pressure (bar) distributor	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,8							
pressure (bar) at booster S4A	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,8							
pressure (bar) at booster S3A	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,8							
pressure (bar) at booster S2	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,8							
pressure (bar) at booster S1	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,8							
temperature (°C) distributor	165	165	165	165	165	166							
flow (t/h)	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4							

condenser cooling water

CCW in (°C)	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5							
CCW in +11m (bar)	5	5	5	5	5	5							
CCW out C 1 (°C)	27	27	27	27	27	27							
CCW out C 2 (°C)	34	34	34	34	34	34							
CCW out C 3 (°C)	36	36	36	36	36	36							
CCW nominal rate 520 m ³ /h													
CCW (m ³ /h)	520	520	520	520	520	520							

Remarks:




- Guarantee value: Vacuum pressure < 0,67 mbar for air load of 350 kg/h

Date: 1998-aug.19.

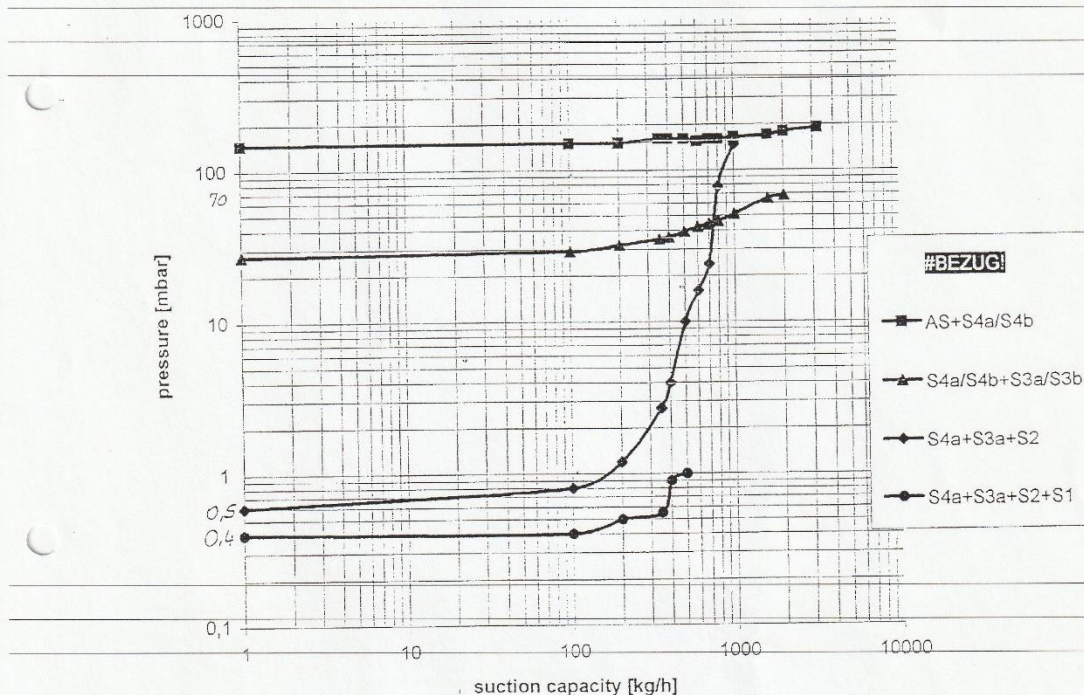
Schmidt, F.
 Mr. SCHMIDT
 Commissioning manager
 MDM-Messo

pat.doc / schmidt / 20.08.1998

Tapani Jauhola
 Mr. TAPANI JAUHOLA
 Project manager
 Rautaruukki - Steel, Raahé

 Finland	120 t LHF/VD PLANT contract no. TE11150S96 messo order no. 1.171.0164	 engineering Mannesmann Demag Metallurgie Stahlwerke  page 5 / 7
	PRELIMINARY ACCEPTANCE TESTS PAT	
	6. Commissioning	

Suction capacity of 120t LHF/VD-Plant Rautaruukki-Raaha Steel



Date: 1998-aug.20.

Schmidt
 Mr. SCHMIDT
 Commissioning manager
 MDM-Messo

pat.doc / schmidt / 20.08.1998

Tapani Jauhola
 Mr. TAPANI JAUHOLA
 Project manager
 Rautaruukki - Steel, Raaha

					TESTI	
					___.___.20__	
Vuototesti vakuumpumpulle						
Päivämäärä:						
Testaaja:						



TESTI

..20

Vuototesti vakuumpumpulle

Päivämäärä:

Testaaja:

Testi ilman kuormaa:

Aika (min)	Paine (mbar)
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Testikuorma 50 kg/h:

Aika (min)	Paine (mbar)
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

$\Delta p1:$	0 mbar
$\Delta p1/\Delta t1:$	0 mbar/min

$\Delta p2:$	0 mbar
$\Delta p2/\Delta t2:$	0 mbar/min

Vuoto = 50 X $\Delta p1/\Delta t1:$
 $\Delta p2/\Delta t2:$ - $\Delta p1/\Delta t1:$

Vuoto = #JAKO/0! kg/h

Koeimut : mm.ss mbar

Huomiot:



TESTI

..20

Vuototesti vakuumpumpulle ja tankille

Päivämäärä:

Testaaja:

Testi ilman kuormaa:

Aika (min)	Paine (mbar)
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Testikuorma 50 kg/h:

Aika (min)	Paine (mbar)
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

$\Delta p1:$	0 mbar
$\Delta p1/\Delta t1:$	0 mbar/min

$\Delta p2:$	0 mbar
$\Delta p2/\Delta t2:$	0 mbar/min

Vuoto = 50 X $\Delta p1/\Delta t1:$
 $\Delta p2/\Delta t2:$ - $\Delta p1/\Delta t1:$

Vuoto = #JAKO/0! kg/h

Koeimut : mm.ss mbar

Huomiot:

