

LIITE 1

Sularänniohje 12.10.2016

1 YLEISTÄ

Suomen Soodakattilayhdistyksen jäsenistö on kaivannut ohjetta soodakattilan sularännien suunnitteluun, käyttöön ja kunnossapitoon. Taustalla on huoli turvallisuudesta ja raportoidut sularännivauriot. [Sularännien kestävyys on viime vuosina korostunut sellutehtaiden pidentyneiden ajoaikojen seurauksena.](#)

Yhdistys ei vastaa tämän suosituksen virheistä eikä tästä johtuvista mahdollisista ongelmista.

SISÄLLYSLUETTELO

1 YLEISTÄ.....1

2 SULARÄNNEIHIN LIITTYVÄT RISKIT.....3

2.1 Rännien tukkeutuminen3

2.2 Sulavuoto3

2.3 Jäähdytysvesivuoto / sulavesiräjähdys3

2.4 Liuottajaräjähdykset3

3 SULARÄNNIEN VAURIOT5

4 MATERIAALIT, KUNNOSSAPITO JA TARKASTUKSET7

5 SULARÄNNIEN JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ.....98

5.1 Jäähdytysvesi98

5.2 Jäähdytysjärjestelmän suunnittelukriteerit98

5.2.1 Lappojärjestelmä109

5.2.2 Alipainejärjestelmä1140

5.2.3 Jäähdytysvesijärjestelmän mittaukset ja hälytykset1342

6 ESIMERKKEJÄ VAURIOISTA1413

Field Code Changed

Field Code Changed

Field Code Changed

Field Code Changed

Field Code Changed

Field Code Changed

Field Code Changed

Field Code Changed

Field Code Changed

Field Code Changed

Field Code Changed

Field Code Changed

Field Code Changed

Field Code Changed

Field Code Changed

2 SULARÄNNEIHIN LIITTYVÄT RISKIT

2.1 Rännien tukkeutuminen

Tukkeutuneiden sulakourujen avaamisesta tulee olla kirjalliset ohjeet. Tukkeutuneen kourun avaamiseen liittyy erittäin suuri riski. Tukoksen auettua ja sulamäärän ollessa suuri saattaa liuottajassa tapahtua voimakas sula-vesiräjähdyks. Suositeltavaa on varmistaa, että työhön osallistuvilla henkilöillä on työstä kokemusta. Samoin on suositeltavaa, että kattilan käytönvalvoja saa asiasta viivyttlemättä tiedon. Henkilöstön on käytettävä tähän työhön ja tarkoitukseen suunniteltuja välineitä, suojaimia ja vaatteita.

2.2 Sulavuoto

Sularännin sulavuoto kourun ohi voi johtua monesta syystä kuten esimerkiksi kiinnityskehysten irtoamisesta, massauksen sulamisesta tai asennusvirheestä (massauksen unohtaminen tai sen riittämättömästä tiiveydestä vajavaisen tärtyksen vuoksi).

2.3 Jäähdytysvesivuoto / sulavesiräjähdyks

Sularännien sijainnista johtuen ränneissä kiertävä jäähdytysvesi aiheuttaa sulavesiräjähdyksen vaaran. Vuodon seurauksena vettä voi joutua suoraan tulipesään tai sulavirtaan.

Sularännin jäähdytysvesivuoto voi johtua monesta eri syystä kuten esimerkiksi rännin vaurioitumisesta, rännin ennen aikaisesta kulumisesta, jäähdytysvesivirtauksen katkeamisesta, jäähdytysveden liiallisesta höyrystymisestä/tulistumisesta, jäähdytysveden liiallisesta lämpötilavaihtelusta, liiallisista vesipuolen kerrostumista, katkonaisesta sulavirtauksesta, valmistusvirheestä, virheellisestä asennuksesta tai huollosta. Alipaineeseen perustuvissa järjestelmissä jäähdytysvesijärjestelmään voi vuodon sattuessa päästä sulaa, joka näkyy kohonneena pH ja johtokykynä.

Mikäli vesivuoto sijaitsee sularännin jättöpäässä eikä vuoto ole niin suuri, että se häiritseisi kourun yläpäätä (tulipesän puoleinen pää) jäähdytystä, ränni on mahdollista tulpata ja jatkaa ajoa seuraavaan pysähdykseen saakka. Tällöin ränni on laitettu ns. pakkokierrolle ja rännissä kiertävä jäähdytysvesi purkautuu liuottajaan.

Mikäli vesivuoto sijaitsee sularännin yläsisääntulopäässä, tulppaus ei todennäköisesti pysy paikallaan jäähdytysveden ja sulan räjähtelyn takia.

Jäähdytysveden sulkeminen vuotavasta rännistä voi aiheuttaa rännin ylikuumenemisen ja sitä kautta sulavuodon. **HUOM. BLRBAC:n ohjeissa käsketään katkaista jäähdytysvesi vuotavasta rännistä.**

2.4 Liuottajaräjähdykset

Liuottajassa tapahtuu jatkuvasti pieniä räjähdyksiä 800-1000 °C sulan virratessa 90-100 °C nesteeseen. Sulan hajottaminen pisaroiksi höyryllä vähentää "paukahtelua". Liuottajaräjähdyks voi olla seurausta useammasta tapahtumaketjusta. Seuraavassa on esitetty syitä, jotka voivat johtaa liuottajaräjähdykseen:

- Sellutehtaan prosessihäiriöiden seurauksena polttolipeän ja siten sulan laatu voi muuttua niin, ettei sulan liuotus toimi suunnitellusti. Ominaista näille häiriöille on mustalipeän orgaanisen aineen alhainen osuus ja/tai alhainen valkolipeän sulfiditeettitaso. Erityisen riskitekijän muodostaa soodakattilan pesuveden

johtaminen haihduttamoon. Soodakattilan tulipesän pesuvedet tulisi käyttää mieluummin laiha-valkolipeäksi ja johtaa matalapitoiset vedet jätevesijärjestelmään tehtaan ympäristöluvan sallissa.

- Sulakouruaukon tukkeutuessa tulipesän pohjalle kerääntyy ylimääräistä sulaa. Sulakourua avattaessa on sulan virtaus jonkin aikaa erittäin voimakasta ja muodostaa liuottajan räjähdysmahdollisuuden. Mahdollisuus tähän on erityisen suuri kattilan vesipesun jälkeen pohjalle kertyneen suolan takia, joka voi aikaan saada sulan kertymää. Vesipesun jälkeen tulee sulakourujen primääri-ilma-aukkojen edusta tuli-pesän sisäpuolella puhaltua vapaaksi irtosuolasta.
- Voimakas sulavirtaus saattaa myös muodostaa liuottajaan pohjalle sulakasauman, koska kaikki sula ei ehdi liueta nesteeseen.
- Useamman sulakourun tukkeutuessa on lipeän syöttö tulipesään välittömästi keskeytettävä.
- Sulakourujen huuvien seinille sekä liuottimen seinille ja kattoon kerääntyy kuumia sulamöykkyjä, jotka riittävästi kasvaessaan putoavat tai niitä pudotetaan hehkuviina nesteeseen ja saattavat aiheuttaa liuottajaräjähdys.
- Liuottajan nestepinnan ollessa liian korkea, sulan hajotus ei toimi halutulla tavalla. Tästä saattaa aiheutua liuottimen nesteen ja sulan räjähdysmäinen ryöpsähtäminen liuottimen hoitotasolle.
- Ennen apupolttoaineen polttimeen sytytystä on varmistettava, että liuottajassa on riittävästi nestettä sekä sularännien jäähdytyskierto on päällä, sillä sulavirtaus saattaa alkaa nopeasti polttimeen sytytyksen jälkeen. Liuottajan nestetäytön aloittaminen sen jälkeen, kun sulavirtaus on jo alkanut, johtaa todennäköisesti liuottajaräjähdykseen.
- Lipeän polton aloitus täytyy estää liuottimen pinnan ollessa alle lukitusrajan. Liuottimen pinnan mittauksen oikeellisuus on varmistettava säännöllisesti.

Comment [KS1]: eikö kyse ole enemmänkin nopeasta alasajosta, kun ei suoriteta pesuja (MF Rauma erään jouluseisokin jälkeen) tai jos suoritetaan tulistajien "pikapuhdistus", jolloin tulistimilta putoaa mahdollisesti kekosulaa alemmassa lämpötilassa sulavia suolaseoksia?

Comment [LM2]: Yleensä seisokin jälkeen pesä on tyhjä ja kattilaan laitetaan tulet vaikka liuottajan työt on vielä kesken

3 SULARÄNNIEN VAURIOT

Tyypillisiä vaurioita ja niiden ehkäisykeinoja ovat:

Vauriokohta:

1. rännin [alapään](#)/jättöreunan syöpyminen/erosio

Syy/Ehkäisy:

sulanhajotus suunnattu oikein [nestepintaa kohti](#)

liuottajasäiliön pinnan korkeus

jättöreunan pinnoitus

[kourun alapään pitäminen kuivana](#)

2. rännin [yläpään](#)/sisääntuloreunan säröily/korroosio/[syöpyminen](#)

[liian korkea jäähdytysveden lämpötila](#)

[liian suuri alipaine lisää kavitaatoriskiä](#)

[liian korkea liuottajan pinta](#)

[pinnoitus etureunaan](#)

3. rännin terminen väsymisestä johtuva säröily (sulavirtauksen pohjalla/rajalla)

[lämpötilan vaihtelut \(sula tai vesi\)](#)

[pH mittaus / hälytys](#)

[Kemikaalin syöttö](#)

4. Jäähdytysvesipuolen korroosio

[Veden laatu \(hapen poisto\)](#)

[pH:n säätökemikaalin toiminta alhaisessa](#)

[lämpötilassa?](#)

[Onko lauhde riittävän hyvä laatuista?](#)

5. [Massaus pettää](#)

[Massan riittävä kuivumisaika](#)

6. [Kourun vaipan eroosio](#)

[Kourualueen huuhtelusuihkujen tarkkailu](#)

7. [NaOH-korroosio](#)

[Kourualueen huuhteluun käytettävän](#)

[laihavalkoliipeän roiskuminen kuumille](#)

[pinnoille](#)



Kuva 3-1. Esimerkki jättöreunan syöpmisestä

Comment [KS3]: "kylmä kouru" kondensoi pinnoilleen liuotinhönlä ja huuhteluvesiä. Tämä voi mielestäni tapahtua myös muualla kourussa, sula ja kosteus yhdessä tarkoittavat "kavitaation omaisia" räjähdysisiä ja eroosiota)

Comment [KS4]: Säröily on seurausta materiaalin väsymisestä, joka taas johtuu lämpötilavaihteluista. Korroosio voisi olla seurausta materiaalin yllämmöstä. On kuitenkin niin, että "mustakin materiaali" kestää "hyvin" aina 250 C-asteeseen redusoivissakin olosuhteissa. Säröivaurioita on saattanut esiintyä myös valmistusvirheen takia.

Comment [KS5]: kourumateriaalin väsyminen tarkoittaa mielestäni joko vesipuolen lämpötilavaihteluita tai sitten sulapuolen lämpötilan vaihteluita. Toki molemmat voivat olla yhtä aikaa. Tasaiset lämpötilat kummallakin puolella kourun pohjalevyä ovat tärkein edellytys yrittäessä estää terminen väsyminen.

Comment [KS6]: Vesi. Hapen poisto ja suljettu järjestelmä ei uutta happea järjestelmään

Comment [KS7]: On ainakin yksi tapaus, jossa huuhtelu suuttimen oli vaurioitunut raskaudesta aikana ja suihku osui kourun vesivaippaan, seurauksena vuoto

Comment [KS8]: jos kourualueen huuhteluväliaineena on laiha valkoliipeä, on oltava tarkkana, että se ei roiskuta tai huuhtele luokkaa 200 C astetta olevia pintoja. Jos laiha valkoliipeä osuu hajotushöyryputkeen, se kestää 1 – 3 kk seinämäpaksuudesta riippuen

Comment [KS9]: (katso video, jossa nähdään kuinka kourulevy kerää sivupinnalleen jähmettynyttä sulaa "sulavirran päällä". Tämä aiheuttaa juuri noihin yllä oleviin eroosiokohtiin sulan roiskumista. Tästä seuraa määrällä kourupinnalla eroosioräjähdysisiä)



Kuva 3-2. Tunkeumanestetarkastuksessa havaittuja säröjä

Comment [KS10]: kuvan vauriot voisivat olla seurausta siitä, että jossakin kohdin käyttöä on tapahtunut kourulevyn pinnan raju ylikuumentuminen tai useampi. Tämä voisi olla seurausta jopa siitä, että vesipuolella on ollut eristävä höyryfilmi. Tällöin, kun materiaali ja varsinkin sen yläpinta ylikuumentuu se haluaa kasvaa "pituutta" ja jopa tyssääntyy eli painuu kasaan (puristuspuolen myötöraja on ylitetty). Tästä on seurauksena, että normilämpötilassa materiaalissa on vetojännitystilaa, joka repii pintaa "auki". Tämä näkyy säröilyinä kunhan kuormituskertoja on riittävä määrä.)

4 MATERIAALIT, KUNNOSSAPITO JA TARKASTUKSET

4.1 Materiaalit

Rännien materiaalivaihtoehtoja on käytössä useita:

- runko ja kouru hiiliterästä (P265GH / S235JR)
- runko ja kouru hiiliterästä, kouru pinnoitettu (clad plate) ruostumattomalla teräksellä (304L)
- runko ja kouru hiiliterästä, kourun alapää (liuottajan puoleinen pää) ja/tai yläpää päällehitsattu ruostumattomalla teräksellä (304L)

Onko Suomessa käytössä Ameriikan materiaaleja?

- terminen ruiskupinnoite (thermal spray)
- Diffuusiokromausta (chromized)
- Pinnoitettu Alloy 825
- Koko ränni 304L

4.2 Tarkastukset

Tarkista sularännit jokaisen määräaikaistarkastuksen yhteydessä ja muissakin seisokeissa vähintään visuaalisesti. Jos ränni ei läpäise tarkastusta, vaihda se. Jos sulakourujen suunniteltu vaihtoväli on yli 1 vuoden, on sulakourun valmistajalta saatava jokaisesta sulakourusta yksilöllinen tarkastus-/testaustodistus. Sulakourut on ennen käyttöönottoa koeponnistettava ja suoritettava kattava visuaalinen tarkastus. Suositellaanko muuta, esim. tunkeumanestetarkastus tai RTG?

- PT-tunkeumanestetarkastus vain niille saumoille joihin kohdistuu lämpöjännitystä eli kohtaavat sulan tai tulipesäsäteilyn
- PT: Kourupinta tulisi tarkastaa kauttaaltaan mukaan lukien sitä ympäröivät hitsit. Tarkastuksen vaatimusluokka pitää määritellä tiukaksi.
- Sulakouruille suoritetaan konepajalla valmistuksen jälkeen 100% VT + 100% PT pintahitsseille. RTG suositellaan kattilaan menevälle osuudelle.
- RTG kourun yläpään (tulipesän puoleinen pää) jossa todetaan että rakenneratkaisut ja hitsimitoitukset ovat sovitun mukaiset. Kaikkia kouruja ei tarvitse kuvata.
- RTG olisi mahdollinen lisätyö, ei suositus
- Kouruja ei suositella maalattavaksi, suojaus esim. Tectylillä tai vastaavalla.

Ilman erillistä kattilavalmistajan antamaa selvitystä sulakourujen pisin käyttöikä saa olla noin kaksi vuotta, jonka jälkeen ne on korvattava uusilla.

Käytöstä poistetut sulakourut on romutettava. Sulakouruja ei saa korjata tarkoituksena, että ne voitaisiin ottaa uudelleen käyttöön.

Yksi käytöstä poistettu ränni suositellaan tarkastettavaksi tunkeumanesteellä. Lisäksi suositellaan yhden rännin leikkaamista vuosittain palasiksi ainakin yksi irrotettu sularänni. Tarkista leikatusta rännistä jäähdytysvesivaipan sisällä olevat alueet korroosion/kerrostumien havaitsemiseksi. Varmistaaksesi jäähdytysveden ja korroosion/sakan valvontaohjelman asianmukaisuuden. Lisäksi jäähdytysvesiputkisto ja säiliöt tulisi tarkastaa määräajoin sisäisten kerrostumien tai kattilakiven varalta, jotka voisivat rajoittaa jäähdytysvesivirtausta. Ne putkiston osat, joissa on kattilakiveä tai kerrostumia, on vaihdettava.

Comment [KS11]: Totesin jossakin; Jos kourun vesipuolesta huolehdittaisiin samalla tavalla kuin tulipesän seinäputkista, niin eikö sen kestävyys olisi sama? Musta seinä, vesilämpötila noin 250 astetta, puhtaat vesipuolen pinnat, hapeton ja muutenkin puhdas vesi jne.

Comment [LM12]: Aina

Comment [LM13]: Tunkeumanestetarkastus ja tarvittaessa RTG

Comment [KS14]: molempia on hyvä suositella, mutta asioita ei pidä paljotella. Riittää, kun RTG:tä tehdään kourun yläpään ja miellän sen niin, että kyseinen tarkastus tehdään ajatuksella, jossa todetaan, että valituista rakenneratkaisuista ja hitsimitoituksista ei ole poikettu. Kaikkia kouruja ei ole tarpeen kuvata. Myöskään en näe tarpeellisuutta värjätä vesivaipan niitä saumoja, joihin ei kohdistu lämpöjännityksiä. Tärkeimmät saumat ovat niitä, jotka kohtaavat sulan tai tulipesäsäteilyn.

Comment [PS15]: RTG ei ole kustannuskysymys, kun kuvaukset niputetaan useamman rännin kuvaussessioksi

Comment [TP16]: Kouruista käytön aikana löydetty viat ja vauriot ovat olleet sen tyyppisiä, että niiden ennakkoinnissa RT ei mielestäni tuo lisäarvoa. Kyseisellä menetelmällä voi toki tarkastaa kourujen putkiliitoksia, mutta meillä ei ainakaan ole ollut ongelmia vuosikymmenten kokemuksella sen suhteen, että liitosten laatu olisi aiheuttanut käytönaikaisia vuotoja tai vaaratilanteita. Itse en lähtisi kyseistä tarkastusta suosittelemaan, pitäisin RT tarkastuksen enemmänkin mahdollisuutena mikäli jokin taho sen haluaa suorittaa (aivan kuten mikä tahansa muukin tarkastustyö, jolla vähennetään epäluuloja tuotteen käyttöturvallisuuden suhteen). Sanottakoon vielä, että itse pidän RT tarkastusta merkittävä kustannuksena, mutta ehdotus sen poisjättämisestä ei kuitenkaan perustu kustannuksiin.

Comment [TP17]: Mielestäni hieman epämääräinen määrittelmä

~~Kun vaihdat rännejä, joissa on kaksi ulostuloliitainta (joko oikealla tai vasemmalla), on varmistettava, että käyttämätön ulostuloliitäntä on tiivistetty kunnolla.~~ Sekä sularännin että sularännin putken seinämän aukon asianmukainen kunnossapito ja niiden välinen kohdistus auttaa varmistamaan ongelmattoman käytön ja pienentää sulan vuotoriskiä. Sularännin ja rännin putken seinämän aukon välistä liitosta ja tiivistystä on huollettava asianmukaisesti liiallisen rännin veden tai sulan vuotoriskin pienentämiseksi. Pyydä asianmukaiset korjaus- ja huoltosuositukset kattilan valmistajalta.

~~Sekä sularännin jäähdytysveden painesäiliöt että kokoojasäiliöt on tarkastettava ja puhdistettava vuosittain.~~

Sularänneille suositellaan vaaitusta.

Comment [MN18]: Tarvitaanko?

5 SULARÄNNIEN JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ

5.1 Jäähdytysvesi

Jäähdytysveden tulee täyttää seuraavat kriteerit:

1. **Laatu:** Koska sularännit joutuvat kovalle rasitukselle (suuri lämpötilaero, suuret lämpötilavaihtelut, vesipuolen korroosio, sulapuolen korroosio ja eroosio), jäähdytysveden on oltava laadukasta. Jäähdytysveden tulee olla lauhdetta tai täyssuolanpoistettua lisävetä. Huonon vedenlaadun seurauksena voi esiintyä sisäpuolista kerrostumista, happikorroosiota tai sakan muodostumista, joka heikentää lämmönsiirtoa. Lämmönsiirron heikentyminen johtaa rännin ylikuumenemiseen ja säröilyyn ja mahdollisesti vuotoon.

Comment [KS19]: voiko lauhde olla liian likaista tai hapekasta, ollakseen riittävän hyvää kourun jäähdytysvettä

2. **Lämpötila:** Sularännin jäähdytysvesi on pidettävä valmistajan suositusten mukaisena (noin 60-66 °C:n sisäänmenotulo lämpötila ja enintään 82 °C:n ulostulolämpötila). Sekä sisään- että ulostulevan veden lämpötilat tulee olla tasaisia, koska lämpötilapiikit aiheuttavat säröilyä kun kuormituskertoja on riittävästi.

Comment [MN20]: Lämpötilat varmistettava
Alipainejärjestelmä jäähdytysvesi:
Meno 50-55 °C (kyselyn perusteella)
Tulo: 57-69 °C (kyselyn perusteella)

Ei alipainejärjestelmä:
Meno: 78 °C (kotka)
Tulo: 83 °C (kotka)

Jos sularännin jäähdytysveden lämpötila on suositusta alhaisempi liian matala, rännin sivuille voi kondensoitua vesipisaroita, josta seuraa sulan roiskumista ja pieniä sulavesirajähdyksiä jotka aiheuttavat eroosiota. Sulan roiskumisesta voi seurata sulan kerrostumista rännin koteloon, kourun huuvaan, kuorutasolle ja kaikille ympäröiville pinnoille. Roiskumisesta voi aiheutua myös henkilövahinkoja. Kosteaa ympäristö voi lisäksi edesauttaa happojen muodostumista.

Comment [KS21]: tuo 82 °C voi olla liian korkea. Onko se paineellisen järjestelmän l-tila?
Jos alipaine on suhteessa lämpötilaan liian suuri, vesi alkaa höyrystymään ja seurauksena on kavitaatio. Valmistajat voisivat ottaa kantaa ko ohtaan, alipaine / lämpötila. Molempien, sekä sisään- että ulostulevien vesilämpöjen pitää olla tasaisia, koska lämpötilapiikit suuntaan tai toiseen kertovat, että kourulevyn lämpötilakin vaihtelee. Tämä taas saattaa aiheuttaa tai aiheuttaa sen säröilyn, kun kuormituskertoja on riittävästi.

Suosituksista korkeampi jäähdytysveden lämpötila voi taas aiheuttaa jäähdytysveden höyrystymistä voimakkaan sulavirtauksen aikana. Höyrystymisen seurauksena rännin jäähdytysvesivirtaus voi hetkellisesti pysähtyä, mikä taas ylikuumentaa ja vaurioittaa ränniä.

Comment [KS22]: liian matala on ehkä turhan raju sanavalintaa, koska sekin riittää, kun kourun vesivaipan l-tila on luokkaa 65 C astetta ja liuottajan hönkä 90 – 100 C astetta

Comment [MN23]: Onko näin korkea?

Jokaiseen rännin jäähdytysveden ulostulo linjaan tulee asentaa lämpötilamittaus sekä hälytys valmistajan määrittämälle lämpötila-alueelle (noin 85-93 °C). Alipaineperiaatteella toimivissa järjestelmissä on huomattava, että hälytyspiste on asetettava suhteessa veden todelliseen kiehumispisteeseen mitattuna vedenulostulopaineesta.

3. **Virtaus:** Rännin jäähdytysvesijärjestelmä on suunniteltava valmistajan määrittämän jäähdytysveden minimivirtauksen jäähdytysvesivirtauksen aikaansaamiseksi. Alhaisesta virtauksesta seuraa ajan myötä lämpötilavaihteluita, jotka johtavat vaurioon, voi seurata rännin ylikuumeneminen ja vaurioituminen. Virtausmittaus tulee asentaa jokaisen sularännin ulostulolinjaan. Sen tulee hälyttää valmistajan määrittämästä minimivirtauksesta.
4. **Paine:** Jäähdytysvedenpaineen tulee olla mahdollisimman pieni virtaukseen nähden. Paine minimoidaan pitämällä virtausnopeus suositusten mukaisena ja minimoimalla painehäviö ulostulolinjan puolella. Pieni vedenpaine kourun yläpäässä ja kiertojärjestelmän yläosassa vähentää vesimäärää, joka voisi päästä tulipesään mahdollisen rännin yläpään vuodon yhteydessä.

Comment [KS24]: asia on vähän monimutkaisesti sanottu?
Kertokoot valmistajat, miten paineasia on selitetty käyttöohjeissa.

Comment [TP25]: Suositeltava toimintaperiaate sulakourujen jäähdytysjärjestelmälle on alipaineperiaatteella toimiva, koska siinä riskitaso on minimoitu sen suhteen, että tulipesään pääsisi vettä sulakouruvaurion seurauksena. Vaihtoehtoisena toimintaperiaatteena on lappo, jossa on kiinnitettävä huomiota siihen, että jäähdytysvedenpaine sulakourulla olisi mahdollisimman pieni.

5.2 Jäähdytysjärjestelmän suunnittelukriteerit

Jäähdytysjärjestelmää suunniteltaessa tulee noudattaa seuraavia suunnittelukriteerejä:

1. Sulakourujen jäähdytysjärjestelmä on rakennettava lappo- tai alipaineperiaatteella toimivaksi

2. Jäähdytysvesijärjestelmä on varustettava kahdella pumpulla, joista toinen on normaalisti toiminnassa ja toinen varalla. Varapumpun on käynnistytävä automaattisesti.
3. Jäähdytysvesijärjestelmän toiminta on varmistettava automaattisella varavesijärjestelmällä mikäli jäähdytysvesisäiliön pinta tai järjestelmän paine laskee alle minimin. ~~ja käyttöönnotosta on annettava varoitus. totaalisen sähkökatkoksen varalta.~~ Veden riittävyys varavesijärjestelmästä on varmistettava myös sähkö- ja ilmakatkon varalta. ~~Tämä varajäähdytysveden käyttöönotto tulee tapahtua automaattisesti.~~
4. Jäähdytysvesijärjestelmä on varustettava virtaus-, lämpötila-, pH- ja johtokyky mittauksella. Jokaiseen rännin ulostulolinjaan on asennettava lämpötila sekä virtausmittaus ja sisääntulolinjaan lämpötilamittaus. Paikallinen virtausmittari voidaan asentaa ylävirran puolelle jokaisesta rännistä, kunhan alavirran puolella on pienestä virtauksesta varoitettava hälytys.
5. Järjestelmän korkeasta lämpötilasta, pienestä matalasta virtauksesta, pienestä paineesta, jäähdytysvesisäiliön matalasta pinnasta ja jäähdytysvesipumpun pysähtymisestä hajoamisesta on annettava hälytys.
6. ~~Kattilan käynnistyslukituksessa tulee olla ehto jäähdytysvesivirtaukselle.~~
7. Jäähdytysvesisäiliön tasoa tulee säädellä täyssuolanpoistettua vettä tai lauhdetta lisäämällä, ja alhaisesta tasosta on annettava hälytys.
8. ~~Useimmissa järjestelmissä~~ Rännin valmistajan suosittelemien jäähdytysveden tulolämpötilojen ylläpitämiseksi tarvitaan jäähdytysveden lämmönvaihdin.
9. Jokaiselle rännille on oltava jäähdytysvesivirtauksen pysäyttävä sulkuventtiili. Sulkuventtiilit on merkittävä SELVÄSTI JOKAISEN rännin yhteydessä, jotta hätätilanteissa jäähdytysvettä ei vahingossa katkaistaisi väärästä rännistä.
10. Uusiin ränneihin tulee merkitä selvästi rännin sisäänmeno- ja ulostuloliitännät.
11. Sulakourut täytyy varustaa tehokkailla sulanhajottajilla, ja kourujen toimintaa on seurattava kameroiden välityksellä valvomosta.
12. Jotta sularännin jäähdytysvesijärjestelmä saadaan varmasti pidettyä toiminnassa, mahdolliset muutokset tulee teettää jäähdytysvesijärjestelmän suunnittelijalla tai hänen neuvojensa mukaisesti.
- 12-13. Putkistot valmistettava ruostumattomasta teräksestä.

Comment [KS26]: asentaisin myös kouruun menevän veden lämpötilamittauksen, koska olen törmännyt tapaukseen, jossa kylmempi lisävesi, jota syötettiin ulostulevan lämpötilan hälytyksestä tai rajasta, aiheutti kourulevyn lämpötilavaihtelun ja väsymisen. Oli näet niin, että hälytysraja oli kyseisessä tapauksessa turhan alhainen

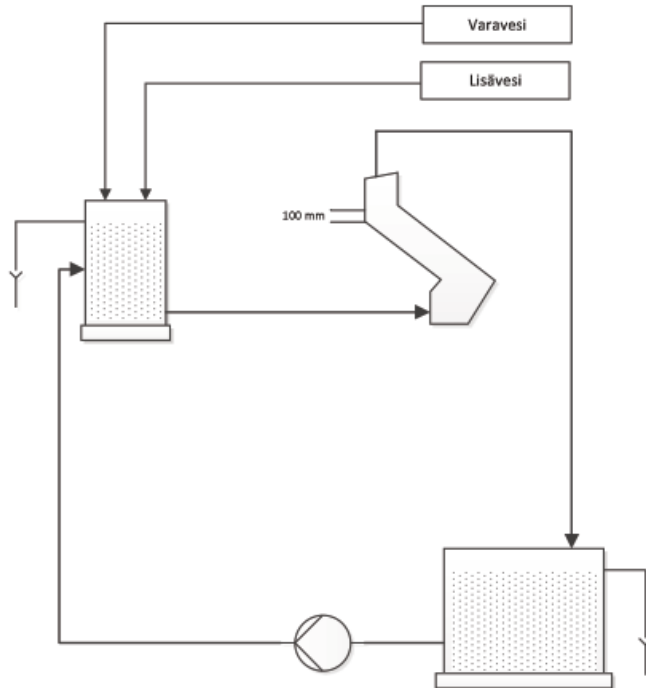
Comment [KS27]: eiköhän kaikissa tarvita, jos kyseessä ei ole läpivirtausjärjestelmää?

5.2.1 Lappojärjestelmä

Lapposysteemissä jäähdytysveden jättöpuolen vesipatsaskorkeus on suurempi kuin tulopuolen, kuva 5-1. Tampellan kehittämässä lapossa ylemmän säiliön vesipinta on 100 mm alempana kuin kourun yläpään alareuna/nurkka, jossa on vettä. Jos vesikiertoon syntyy reikä, josta vesikiertoon pääsee ilmaa, lappovirtaus katkeaa ja yhtyvissä astioissa pinnat tasaantuvat. Näin pyrittiin varmistamaan se, että pesään/kekoon ei mene vettä.

Maailmalla on sattunut vaaratilanteita kourun yläpään tulleen vuodon seurauksena. Järjestelmä toimii kuten suunniteltu eli vesipinta laskee mutta samalla vesitilaan pääsee sulaa, joka voi aiheuttaa räjähdyskourulevyn ja ulomman vesivaipan sisällä. Räjähdyskourun voimasta kouru voi irrota aiheuttaen vaaraa kourutasolla oleville henkilöille.

[Mikäli rännin yläpäässä havaitaan vuoto, kattila tulee ajaa alas ja estää kourutasolle meneminen ilman asianmukaisia suojavarusteita.](#)



Kuva 5-1. Yksinkertaistettu esimerkki lappojärjestelmästä

5.2.2 Alipainejärjestelmä

Alipainejärjestelmässä muodostetaan pieni tyhjä rännin jäähdytysvesivaipan sisään [esimerkiksi venttiileillä \(kuva 5-2\) tai ejektorilla \(kuva 5-3\)](#). Tällöin [vuodon sattuessa ilman/sulan pääsy ränniin katkaisee vesikierron estäen veden pääsyn tulipesään](#). [Pieni vesivuoto valuu vaipan sisään.](#)

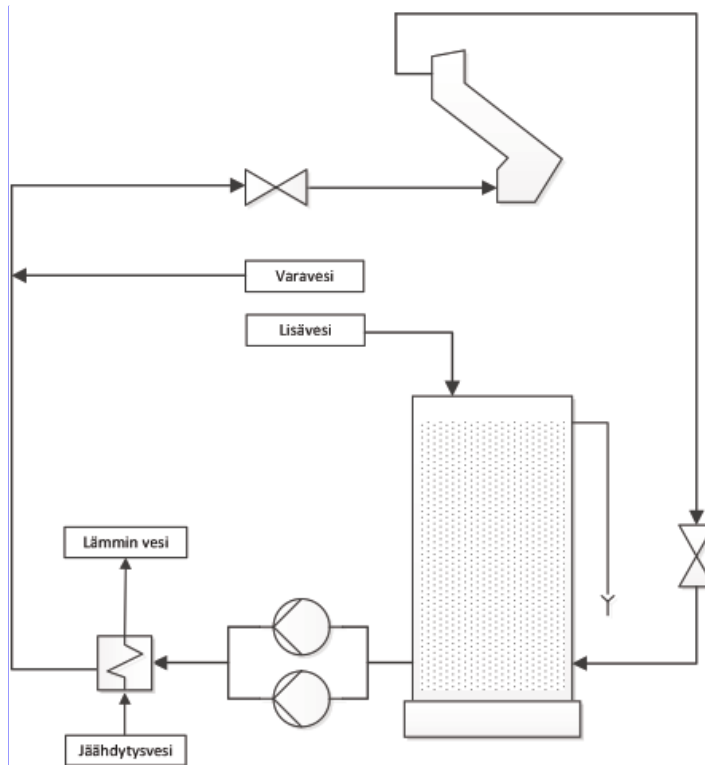
[Putkisto ja muut laitteet on suositellaan liitettäväksi hitsaamalla.](#) Kierteellisten putkien, kiinnikkeiden ja venttiilien käyttö tulee minimoida tyhjiötä mahdollisesti pienentävien vuotojen vähentämiseksi, jotka voisivat vaikuttaa myös jäähdytysvesivirtaukseen.

Johtokykymittauksesta rännin ulostulokohdassa voi olla hyötyä pyrittäessä tunnistamaan rännin vuoto varhaisessa vaiheessa, koska pieniä määriä sulaa voi päästä vuotamaan rännin sisään ja likaamaan jäähdytysvettä hieman, ennen kuin vuoto kehittyi niin suureksi, että se ”rikkoo” tyhjiön tai lapon ja keskeyttää jäähdytysveden virtauksen kyseiseen ränniin.

~~Järjestelmään liitetyt siirto- tai kierrätyspumput on kahdennettava ja varapumpun käynnistytävä automaattisesti ensisijaisen pumpun lakatessa toimimasta.~~ Järjestelmän painehäviö tulisi minimoida. Painehäviön kasvaessa veden kiehumislämpötila laskee huomattavasti. Höyrystymisen heikentää jäähdytysvesivirtausta ja pahimmassa tapauksessa pysäyttää sen, mikä taas ylikuumentaa ja vaurioittaa ränniä.

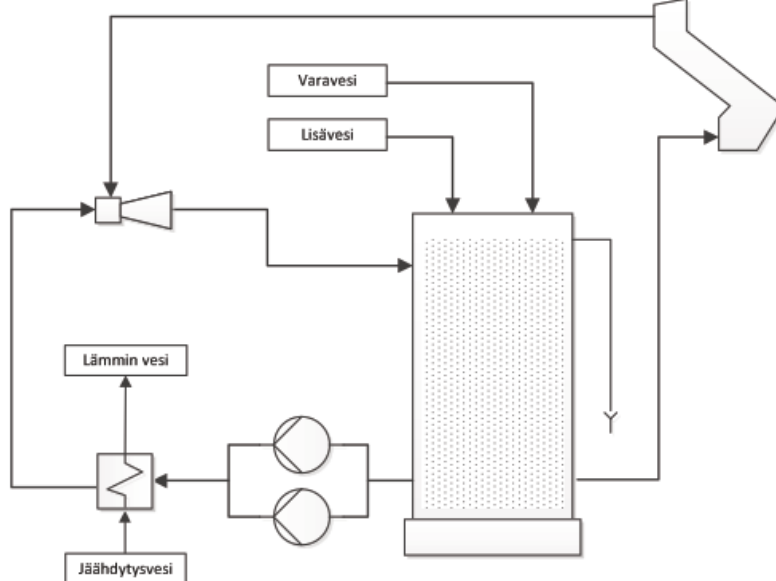
[Venttiileihin perustuvassa systeemissä vesi pumpataan jäähdytysvesisäiliöstä lämmönvaihtimen läpi ränneille. Ennen rännejä olevilla venttiileillä säädetään rännien alipaine ja jättöpuolen venttiilillä virtaus rännin läpi.](#)

Comment [MN28]: tarkoittaako pieni vuoto, pientä sulavuotoa?



Kuva 5-2. Yksinkertaistettu kuva venttiileihin perustuvasta alipainejärjestelmästä

Ejektoriin perustuvassa systeemissä vesi imetään jäähdytysvesisäiliöstä sularännien läpi ejektoriin. Jäähdytysvesipumppu pumppaa vettä lämmönvaihtimen läpi ejektorille, jonka tuottamasta paineesta ejektori saa käyttövoimansa. Virtaukset sekoittuvat ejektorissa ja virtaavat takaisin jäähdytysvesisäiliöön.



Comment [MN29]: Laitetaanko tärkeimmät mittaukset?

- TI
- PI
- FI
- QI (pH)

Comment [MN30]: Laitetaanko tärkeimmät mittaukset?

- TI
- PI
- FI
- QI (pH)

Kuva 5-3. Yksinkertaistettu kuva ejektoriin perustuvasta alipainejärjestelmästä

5.2.3 Jäähdytysvesijärjestelmän mittaukset ja hälytykset

Jäähdytysvesijärjestelmä on varustettava virtaus-, lämpötila ja johtokykymittauksella. Seuraavista kohteista suositellaan tehtäväksi hälytys:

	Äänimerkki	Ilmoitus
Varavedenoton käynnistyminen	X	X
Rännin jäähdytysvesipumpun <u>hajoaminen, pysähtyminen</u>	X	X
Rännin jäähdytysveden korkea ulostulolämpötila	X	X
Rännin jäähdytysveden pieni ulostulovirtaus	X	X
Jäähdytysveden korkea johtokyky	X	X
<u>Jäähdytysveden pH matala tai korkea</u>		<u>X</u>

6 ESIMERKKEJÄ VAURIOISTA



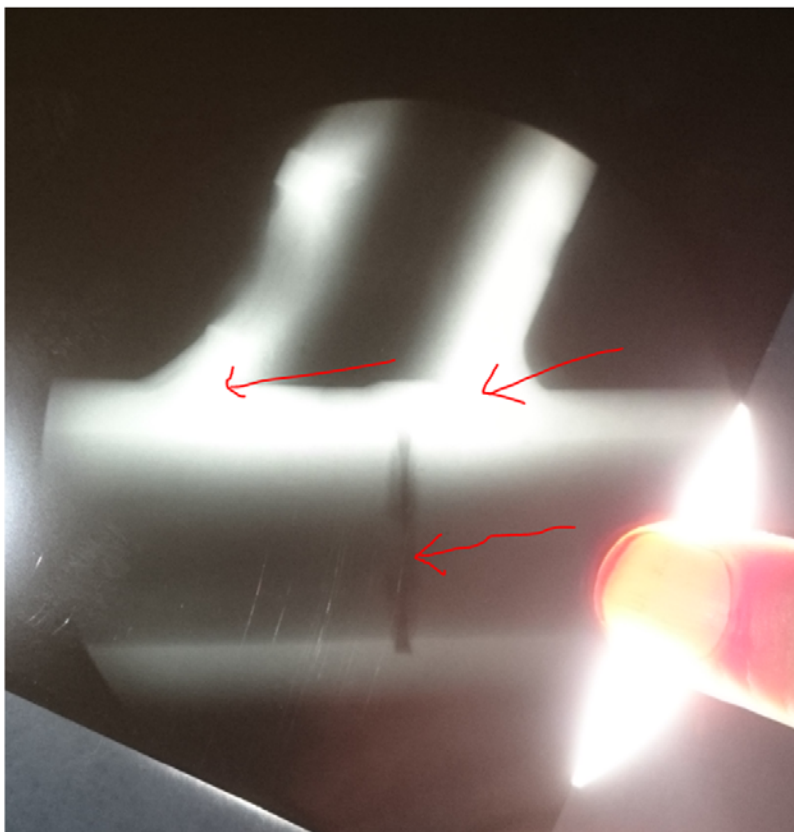
Kuva 5-4. Esimerkki jättöreunan syöpymisestä



Kuva 5-5. Vuoden kattilassa ollut pinnoittamaton ränni



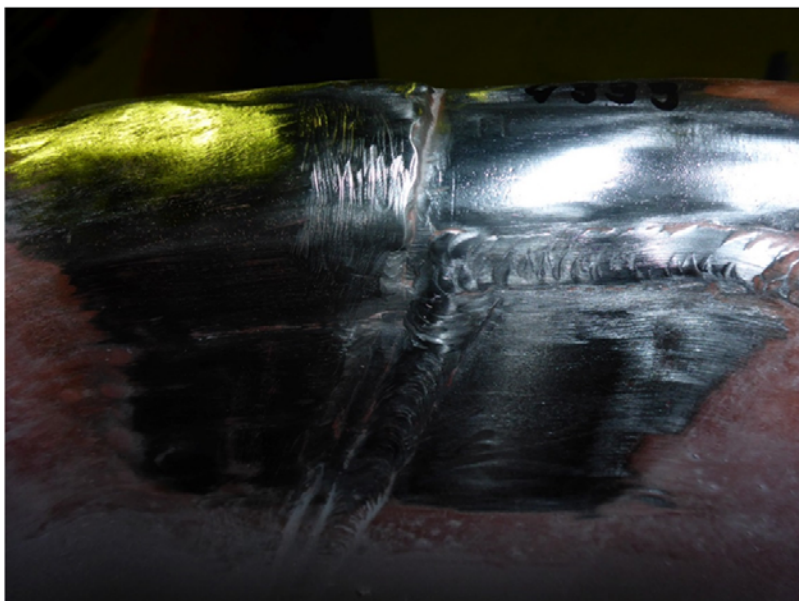
Kuva 5-6. 1 ½ vuotta kattilassa ollut pinnoitettu ränni



Kuva 5-7. Esimerkki röntgenkuvasta, jossa näkyy sisäpuolen vajaa juuri.



Kuva 5-8. Esimerkki pintatarkastuksessa havaituista vioista.



Kuva 5-9. Esimerkki valmistuksenaikaisista hitsausvirheistä, mm. jyrkät liittymät näkyvät selvästi

LIITE 2

VTT: Hitsauspinnoitettujen putkien karakterisointi – tarjous 23.9.2016

Suomen Soodakattilayhdistys ry
c/o Pöyry Finland Oy
Markus Nieminen
PL 4
01621 Vantaa

HITSAUSPINNOITETTujen PUTKIEN KARAKTERISOINTI

Tutkimuksen sisältö

A. Karakterisointitarkastelut

Tavoitteena on selvittää suorien hitsauspinnoitettujen putkien perusominaisuudet (mikrorakenne, kovuus ja koostumus) sekä mahdollisuuksien mukaan eri valmistusmenetelmien erot. Taulukossa 1 on esitetty karakterisoitavat koemateriaalit. Taivutettujen putkien toimitus kokeisiin joko materiaalityöntekijöiden tai kattilavalmistajien kautta.

Työ koostuu seuraavista vaiheista:

1. Näyteputkien valokuvaus pintaominaisuuksien tallentamiseksi.
2. Rengasnäytteiden irrotus putkista ja poikkileikkaushieiden valmistus sekä rakenteiden valokuvaus.
3. Optinen mikroskopia ja SEM/EDX-tarkastelut (rajapinnan rakenne, koostumusprofiili poikkileikkaushieen yli), sekä kovuusprofiilin (HV5) määrittäminen hitsauspinnoite-perusainerajapinnan yli.
4. Tulosten raportointi

Taulukko 1. Koemateriaalit, hitsauspinnoitteet ja referenssimateriaalit

	materiaali	
	tyyppi	pohjamat.*
Hitsauspinnoite	625	SA-210-A1 / PG265GH
	825	
	309	
Referenssi	San 38	
	304L	

*pohjamateriaali pinnoitteen toimittajasta riippuen

Hinta ja laskutus

Osion A hinta

- o hitsauspinnoitetuille putkille sekä referenssimateriaaleille; 5-8 näytettä 6 400 €, lisänäytteet 600 €/kpl

Hintaan lisätään kulloinkin voimassa oleva arvonlisävero sekä mahdolliset ulkomaiset verot ja viranomaismaksut.

Työ laskutetaan, kun kirjallinen raportti on toimitettu asiakkaalle.

22.9.2016

2 (3)

Lisäksi veloitetaan matka- ja majoituskustannukset sekä päivärahat valtion matkustussäännön mukaisesti.

Maksuehdot Maksuehto on 21 päivää laskun päiväyksestä. Viivästyskorko on korkolain mukainen.

Aikataulu Työ toteutetaan 4 viikon kuluessa tilauksesta, jos tarvittavien putkien saatavuudessa ei tapahdu viivästyksiä.

Raportointi Tulokset raportoidaan VTT:n asiakasraporttina.

Muut ehdot VTT:llä on oikeus mainita toimeksiannon ja toimeksiantajan nimet referenssinään.

Tätä tarjousta tai sen sisältämiä tietoja saa hyödyntää vain VTT:n ja tarjouksen saajan välisessä suhteessa. Tämän tarjouksen osittainenkin kopioiminen, muuttaminen, edelleenluovuttaminen tai käyttäminen muuhun tarkoitukseen ilman VTT:n lupaa on kielletty.

Toimeksiannon ulkopuoliset työt veloitetaan erikseen VTT:n laskutushintojen mukaan.

Muutoin noudatetaan VTT:n yleisiä sopimusehtoja (liite 1).

Yhteyshenkilö VTT:ssä asiaa hoitaa:
Satu Tuurna
Puh. 020 722 6488
Sähköposti: satu.tuurna@vtt.fi

Voimassaolo Tarjouksemme on voimassa edellä mainituin ehdoin 30 päivää tarjouksen päiväyksestä. VTT laatii tilausvahvistuksen, jos tilaus poikkeaa tarjouksesta tai tilaus on suullinen. Näissä tapauksissa tilaus astuu voimaan, kun VTT on sen vahvistanut.

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy



Satu Tuurna
Tiimipäällikö

LIITTEET 1 VTT yleiset sopimusehdot



TARJOUS
LUOTTAMUKSELLINEN

Nro VTT-V-111580-16-A

- osion A päivitys

22.9.2016

3 (3)

Hyväksyminen

Hyväksymme yllä olevan tarjouksen ja teemme tarjouksen mukaisen tilauksen:

LIITE 3

**Varo Oy: Soodakattilan tiiveydenvalvontajärjestelmät –
tilannekatsaus 24.10.2016**



Soodakattiloiden käynninaikaiset tiivetydenvalvontamenetelmät

Timo Karjunen

Varo Oy

VARO

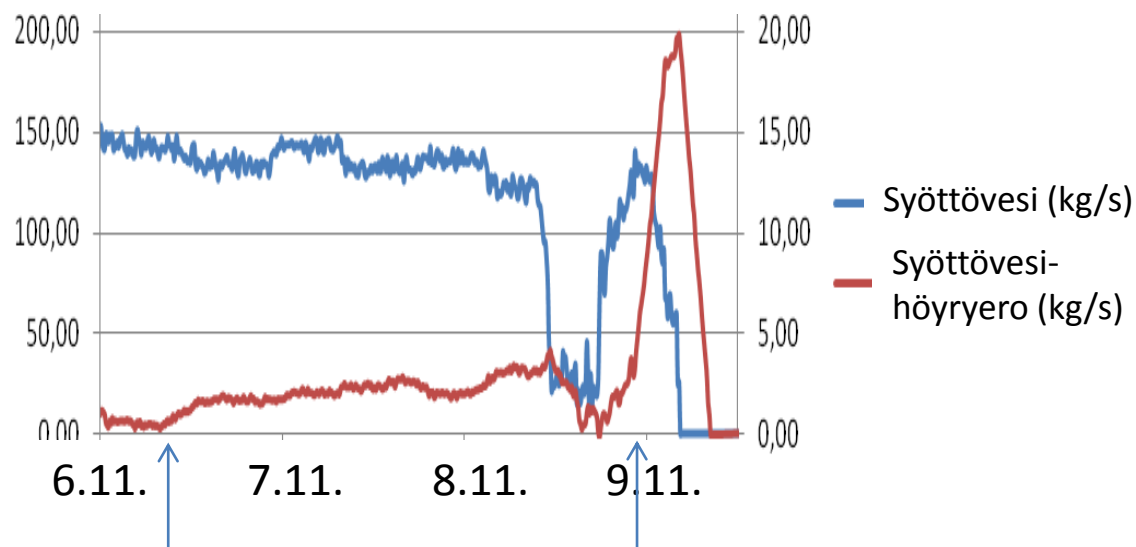


Vuoto seinäputkessa





Vuoto seinäputkessa



Vuoto alkoi noin kolme vrk ennen putken repeämistä niin, että vuodon koko kasvoi vähitellen ja oli noin 4 kg/s putken revetessä



Tiiveydenvalvontamenetelmät

- Massataseesta laskettava ”syöttövesi-höyryero”

$$V_{\text{syve}} + V_{\text{ruiskutus}} = V_{\text{päähöyry}} - V_{\text{UP}} - V_{\text{nuohous}} - V_{\text{vuoto}}$$

- Kemikaalitaseesta laskettava ”kattilavesivuoto”

$$C_{\text{in}} * t = c_{\text{kave}} * (V_{\text{UP}} - V_{\text{vuoto}}) * t + V * dc_{\text{kave}}$$

C_{in} = kemikaalin virtaus sisään kattilaan (mg/s)

c_{kave} = kemikaalin pitoisuus kattilavedessä (mg/l)

t = aika-askel (h)

V = kattilan vesitilavuus (l)

dC_{kave} = muutos kattilavesipitoisuudessa aika-askeleen aikana (mg/l)

- Akustinen emissio



Syöttövesi-höyryeron toiminta ja käyttö

1	Miten luotettavasti vuoto kattilassa on havaittavissa syöttövesi-höyryeron kasvun perusteella? (1 – 5, 1 = hyvin epäluotettavasti, 2 melko epäluotettavasti 3 ei tietoa, 4 melko luotettavasti, 5 hyvin luotettavasti)	
2	Minkä kokoisen vuodon (kg/s) arvioisit tulevan tunnistetuksi syöttövesi-höyryeron kasvun perusteella?	
3	Onko syöttövesi-höyryerosta hälytys? Jos on, kuinka suuri on hälytysraja?	
4	Kuinka usein ko. hälytys aktivoituu aiheetta käyttöjakson aikana? (1 = kerran tai useammin vuorokaudessa, 2 = noin kerran viikossa, 3 = noin kerran kuukaudessa, 4 = muutamia kertoja vuodessa, 5 = ei koskaan)	
5	Minkä kokoinen vuoto (kg/s) aktivoi hälytyksen?	
6	Onko operaattoreilla käytössä käyttöohjeet, joissa on kerrottu miten tulee toimia, jos syöttövesi-höyryerosta tulee hälytys? (Kyllä / Ei)	
7	Toimivatko operaattorit ohjeet mukaan (1 = harvoin tai ei koskaan, 2 = yleensä, 3 = useimmiten, 4 = aina tai lähes aina)	
8	Kuinka usein hälytyksen toimintaa testataan normaalin ajon aikana? (0 = ei koskaan, 1 = kerran pari vuodessa, 2 = 3 – 8 kertaa vuodessa, 3 = kuukausittain)	
9	Kuinka usein vuototilanteiden hallintaa harjoitellaan normaalin ajon aikana? (0 = ei koskaan, 1 = kerran pari vuodessa, 2 = 3 – 8 kertaa vuodessa, 3 = kuukausittain)	
10	Onko kattilassa ollut vuotoja, jotka on havaittu syöttövesi-höyryeron valvonnan avulla? Milloin ja missä?	
11	Onko kattilassa ollut vuotoja, joita syöttövesi-höyryeron valvonnan perusteella ei ole havaittu? Milloin ja missä?	



Kattilavesivuodon ja kattilaveden laadun valvonta

1	Miten luotettavasti on vuoto keittopinnassa tai tulipesässä havaittavissa kattilaveden laimenemisen perusteella? (1 – 5, 1 = hyvin epäluotettavasti, 2 = melko epäluotettavasti 3 = ei tietoa, 4 = melko luotettavasti, 5 = hyvin luotettavasti)	
2	Minkäkokoisen vuodon (kg/s) arvioisit tulevan tunnistetuksi kattilaveden laimenemisen tai kemikaalitaseen perusteella lasketun kattilavesivuodon (jos sellainen on käytössä) kasvun perusteella?	
3	Onko käytössä kattilavesivuodon laskenta, jos on, kuinka suuri on hälytysraja?	
4	Kuinka usein ko. hälytys aktivoituu aiheetta käyttöjakson aikana? (1 = kerran tai useammin vuorokaudessa, 2 = noin kerran viikossa, 3 = noin kerran kuukaudessa, 4 = muutamia kertoja vuodessa, 5 = ei koskaan)	
5	Onko operaattoreilla käytössä käyttöohjeet, joissa on kerrottu miten tulee toimia, jos kattilavesivuodosta tulee hälytys? (Kyllä / Ei)	
6	Onko fosfaatin annostelu ja ulospuhalluksen ohjaus järjestetty niin, että kattilavuodon aiheuttamasta kattilaveden johtokyvyn laskusta saadaan hälytys?	
7	Onko operaattoreilla käytössä käyttöohjeet, joissa on kerrottu miten tulee toimia, jos kattilaveden johtokyky laskee epätavallisen paljon? (Kyllä / Ei)	
8	Testataanko kattilavesivuodon valvontaa määräjain? Jos testataan, kuinka usein (0 = ei koskaan, 1 = kerran pari vuodessa, 2 = 3 – 8 kertaa vuodessa, 3 = kuukausittain)	
9	Testataanko kattilan höyrystinosan tiiveyttä käytön aikana määräjain tai tarvittaessa? Jos testaus tehdään määräjain, kuinka useasti (0 = ei koskaan, 1 = kerran pari vuodessa, 2 = 3 – 8 kertaa vuodessa, 3 = kuukausittain)	
10	Onko kattilassa ollut vuotoja, jotka on havaittu kattilavesivuodon tai kattilaveden laadun valvonnan avulla? Milloin ja missä?	
11	Onko kattilassa ollut vuotoja, joita kattilavesivuodon tai kattilaveden laadun valvonnan perusteella ei ole havaittu? Milloin ja missä?	



Akustisen emission valvonta

1	Onko käytettävissä akustisen emission antureita, joilla voidaan havaita vuoto kattilassa?	
2	Jos on, niin kuinka monta, missä ja millaisia (rakennetta vai vapaata tilaa kuuntelevia)?	
3	Miten suuri osa tulipesästä, keittopinnasta ja verhoista on akustisen emission valvonnan piirissä?	
4	Minkä kokoisen vuodon arvioisit tulevan havaituksi akustisen emission seurannan perusteella?	
5	Onko kattilassa ollut vuotoja, jotka on havaittu akustisen emission valvonnan avulla? Milloin ja missä?	
6	Onko kattilassa ollut vuotoja, joita akustinen emissio ei ole havainnut? Milloin ja missä?	



Tapahtuneet vuodot

1	Onko kattila ajettu viimeisen viiden vuoden aikana alas ilman pikapysäytystä vuodon tai vuotoepäilyn takia?	
2	Jos on, niin missä kohtaa kattilaa vuoto oli (1 = ekoissa, 2 = tulistimissa, 3 = keittopinnassa, tulipesässä tai verhoissa ja vesi valui tulipesään tai savukaasukanavaan, 4 = keittopinnassa, tulipesässä tai verhoissa, mutta vesi valui kattilahuoneeseen, 5 = ei missään, vuotoepäily oli aiheeton)	
3	Kuinka pitkään vuotoa seurattiin ennen alasajoa?	
4	Kuinka suuri vuoto oli alasajon aikaan (kg/s)?	
5	Miten vuodon paikka varmennettiin (1 = tekemällä kattilahuonekierros, 2 = seuraamalla kattilaveden laimenemista valvomossa, 3 = akustisen emission antureiden näyttämien perusteella, 4 = jollakin muulla keinoin – miten?)	
6	Onko kattilalle tehty pikapysäytys? Jos on, niin mistä syystä pikapysäytys tehtiin? Oliko pikapysäytys perusteltu?	
7	Onko kattilalla ollut vuotoja, joissa pikapysäytys olisi pitänyt tehdä? Jos on, niin miksi pikapysäytys jäi tekemättä?	
8	Onko kattilalle tehty pikatyhjennys? Jos on, niin mistä syystä pikatyhjennys tehtiin? Oliko pikatyhjennys perusteltu?	
9	Onko kattilassa ollut vuotoja, joissa pikatyhjennys olisi pitänyt tehdä? Jos on, niin miksi pikatyhjennys jäi tekemättä?	
10	Onko kattilassa ollut vuotoja, joissa kattilan turvallisuusjärjestelmä on pysäyttänyt kattilan käytön? Jos on, niin mikä lukitus pysäytti kattilan käytön?	
11	Onko kattilassa ollut vuotoja, joissa turvallisuusjärjestelmät eivät pysäyttäneet kattilan käyttöä, vaikka kattilassa oli vuoto, josta vettä saattoi päästä tulipesään?	

LIITE 4

**Varo Oy: Soodakattilan tiiveydenvalvontajärjestelmät –
kysely tehtaille 24.10.2016**

SOODAKATTILOIDEN KÄYNNINAIKAISET TIIVEYDENVALVONTAMENETELMÄT

Kysely liittyen Soodakattilayhdistykselle tehtävään selvitykseen 2016

Tehdas _____

Kattila _____

Kattilan kapasiteetti _____

Vastaaja _____

Syöttövesi-höyryeron toiminta ja käyttö		
1	Miten luotettavasti vuoto kattilassa on havaittavissa syöttövesi-höyryeron kasvun perusteella? (1 – 5, 1 = hyvin epäluotettavasti, 2 melko epäluotettavasti 3 ei tietoa, 4 melko luotettavasti, 5 hyvin luotettavasti)	
2	Minkä kokoisen vuodon (kg/s) arvioisit tulevan tunnistetuksi syöttövesi-höyryeron kasvun perusteella?	
3	Onko syöttövesi-höyryerosta hälytys? Jos on, kuinka suuri on hälytysraja?	
4	Kuinka usein ko. hälytys aktivoituu aiheetta käyttöjakson aikana? (1 = kerran tai useammin vuorokaudessa, 2 = noin kerran viikossa, 3 = noin kerran kuukaudessa, 4 = muutamia kertoja vuodessa, 5 = ei koskaan)	
5	Minkä kokoinen vuoto (kg/s) aktivoi hälytyksen?	
6	Onko operaattoreilla käytössä käyttöohjeet, joissa on kerrottu miten tulee toimia, jos syöttövesi-höyryerosta tulee hälytys? (Kyllä / Ei)	
7	Toimivatko operaattorit ohjeet mukaan (1 = harvoin tai ei koskaan, 2 = yleensä, 3 = useimmiten, 4 = aina tai lähes aina)	
8	Kuinka usein hälytyksen toimintaa testataan normaalin ajon aikana? (0 = ei koskaan, 1 = kerran pari vuodessa, 2 = 3 – 8 kertaa vuodessa, 3 = kuukausittain)	
9	Kuinka usein vuototilanteiden hallintaa harjoitellaan normaalin ajon aikana? (0 = ei koskaan, 1 = kerran pari vuodessa, 2 = 3 – 8 kertaa vuodessa, 3 = kuukausittain)	
10	Onko kattilassa ollut vuotoja, jotka on havaittu syöttövesi-höyryeron valvonnan avulla? Milloin ja missä?	
11	Onko kattilassa ollut vuotoja, joita syöttövesi-höyryeron valvonnan perusteella ei ole havaittu? Milloin ja missä?	

Kattilavesivuodon ja kattilaveden laadun valvonta		
1	Miten luotettavasti on vuoto keittopinnassa tai tulipesässä havaittavissa kattilaveden laimenemisen perusteella? (1 – 5, 1 = hyvin epäluotettavasti, 2 = melko epäluotettavasti 3 = ei tietoa, 4 = melko luotettavasti, 5 = hyvin luotettavasti)	
2	Minkä kokoisen vuodon (kg/s) arvioisit tulevan tunnistetuksi kattilaveden laimenemisen tai kemikaalitaseen perusteella lasketun kattilavesivuodon (jos sellainen on käytössä) kasvun perusteella?	

3	Onko käytössä kattilavesivuodon laskenta, jos on, kuinka suuri on hälytysraja?	
4	Kuinka usein ko. hälytys aktivoituu aiheetta käyttöjakson aikana? (1 = kerran tai useammin vuorokaudessa, 2 = noin kerran viikossa, 3 = noin kerran kuukaudessa, 4 = muutamia kertoja vuodessa, 5 = ei koskaan)	
5	Onko operaattoreilla käytössä käyttöohjeet, joissa on kerrottu miten tulee toimia, jos kattilavesivuodosta tulee hälytys? (Kyllä / Ei)	
6	Onko fosfaatin annostelu ja ulospuhalluksen ohjaus järjestetty niin, että kattilavuodon aiheuttamasta kattilaveden johtokyvyn laskusta saadaan hälytys?	
7	Onko operaattoreilla käytössä käyttöohjeet, joissa on kerrottu miten tulee toimia, jos kattilaveden johtokyky laskee epätavallisen paljon? (Kyllä / Ei)	
8	Testataanko kattilavesivuodon valvontaa määräjain? Jos testataan, kuinka usein (0 = ei koskaan, 1 = kerran pari vuodessa, 2 = 3 – 8 kertaa vuodessa, 3 = kuukausittain)	
9	Testataanko kattilan höyrystinosan tiiveyttä käytön aikana määräjain tai tarvittaessa? Jos testaus tehdään määräjain, kuinka useasti (0 = ei koskaan, 1 = kerran pari vuodessa, 2 = 3 – 8 kertaa vuodessa, 3 = kuukausittain)	
10	Onko kattilassa ollut vuotoja, jotka on havaittu kattilavesivuodon tai kattilaveden laadun valvonnan avulla? Milloin ja missä?	
11	Onko kattilassa ollut vuotoja, joita kattilavesivuodon tai kattilaveden laadun valvonnan perusteella ei ole havaittu? Milloin ja missä?	

Akustisen emission valvonta

1	Onko käytettävissä akustisen emission antureita, joilla voidaan havaita vuoto kattilassa?	
2	Jos on, niin kuinka monta, missä ja millaisia (rakennetta vai vapaata tilaa kuuntelevia)?	
3	Miten suuri osa tulipesästä, keittopinnasta ja verhoista on akustisen emission valvonnan piirissä?	
4	Minkä kokoisen vuodon arvioisit tulevan havaituksi akustisen emission seurannan perusteella?	
5	Onko kattilassa ollut vuotoja, jotka on havaittu akustisen emission valvonnan avulla? Milloin ja missä?	
6	Onko kattilassa ollut vuotoja, joita akustinen emissio ei ole havainnut? Milloin ja missä?	

Tapahtuneet vuodot

1	Onko kattila ajettu viimeisen viiden vuoden aikana alas ilman pikapysäytystä vuodon tai vuotoepäilyn takia?	
2	Jos on, niin missä kohtaa kattilaa vuoto oli (1 = ekoissa, 2 = tulistimissa, 3 = keittopinnassa, tulipesässä tai verhoissa ja vesi valui tulipesään tai savukaasukanavaan, 4 = keittopinnassa, tulipesässä tai verhoissa, mutta vesi valui kattilahuoneeseen, 5 = ei missään, vuotoepäily oli aiheeton)	
3	Kuinka pitkään vuotoa seurattiin ennen alasajoa?	

4	Kuinka suuri vuoto oli alasajon aikaan (kg/s)?	
5	Miten vuodon paikka varmennettiin (1 = tekemällä kattilahuonekierros, 2 = seuraamalla kattilaveden laimenemista valvomossa, 3 = akustisen emission antureiden näyttämien perusteella, 4 = jollakin muulla keinoin – miten?)	
6	Onko kattilalle tehty pikapysäytys? Jos on, niin mistä syystä pikapysäytys tehtiin? Oliko pikapysäytys perusteltu?	
7	Onko kattilalla ollut vuotoja, joissa pikapysäytys olisi pitänyt tehdä? Jos on, niin miksi pikapysäytys jäi tekemättä?	
8	Onko kattilalle tehty pikatyhjennys? Jos on, niin mistä syystä pikatyhjennys tehtiin? Oliko pikatyhjennys perusteltu?	
9	Onko kattilassa ollut vuotoja, joissa pikatyhjennys olisi pitänyt tehdä? Jos on, niin miksi pikatyhjennys jäi tekemättä?	
10	Onko kattilassa ollut vuotoja, joissa kattilan turvallisuusjärjestelmä on pysäyttänyt kattilan käytön? Jos on, niin mikä lukitus pysäytti kattilan käytön?	
11	Onko kattilassa ollut vuotoja, joissa turvallisuusjärjestelmät eivät pysäyttäneet kattilan käyttöä, vaikka kattilassa oli vuoto, josta vettä saattoi päästä tulipesään?	

LIITE 5

Sunilan sularännivauriot – yhteenveto 24.10.2016



Sunilan sularännivauriot



Sunilan sularännivauriot SK10

- 14.12.2014 ensimmäinen vaurioraportti aiheesta
 - 3-rännissä vuoto, 1-rännissä säröjä -> vaihtoon (~6kk)
 - Kunnossapitoyhtiö teettänyt alihankintana
- 5.3.2015 tarkastus
 - Rännien alapäässä pitkittäisiä näyttämiä -> vaihtoon
 - Ajoaika ~2,5 kk
 - Rännimateriaali S355 (St52), pitäisi olla S235 (St37)
 - Säröt ovat saaneet alkunsa rännin pokkauksesta
- 6.5.2015 tarkastus
 - Molemmissa ränneissä poikittaisia säröjä (silmin havaittavissa), alapäästä puoleen väliin -> vaihtoon
 - Ajoaika ~2 kk





Sunilan sularännivauriot SK10

- 22.2.2016 tarkastus
 - Molemmissa ränneissä säröjä -> vaihtoon (3,5 kk)
 - Kattilavalmistajan rännit otettu ajoin 10/2015
 - Tyhjennysränni (nro 2) poistettu
- 14.4.2016 tarkastus
 - 1-ränni ok, 3-ränni poikittaisia säröjä -> vaihtoon
 - Ajoaika ~2 kk
- 16.6.2016 tarkastus
 - Molemmat säröillä: 1-ränni ~4 kk, 3-ränni ~2kk
 - Rännit lämpökäsitelty (jälkihehkutus)
- 20.10.2016 tarkastus
 - Molemmat säröillä alapäästä: ajoaika ~4 kk
 - Uudet rännit pinnoitettu/lämpökäsitelty

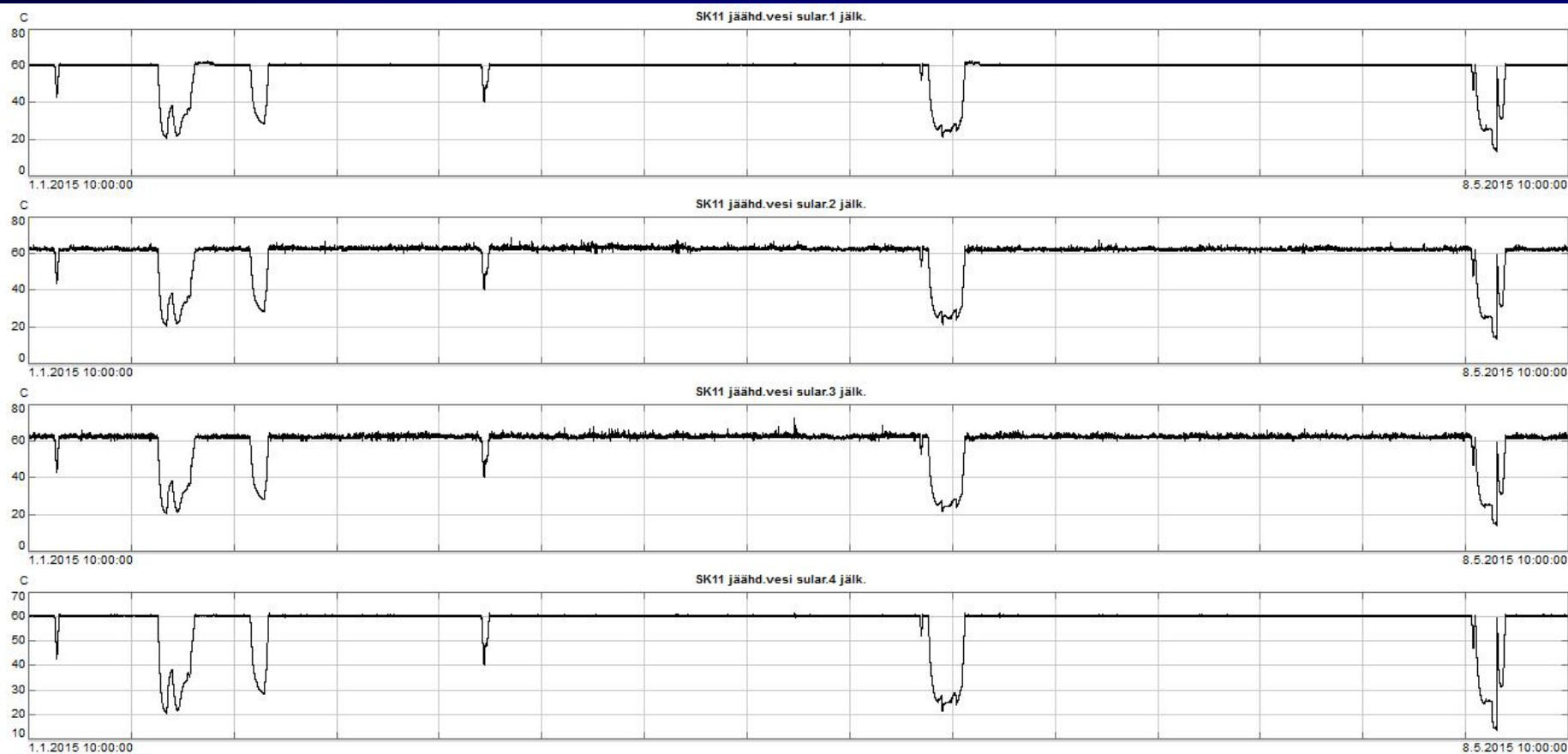


Sunilan sularännivauriot SK11

- 15.3.2015 tarkastus
 - 2 keskimmaisessa säröjä (4 ränniä, joista 2 ajossa)
 - Rännimateriaali S355 (St52), pitäisi olla S235 (St37)
- 1.5.2015 tarkastus
 - 3-sularännissä 2 kpl poikittaisia säröjä, ajoaika ~1,5 kk
- 27.1.2016 tarkastus
 - 2- ja 3-rännissä säröjä -> vaihtoon, ajoaika ~3,5 kk
 - 3-rännin jäähdytysvesitilan koko toleroitu $\pm 1\text{mm}$ ja dokumentoitu
 - Rännit kunnossapitoyhtiön teettämiä, materiaali St37



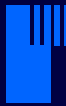
SK11 jäähdytysveden lämpötila





Sunilan sularännivauriot SK11

- 20.3.2016 tarkastus
 - 2-rännissä oli poikittaisia säröjä n. 10 kpl, joiden pituudet luokkaa 10 - 30 mm. Säröjen sijainti n. 200 mm rännin alapäästä -> vaihtoon , ajoaika 2kk (oli ok 22.2. tarkastuksessa)
- 20.4.2016 tarkastus
 - 2-rännissä säröjä ~20 kpl, kokeiltu hionnalla poistaa -> vaihtoon, ajoaika 1 kk
 - 3-rännissä 3 kpl säröjä, jotka poistuivat n. 0,5 mm hionnalla, joten jätettiin ränni vaihtamatta ja seurantaan. (säröt syntyneet 19.03-20.04 ajojaksolla)
- 1.6.2016 tarkastus
 - 2-rännissä (vaihdettu 20.04.) muutama särö rännin loppupäässä -> vaihtoon
 - 3-rännissä säröt aiemmin (20.04.) hiotuissa paikoissa (elinkaari n. 4 kk)



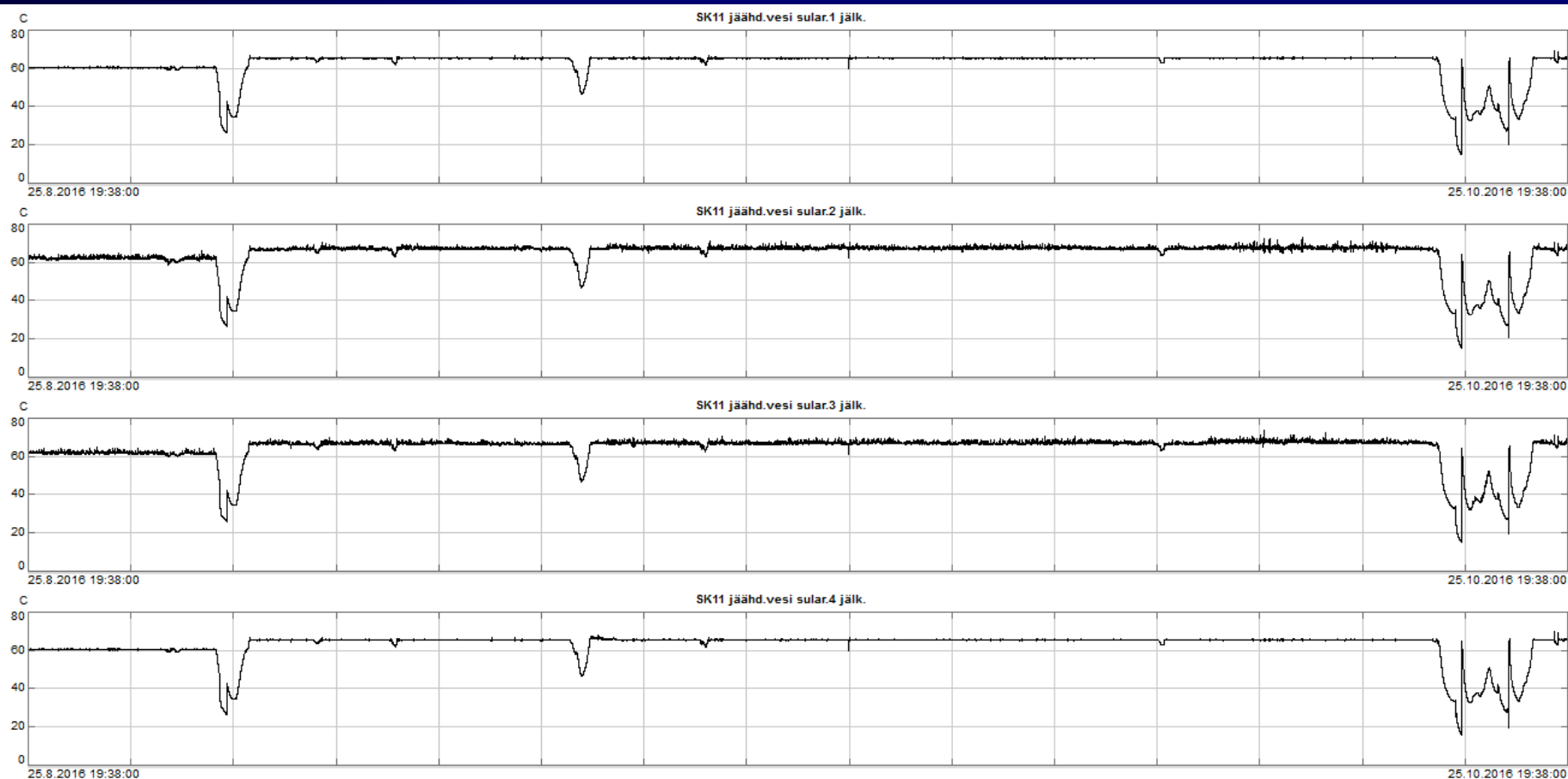
Sunilan sularännivauriot SK11

- 14.7.2016 tarkastus
 - 2-rännissä säröjä, ajoaika 1,5 kk -> tilalle lämpökäsitelty ränni
 - 3-ränni ehjä
- 2.9.2016 tarkastus
 - 2-rännissä säröjä (syvyys ~7mm)
 - Ajoaika 1,5 kk (olivat ok 16.8)
 - 3-rännissä myös säröjä -> vaihtoon
- 21.10.2016 tarkastus
 - Molemmissa lämpökäsitellyissä ränneissä säröjä -> ajossa 1,5 kk
 - vaurioalue veden tulolaatikossa lähempänä rännin jättöpäätä n. 150 mm matkalla



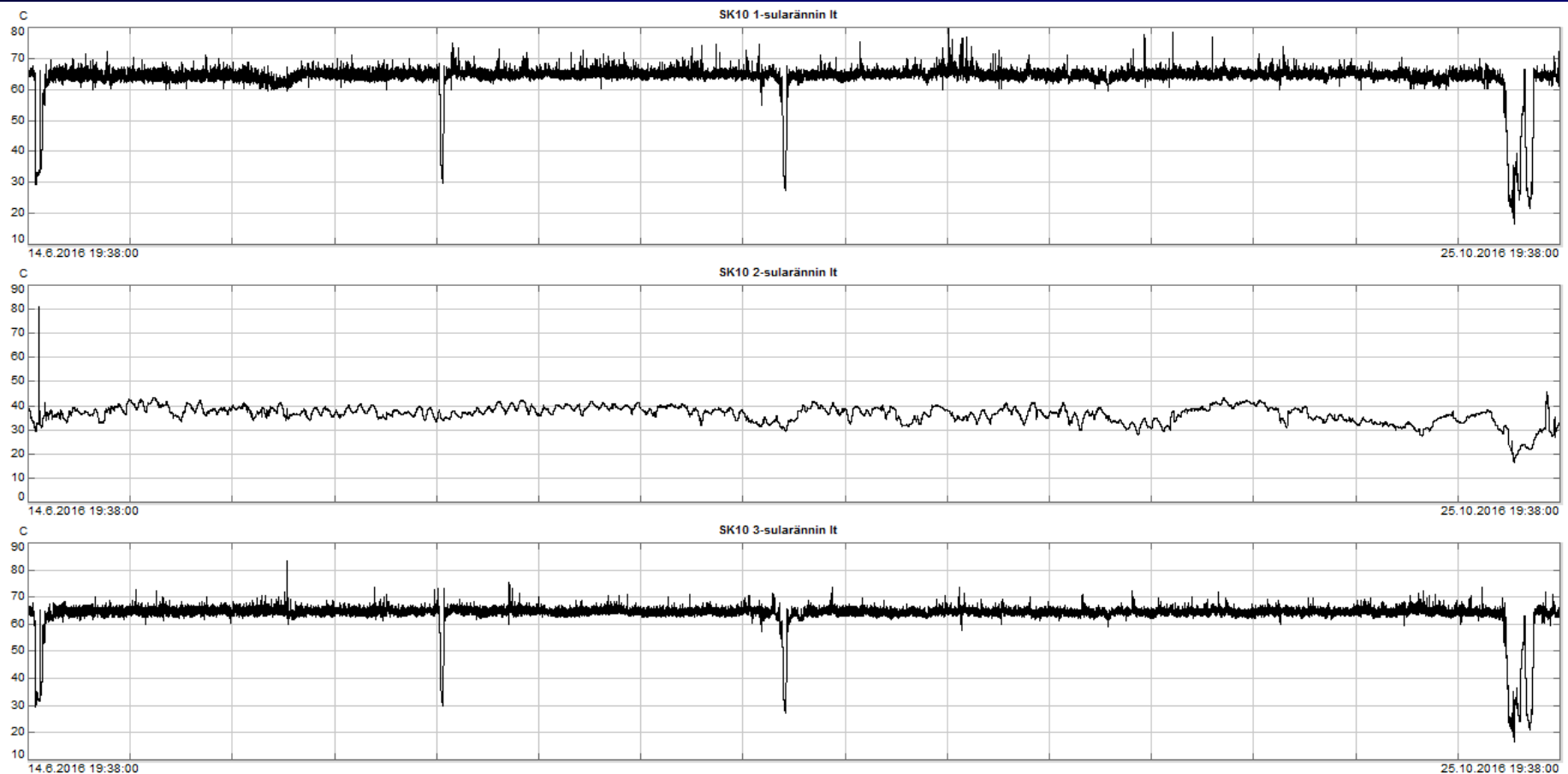


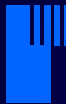
SK11 jäähdytysveden lämpötila





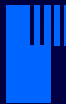
SK10 jäähdytysveden lämpötila





Sunilan sularännivauriot yhteenvedo

- Rännien kouruosuus valmistetaan pokkaamalla levyä eli levyyn jää ura/painautuma pokkauksen kohdalle. Säröt ovat usein lähteneet urien välistä, johon jää vetojännitystila valmistuksen jälkeen
- Hionta ei poista säröjä
- Lämpökäsittely ei auta
- Jäähdytysveden virtausta mallinnettu CFD:llä + rakenneanalyysi
 - Virtaus heikompi alapäässä tukipaloista johtuen
- Sulan ominaisuuksien vaikutusta selvitetään
- 20.10.2016 asennettu pinnoitetut sekä lämpökäsitellyt rännit
 - Särön eteneminen hiiliteräkseen?
 - Tarkastus?



Vaurioraportit

- SE Sunila, 14.12.2014 - SK10 sularännivuoto
- SE Sunila, 5.3.2015 - SK10 sularännissä säröjä
- SE Sunila, 17.3.2015 - SK11 sularännissä säröjä
- SE Sunila, 1.5.2015 - SK11 sularännissä säröjä
- SE Sunila, 6.5.2015 - SK10 sularännissä säröjä
- SE Sunila, 27.1.2016 - SK11 sularännissä säröjä
- SE Sunila, 22.2.2016 - SK10 sularännissä säröjä
- SE Sunila, 20.3.2016 - SK11 sularännissä säröjä
- SE Sunila SK10, 14.4.2016 – sularännissä säröjä
- SE Sunila SK11 20.4.2016 – sularännissä säröjä
- SE Sunila SK11 1.6.2016 – sularännissä säröjä
- SE Sunila SK10 15.6.2016 – sularännissä säröjä
- SE Sunila SK11 14.7.2016 – sularännissä säröjä
- SE Sunila SK11 2.9.2016 – sularänneissä säröjä
- SE Sunila SK11 20.10.2016 – sularänneissä säröjä
- SE Sunila SK10 20.10.2016 – sularänneissä säröjä