

LIITE 6

Happilinjan pääsulkuventtiilin virtauskokeet



Happilinjän pääsulkuventtiilin virtauskokeet

Tilaaja: Onnettomuustutkintakeskus

		Luottamuksellinen pysyvästi	saakka /	X
		Sisäiseen käyttöön		
Raportin nimi Happilinjan pääsulkuventtiilin virtauskokeet				
Toimeksiantaja/rahoittaja ja tilaus pvm/nro Onnettomuustutkintakeskus 4.5.2004		Raportin numero TUO57-044604		
Projektin nimi 57VENTMIT		Suoritteen numero G4SU00762		
Laatija(t) Nieminen Vesa		Sivujen/ liitesivujen lukumäärä 33 / 0		
Avainsanat happiventtiili, värähtelymittaus, lämpötilamittaus				
Tiivistelmä Kokeiden tarkoituksena oli selvittää syntyykö joissain käyttötilanteissa sulaton happilinjan pääsulkuventtiilissä värähtelyilmiöitä, jotka aiheuttaisivat esimerkiksi hankauskitkan vaikutuksesta venttiilin tiivisteosan lämpenemisen ja venttiilin syttymisen itsestään. Kokeessa tutkittavan venttiilin läpi johdettiin ilmaa erillisestä säiliöstä. Venttiilin tiivisteiden lämpötilaa mitattiin tiivisteasennuksen sisältä termoelementeillä. Kokeiden aikana mitattiin myös venttiilistä ja venttiililautasesta kiihtyvyyksiä, venttiilin kulma-asentoa, koeputkiston paineita sekä äänenpainetta koejärjestelyn ulkopuolelta. Venttiilille suoritettiin erilaisia virtauskokeita, joiden aikana mm. painetta ja tutkittavan venttiilin asentoa varioitiin. Tiivisteiden lämpötilat eivät nousseet venttiilin syttymistä ajatellen kovinkaan korkealle minkään kokeen aikana. Maksimi mitattu lämpötila oli noin 30°C. Lämpötilojen muutokset korreloivat hyvin selvästi paineen muutoksien kanssa. Kokeiden aikana testattava venttiili saatiin värähtelemään siten, että äänenpaineen signaalissa ja myös kiihtyvyyssignaaleissa havaittiin selviä resonansseja. Näiden taajuuudet olivat kuitenkin melko korkealla ja siirtymät näillä taajuuksilla olivat erittäin pieniä. Lämpötilojen signaaleissa ei havaittu mitään lämpötilojen nousua näiden resonanssien aikana.				
13.10.2004				
Pekka Koskinen Tutkimuspäällikön sijainen		Vesa Nieminen Tutkimusinsinööri Tarkastanut		
Jakelu (asiakkaat ja VTT): Onnettomuustutkintakeskus 2 kpl VTT 2 kpl				
<i>VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.</i>				

Sisällysluettelo

1	Johdanto	3
2	Tavoite	3
3	Kohteen kuvaus	3
4	Instrumentointi- ja koejärjestelyt	5
5	Mittaukset	11
6	Tulosten tarkastelu	13
6.1	Aikahistoriat	13
6.2	Signaalien taajuussisältö	22
6.3	Muita havaintoja	32
7	Yhteenveto	33

1 Johdanto

Outokumpu Stainless Oy:n Tornion tehtaalla sattui 19.9.2003 kolmen työntekijän hengen vaatinut tulipalo. Sulaton happilinjän pääsulkuventtiili syttyi palamaan kun sitä oltiin avaamassa. Arvioitujen syttymissyiden selvittämiseksi järjestettiin Tornion tehtaalla koejärjestely, jossa pyrittiin onnettomuustilannetta vastaavissa olosuhteissa ja käyttötilanteessa tutkimaan kokeellisesti samanlaisen venttiilin käyttäytymistä. Toimeksianto liittyy onnettomuustutkintakeskuksen tutkintaan nro B 5/2003 Y.

2 Tavoite

Kokeiden tarkoituksena oli selvittää syntykö onnettomuustilannetta vastaavissa olosuhteissa ja käyttötilanteissa venttiilissä värähtelyilmiöitä, jotka aiheuttaisivat esimerkiksi hankauskitkan vaikutuksesta venttiilin tiivisteosan lämpenemisen ja sitä kautta venttiilin syttymisen itsestään.

3 Kohteen kuvaus

Palanut venttiili on rakenteeltaan lautasventtiili, jossa on polymeeritiiviste ja lisäksi metallinen FS-tiiviste (Fire Safe) tiiveyden varmistamiseksi tulipalotilanteessa. Venttiililautasen nimellishalkaisija on 300 mm. Kokeessa käytetty venttiili oli onnettomuusventtiilin kanssa identtinen, tyyppimerkinnältään Sapag JHP FS. Kuvassa 1 näkyy palaneen venttiilin kanssa samanlainen perhosventtiili (ei kokeissa käytetty venttiili). Kokeessa käytetyn venttiilin sarjanumero on (Fig 77113 501) 015.072666.02. Tämän venttiilin tunnistekilpi näkyy kuvassa 2.



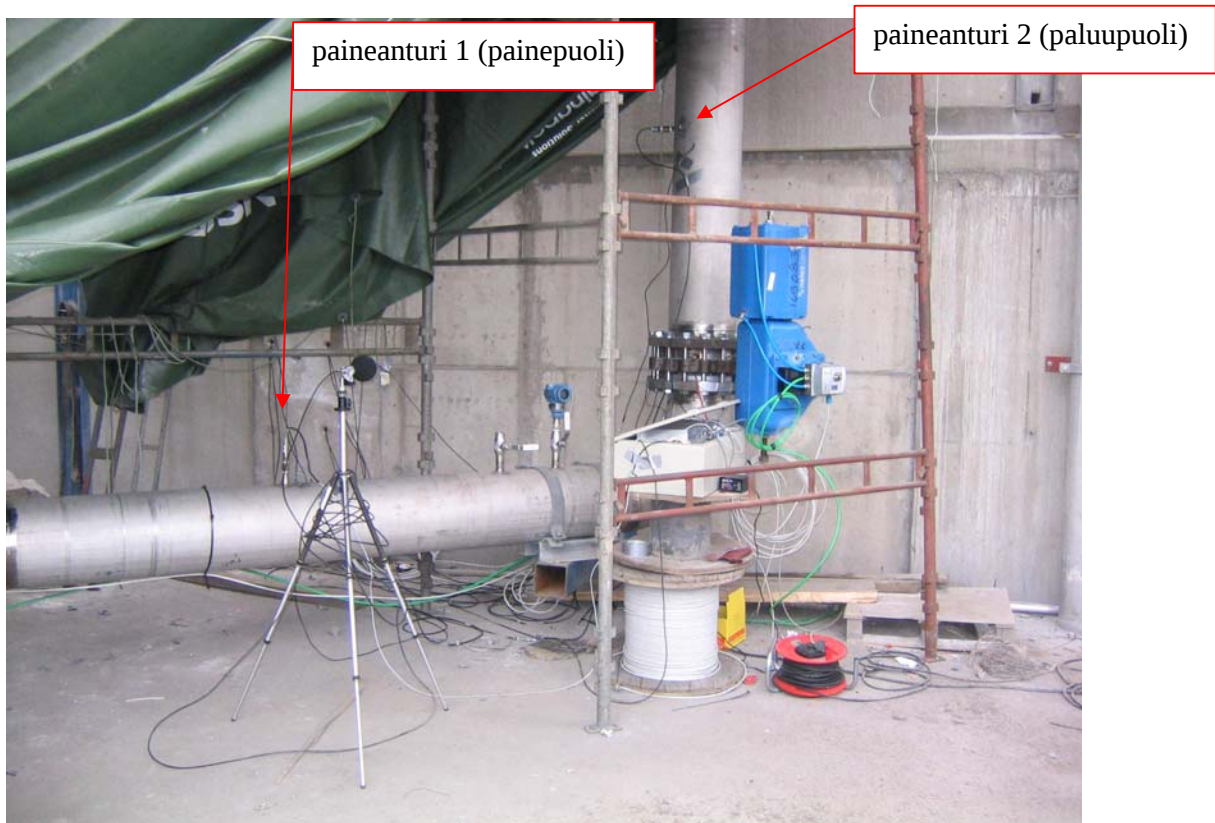
Kuva 1 Palaneen venttiilin kanssa samanlainen perhosventtiili. Tätä venttiiliyksilöä ei käytetty kokeissa.



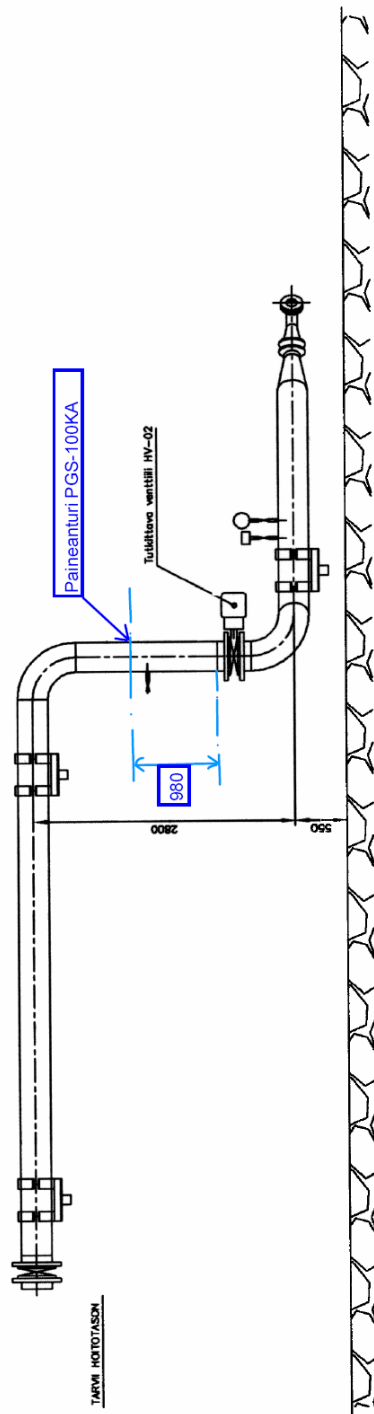
Kuva 2 Kokeessa käytetyn venttiilin tunnistekilpi.

4 Instrumentointi- ja koejärjestelyt

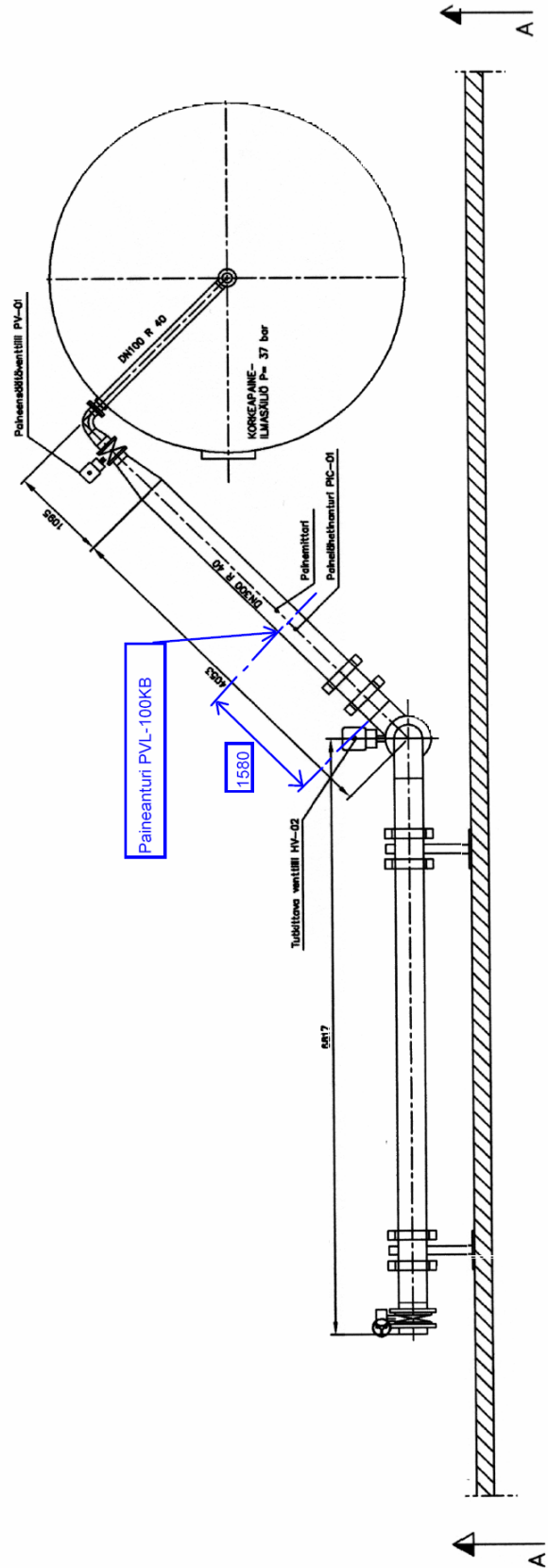
Kokeessa tutkittavan venttiilin läpi johdettiin ilmaa erillisestä säiliöstä. Piirros koejärjestelystä on esitetty kuvassa 4. Putkilinjassa oli tutkittavan venttiilin lisäksi kuvassa näkyvä paineensäätöventtiili ennen tutkittavaa venttiiliä sekä putkilinjan ulosvirtauspäässä sulkuventtiili. Sulkuventtiilin vieressä venttiiliä ennen oli pieni sivuhana, josta voitiin vuodattaa ilmaa ulos rajoitetusti sulkuventtiilin ollessa kiinni. Linjasto oli tuettu kuvassa näkyvien kolmen tukipalkin avulla tehtaan seinään ja lisäksi yhden tukiputken avulla maahan juuri ennen säätöventtiiliä. Valokuva koejärjestelystä on kuvassa 3.



Kuva 3 Mittausjärjestelyt Outokumpu Stainless Oy:n tehtaalla Torniossa.



LEIKKAUS A-A



Kuva 4 Koejärjestelyt

Tutkittavaa venttiiliä ohjattiin siihen kiinnitettyllä pneumaattisella toimilaitteella. Venttiilistä otettiin siinä normaalisti oleva käsipyörä pois ja tilalle kiinnitettiin kyseinen toimilaite venttiilin karan päähän vastaavalla tavalla kuin käsipyörän kulma-vaihte. Toimilaitteeseen oli kiinnitetty kulma-anturi mittaamaan venttiilin läpän kulma-asentoa. Tämä signaali myös taltioitiin kokeiden aikana.

Venttiilistä mitattiin kiihtyvyyksiä seitsemällä kiihtyvyysanturilla. Venttiililautasesta mitattiin kiihtyvyyksiä kahdella yhden suunnan kiihtyvyysanturilla, venttiilin runkorakenteesta neljällä kolmen suunnan kiihtyvyysanturilla ja venttiilin toimilaitteesta yhdellä kolmen suunnan kiihtyvyysanturilla. Kiihtyvyysantureiden paikat näkyvät kuvissa 5, 6 ja 7. Koeputkiston painetta mitattiin kahdella paine-anturilla ennen tutkittavaa venttiiliä ja venttiilin jälkeen sekä koetilanteessa syntyvää ääntä koejärjestelmän ulkopuolelta yhdellä mikrofonilla. Lisäksi mitattiin putkilinjan värähtelyä paine-antureiden kohdalla kahdella kolmen suunnan kiihtyvyysanturilla.

Venttiilin tiivisteiden lämpötilaa mitattiin tiivisteasennuksen sisältä FS-tiivisteiden ja teflon-tiivisteiden välistä termoelementeillä. Termoelementit oli sijoitettu mahdollisimman lähelle tiivisteiden sisäreunaa. Termoelementtejä oli yhteensä 26 kpl ja niiden sijainti tiivisteessä näkyy kuvassa 8. Poikkileikkaus tiivisteiden rakenteesta ja termoelementtien sijainnista on esitetty kuvassa 9. Osa termoelementeistä kokeen jälkeen näkyy kuvassa 10.

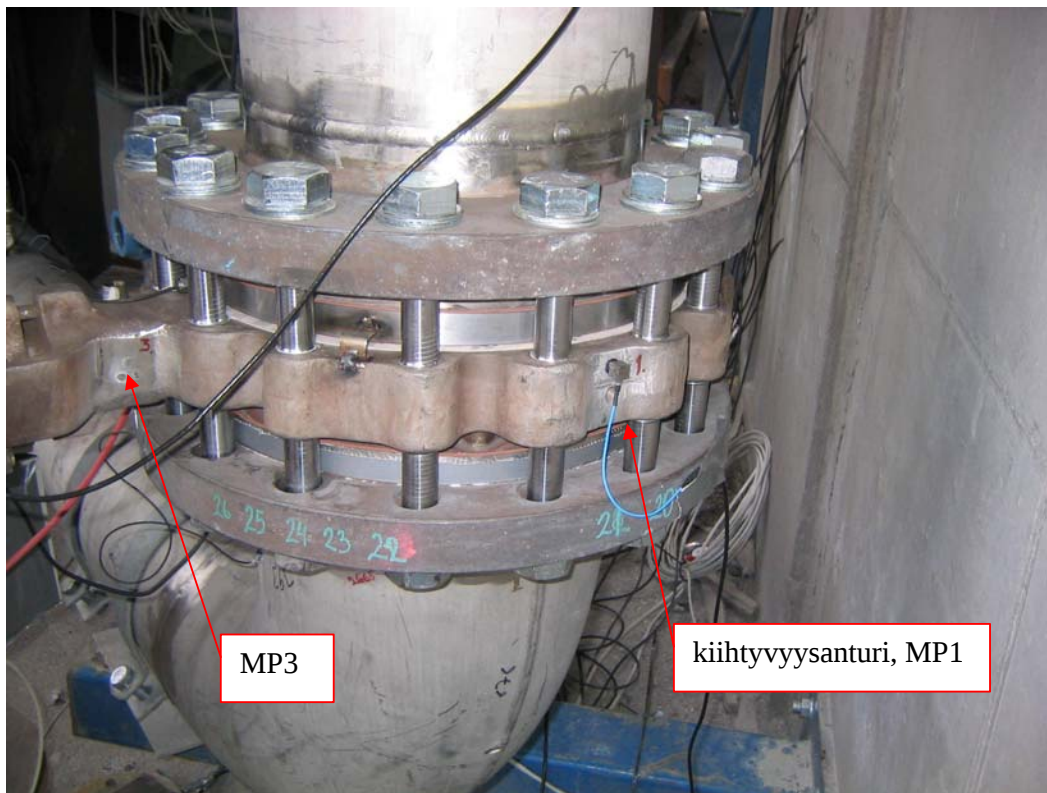
Mittausdatan käsittelyyn ja tallentamiseen käytettiin monikanavaista analyysointia (LMS Scadas III SC310), jota ohjattiin erillisellä PC:llä. Analyysointia ohjattiin ja analyysit tehtiin LMS Coda-X 3.5.E -ohjelmistolla. Termoelementtien datat luettiin erillisellä dataloggerilla. Kaikki käytetyt mittalaitteet on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1 Kokeissa käytetyt mittalaitteet

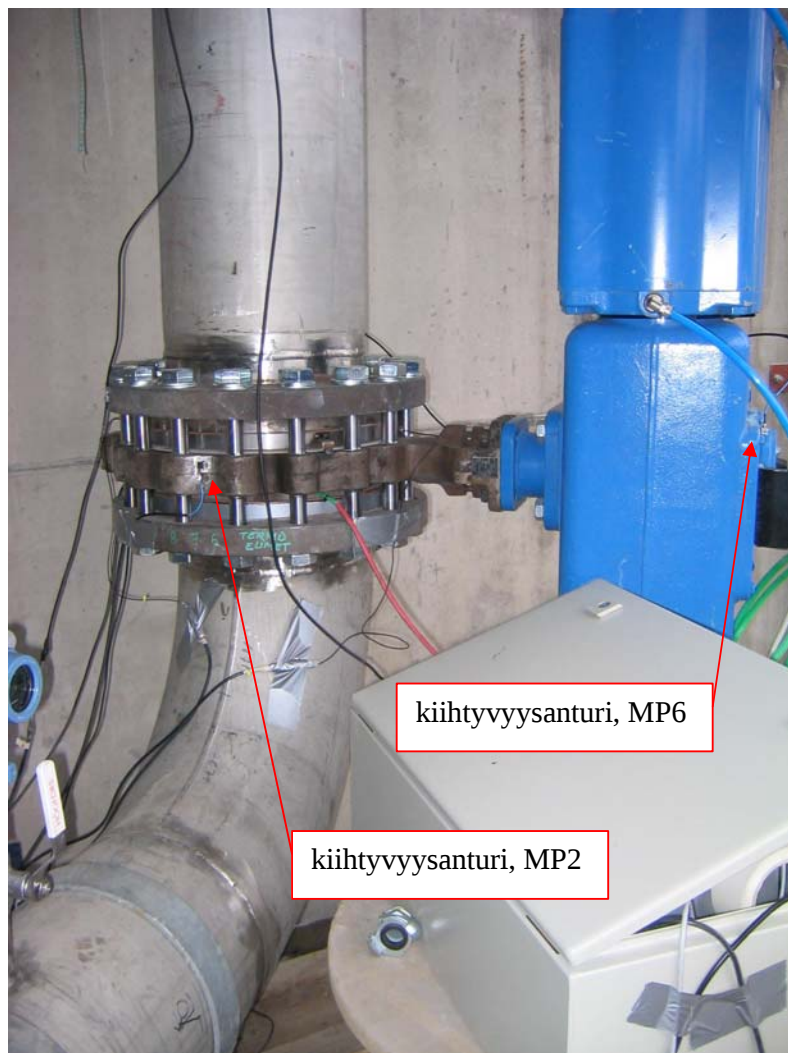
Mittalaite	Tyyppi	Lkm
3D-Kiihtyvyysanturi (IEPE) (taajuusvastemittaukset)	Brüel&Kjaer 4506, herkkyys 100mV/g	8 kpl
3D-Kiihtyvyysanturi (IEPE) (puhalluskokeet)	PCB 356B11, herkkyys 10mV/g	6 kpl
Kiihtyvyysanturi (IEPE) (venttiilin läppä)	Brüel&Kjaer 4395, herkkyys 10mV/g	2 kpl
Iskuvasara + voima-anturi (taajuusvastemittaukset)	Endevco 2302-5	1 kpl
Mikrofoni	Brüel&Kjaer 4189	1 kpl
Paineanturi	Kyowa PVL100KB + Kyowa PGS100KA	2 kpl
Termoelementti	K-tyyppi, eriste FEP teflon, halkaisija 0,127 mm	26 kpl
Siltavahvistin (paineanturi)	Dewetron DAQN-Bridge	1 kpl
Dataloggeri (termoelementtien datat)	Agilent 34970A + 34908A	1 kpl
Analyysointia (32-kanavainen)	LMS Scadas III SC310	1 kpl
Laptop PC	Dell Latitude D800	1 kpl
Kalibraattori (kiihtyvyysanturit)	Brüel&Kjaer 4294	1 kpl
Kalibraattori (mikrofoni)	Brüel&Kjaer 4231	1 kpl



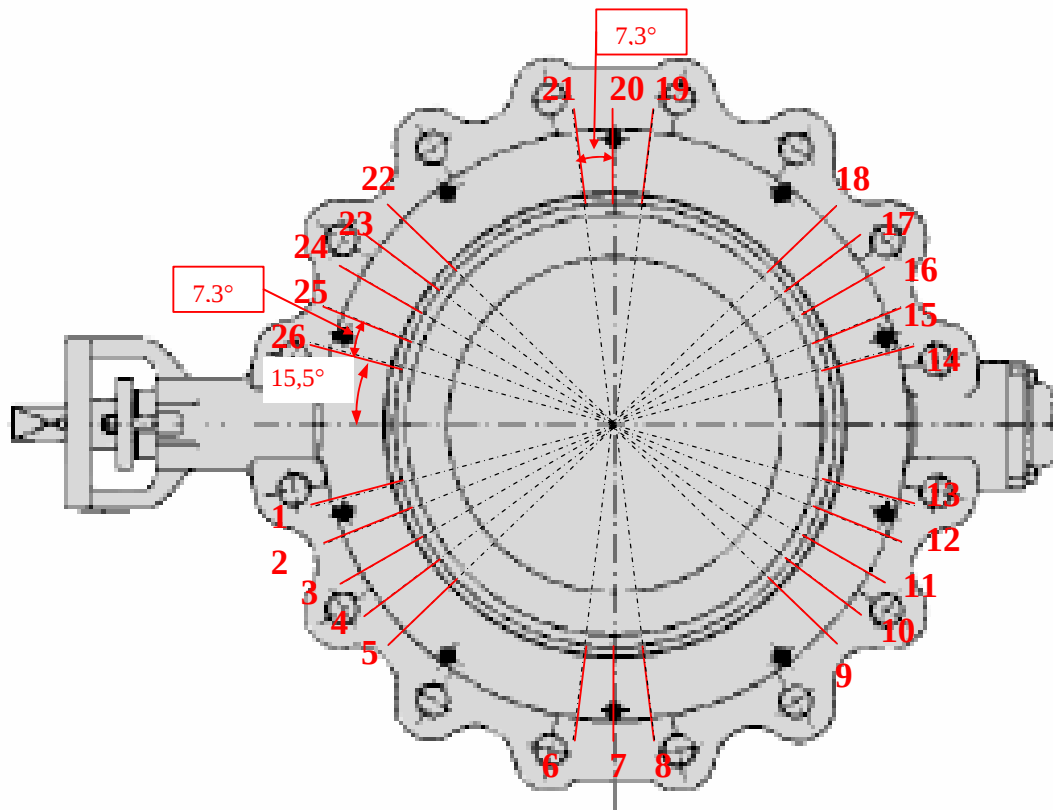
Kuva 5 Venttiililautasen kiihtyvyyssanturit (MP 7 ja 8).



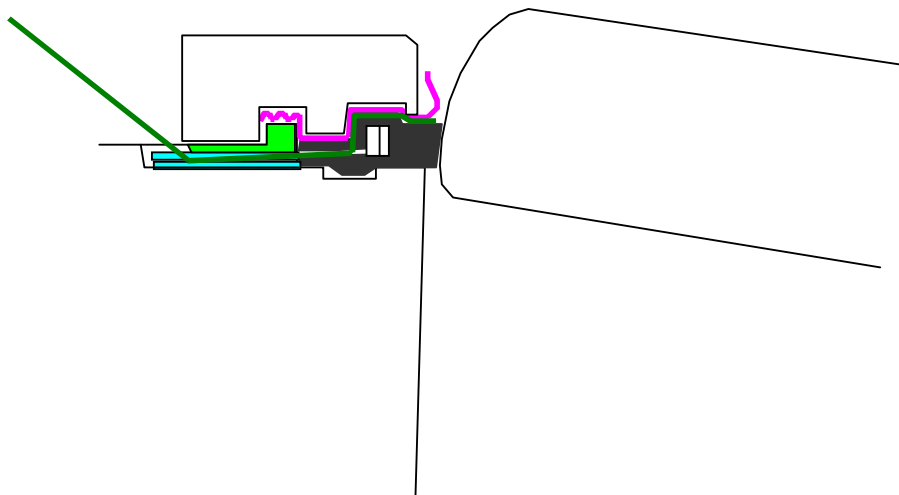
Kuva 6 Kiihtyvyyssanturit mittapisteissä 1 ja 3. Mittapiste 4 on venttiililautasen kääntöakselin kohdalla venttiilin toisella puolella (mittapisteen 3 vastakkaisella puolella).



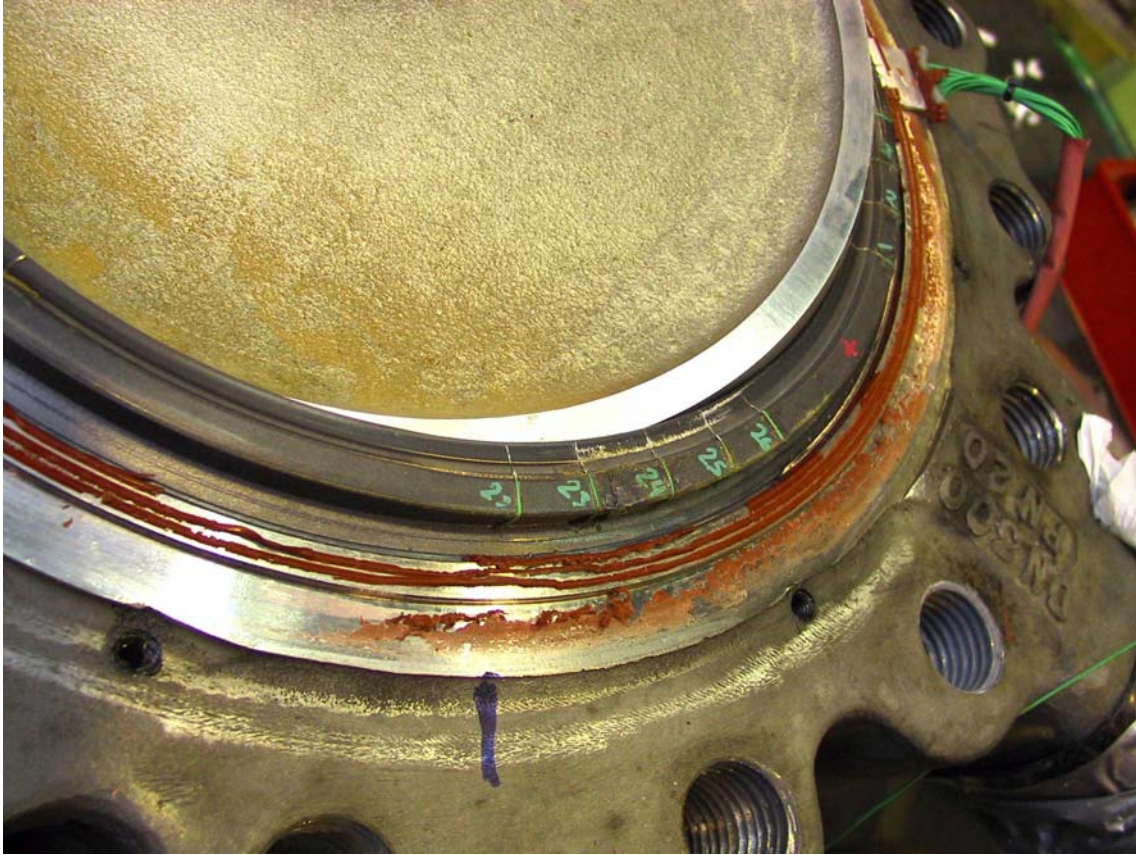
Kuva 7 Mittapisteiden 2 ja 6 kiihtyvyyssanturit.



Kuva 8 Termoelementtien paikat alhaalta päin (tulovirtauksen puolelta) katsottuna. Venttiililautasen alareuna kääntyi tulovirtaukseen päin (kohti katsojaa), jolloin keskilinjan alapuoliset termoelementit ovat ikään kuin virtauksen alapuolella venttiililautaseen nähden. Termoelementit 1,3,6,7,8,9,11,13,14,15,16,17,19 ja 25 vioittuivat venttiilin asennuksen yhteydessä.



Kuva 9 Termoelinten asennus. Termoelin on piirretty vihreänä punaisen FS-tiivisteeseen ja tummanharmaan Teflon-tiivisteeseen välissä.



Kuva 10 Termoelementit 22 - 26 tiivisteessä. Tiivisteen kiinnitysrengas on irrotettu kokeiden jälkeen.

5 Mittaukset

Kokeessa käytetty venttiili instrumentoitiin termo-elimillä ja läpän kiihtyvyysantureilla etukäteen ja kuljetettiin asennettavaksi Tornion tehtaalle. Kokeet suoritettiin 26.-28.5.2004 välisenä aikana. Ennen varsinaisia kokeita venttiilille tehtiin joitakin taajuusvastemittauksia herättämällä venttiiliä ja venttiilin runkorakennetta iskuvasaralla ja mittaamalla kiihtyvyysvasteita eri puolilta venttiiliä ja putkistoa venttiililautasen ja koejärjestelyrakenteen ominaistaajuuksien selvittämiseksi. Mittausketjun toiminta varmistettiin ennen mittauksia ja kiihtyvyysanturien ja mikrofoniin osalta tähän käytettiin käsikalibraattoria.

Näytteenottotaajuutena käytettiin 20480 Hz (joissakin kokeissa 10240 Hz) kaikkien muiden paitsi lämpötilasignaalien näytteistämässä, joita näytteistettiin 1 Hz taajuudella.

Ennen kokeita todettiin, että osa termoelementtien johdoista oli vaurioitunut venttiilin asennuksen yhteydessä. Ehjiä termoelementtejä todettiin kuitenkin olevan riittävän kattavasti tiivisteiden lämpötilojen määrittämiseksi eri puolilla tiivistettä.

Kokeiden aikana suoritettiin yhteensä 11 erillistä virtauskoetta, joiden aikana painetta, tutkittavan venttiilin asentoa ja myös päätyventtiilin asentoa varioitiin. Kokeissa oli tarkoitus löytää sellaiset ajoparametrit, joilla mahdollinen venttiilin värähtelyilmiö ja venttiilin lämpeneminen saataisiin heräämään. Kokeissa pyrittiin myös simuloimaan mahdollisimman tarkasti onnettomuustilannetta. Tutkittavan venttiilin avautumisnopeus pyrittiin tietyissä kokeissa valitsemaan lähelle arvioitua onnettomuusventtiilin avautumisnopeutta. Koetilanteet on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2 Koetilanteet

Koetilanne	Paine ennen venttiiliä (bar)	Venttiilin asento (°)	Päätyventtiilin asento	Huom.
Ajo 1	10 (vakio)	0 - 5 - 0	auki	avattiin, kunnes ilma pääsi virtaamaan venttiilin läpi, näytteenottotaajuus $f_s = 10240$ Hz
Ajo 2	20 (vakio)	0 - 9 - 0 (stepeittäin)	auki	
Ajo 3	20 (vakio)	0 - 9 - 0 (stepeittäin)	auki	edellisen toisto, pienemmillä askeleilla
Ajo 4	sweep 0 - 36 - 0	~ 6 (vakio)	auki	
Ajo 5	sweep 0 - 36 - 0	~ 6 (vakio)	auki	edellisen toisto, näytteistys muutettu: $f_s = 20480$ Hz
Ajo 6	hidas sweep 0 - 36 - 0	7 (vakio)	auki	paineen muutos pysäytettiin vähäksi aikaa akustisten resonanssien kohdalla
Ajo 7	sweep 0 - 36 - 0	7 (vakio)	kiinni, sivuhana auki	
Ajo 8	sweep 0 - 36 - 0	7 (vakio)	kiinni, sivuhana auki	edellisen toisto
Ajo 9	sweep 0 - 36 - 0	7 (vakio)	kiinni, sivuhana kiinni	
Ajo 10	40 (vakio)	0 - 9 - 0	kiinni, sivuhana auki	venttiilin aukaisunopeus $\sim 0,25^\circ/\text{s}$
Ajo 11	35 (vakio)	0 - 9	kiinni, sivuhana kiinni	

6 Tulosten tarkastelu

6.1 Aikahistoriat

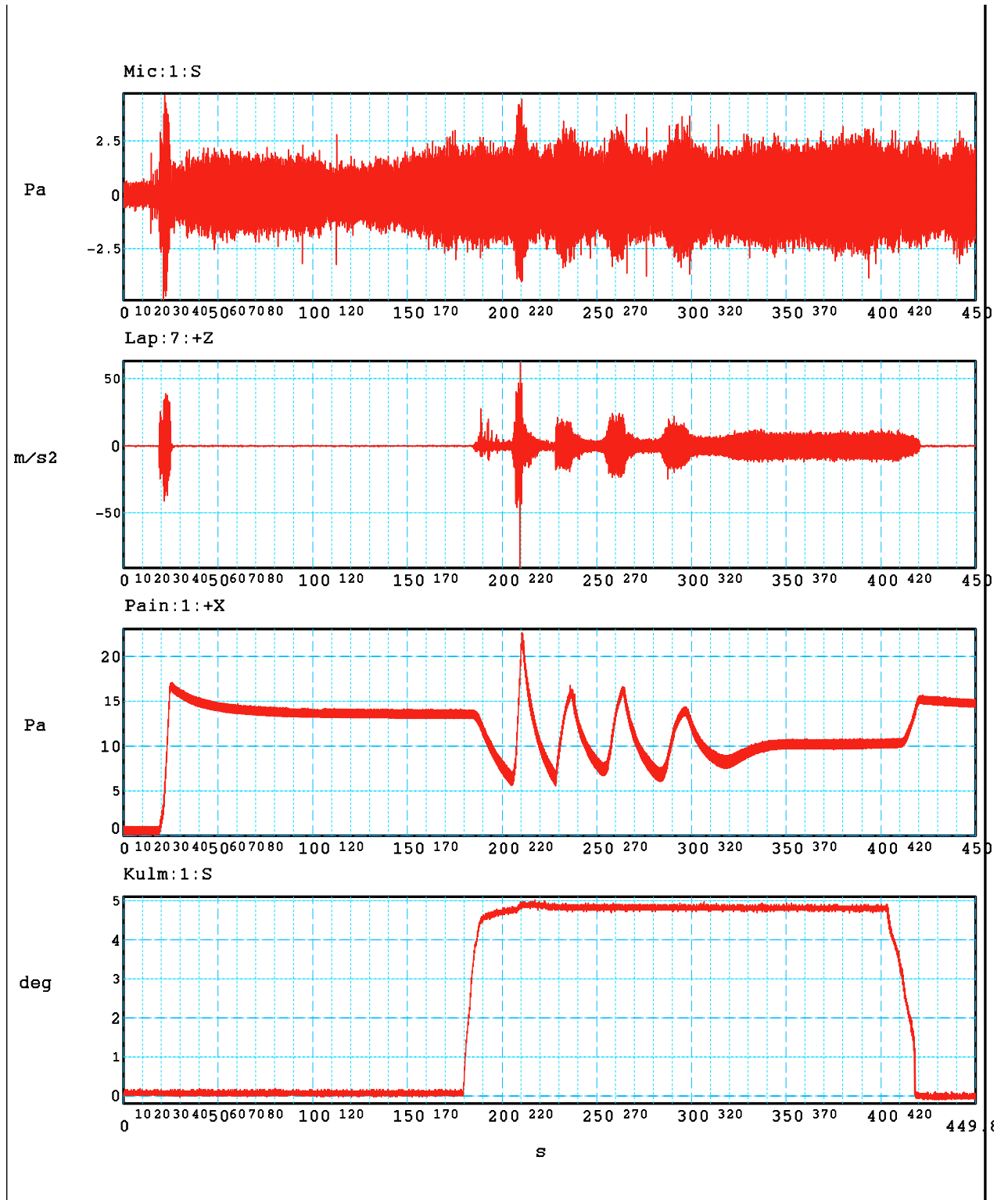
Kuvassa 11 on aikahistoriat ensimmäisen kokeen (Ajo1) mikrofonin signaalista, venttiililautasen kiihtyvyydestä, painesignaalista ennen tutkittavaa venttiiliä ja venttiilin kulma-asennosta. Vastaavat kuvat kokeista "Ajo2" ja "Ajo6" on esitetty kuvissa 13 ja 15. Kuvassa 17 on kokeen "Ajo10" vastaavat signaalit ja lisäksi tutkittavan venttiilin jälkeisen paineen signaali.

Termoelementtien lämpötilasignaalit on esitetty kuvassa 12. Alimmassa kuvassa näkyy virtauksen alapuolisien termoelementtien signaalit ja keskimmaisessä kuvassa virtauksen yläpuolisien termoelementtien signaalit (ks. Kuva 8). Ylimpänä näkyy myös painesignaali. Mitatut lämpötilat muissa kokeissa on esitetty kuvissa 14, 16 ja 18.

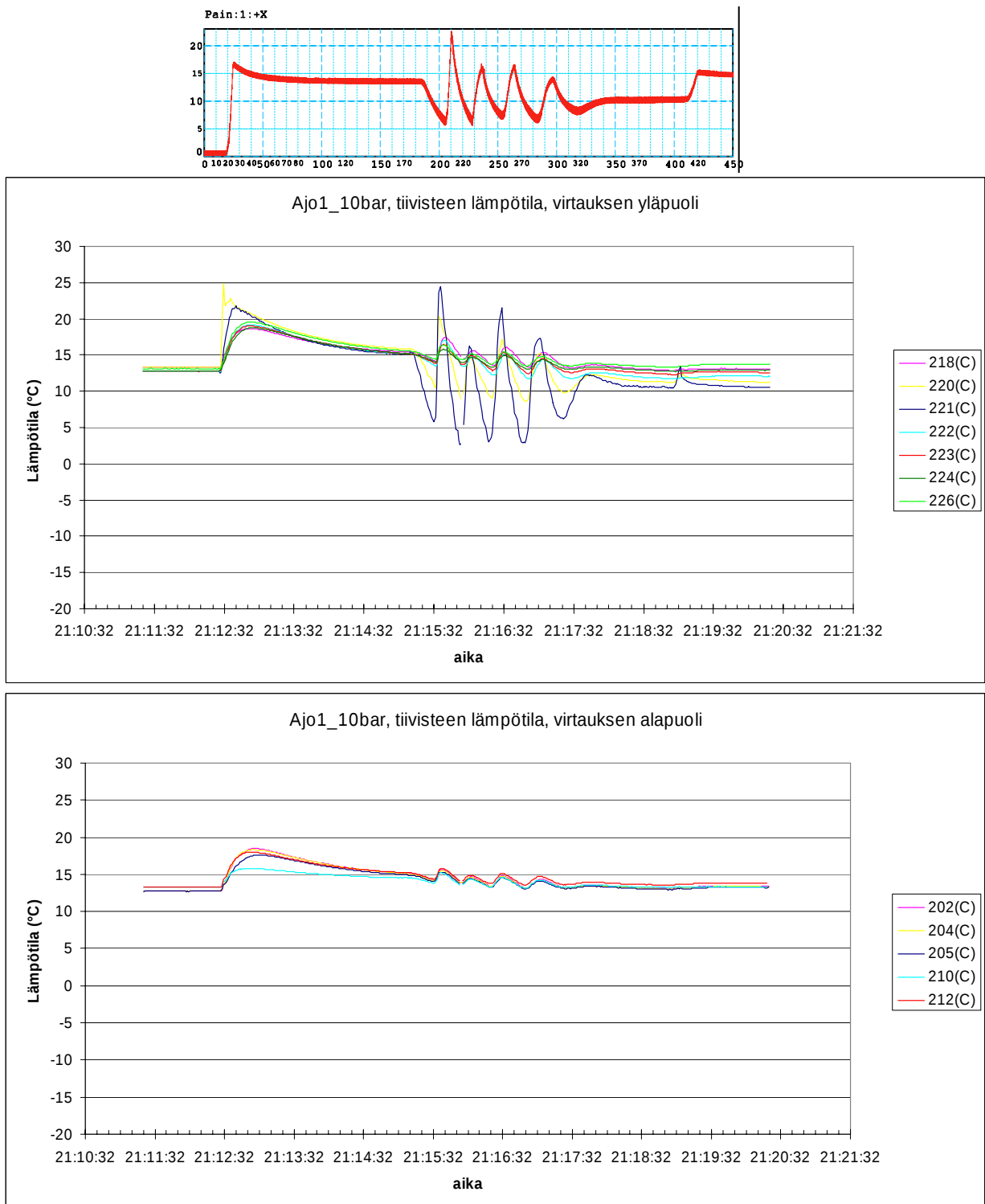
Ensimmäisen kokeen kuvasta 11 havaitaan, että venttiili on alkanut päästämään ilmaa lävitseen noin $4,5^\circ$ avautumiskulmalla. Tämän jälkeen säätöventtiili on pyrkinyt pitämään paineen vakiona, mutta paine on heilahdellut huomattavasti säädön puutteista johtuen kunnes on saavuttanut vakiotilan. Samaa säädön aiheuttamaa heilahtelua on havaittavissa myös muiden kokeiden painesignaaleissa.

Kuvista nähdään, että lämpötilat eivät nousseet venttiilin syttymistä ajatellen kovinkaan korkealle missään kokeessa. Maksimi mitattu lämpötila oli noin 30°C . Virtauksen yläpuolella lämpötilan muutokset ovat selvästi suurempia kuin alapuolella. Tämä ero on havaittavissa kaikkien kokeiden lämpötilasignaaleissa. Lisäksi havaitaan että lämpötilat korreloivat hyvin selvästi paineen kanssa (ks. Kuva 12). Adiabaattisessa prosessissa lämpötilan kuuluukin muuttua suoraan verrannollisesti paineen kanssa.

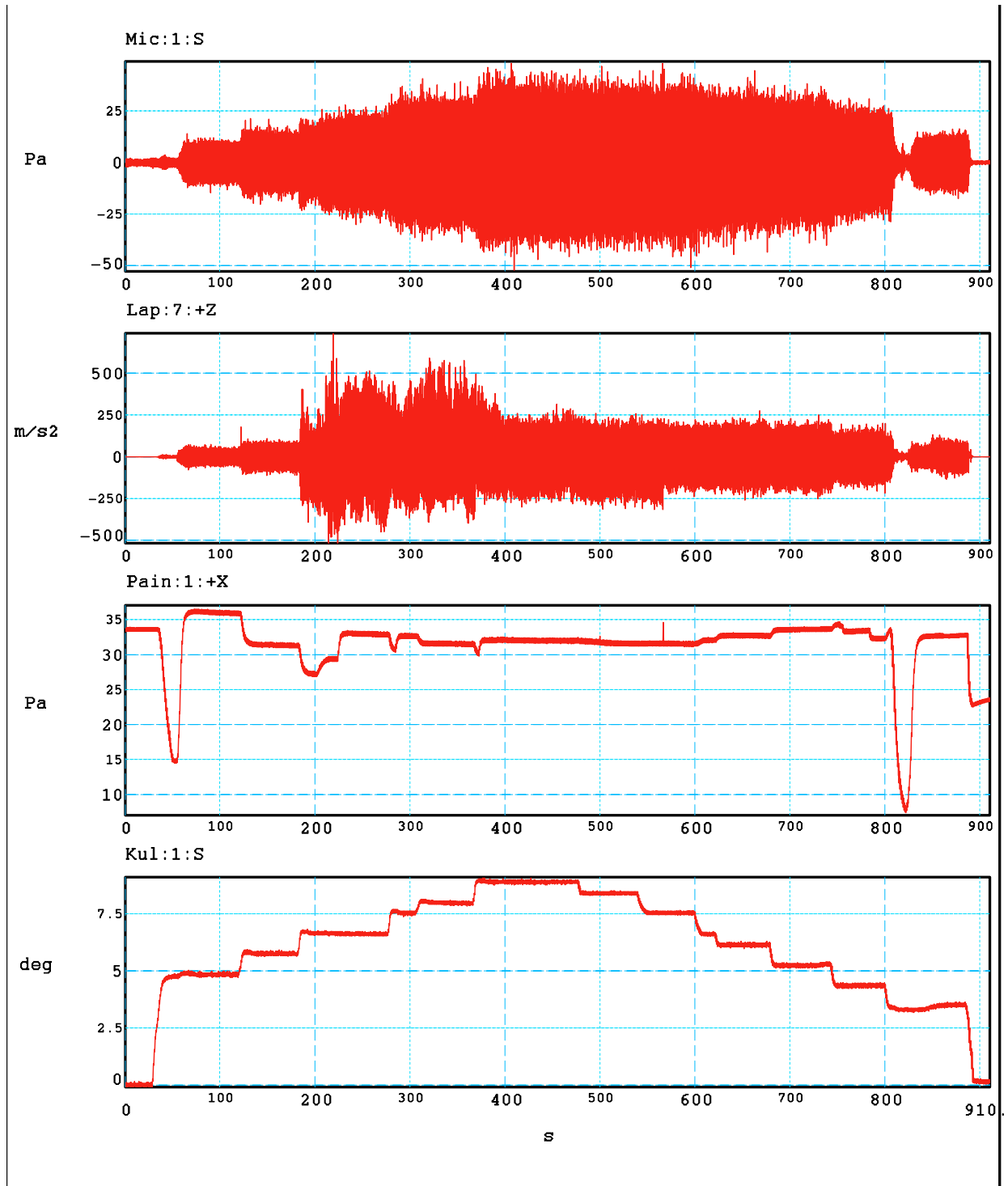
Kokeen "Ajo10" lämpötilojen signaaleista (Kuva 18) nähdään, että ennen varsinaisen mittauksen alkamista lämpötilat olivat käyneet hieman korkeammalla kuin muissa kokeissa. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että ennen mittauksen aloittamista paine nostettiin 40 bar:iin melko nopeasti tutkittavan venttiilin takana sen ollessa vielä kiinni, jolloin lämpötilat myös nousivat paineen mukana kuten muidenkin kokeiden aikana. Lämpötilat laskivat tämän kokeen aikana kuitenkin lähes ympäristön lämpötilan tasalle.



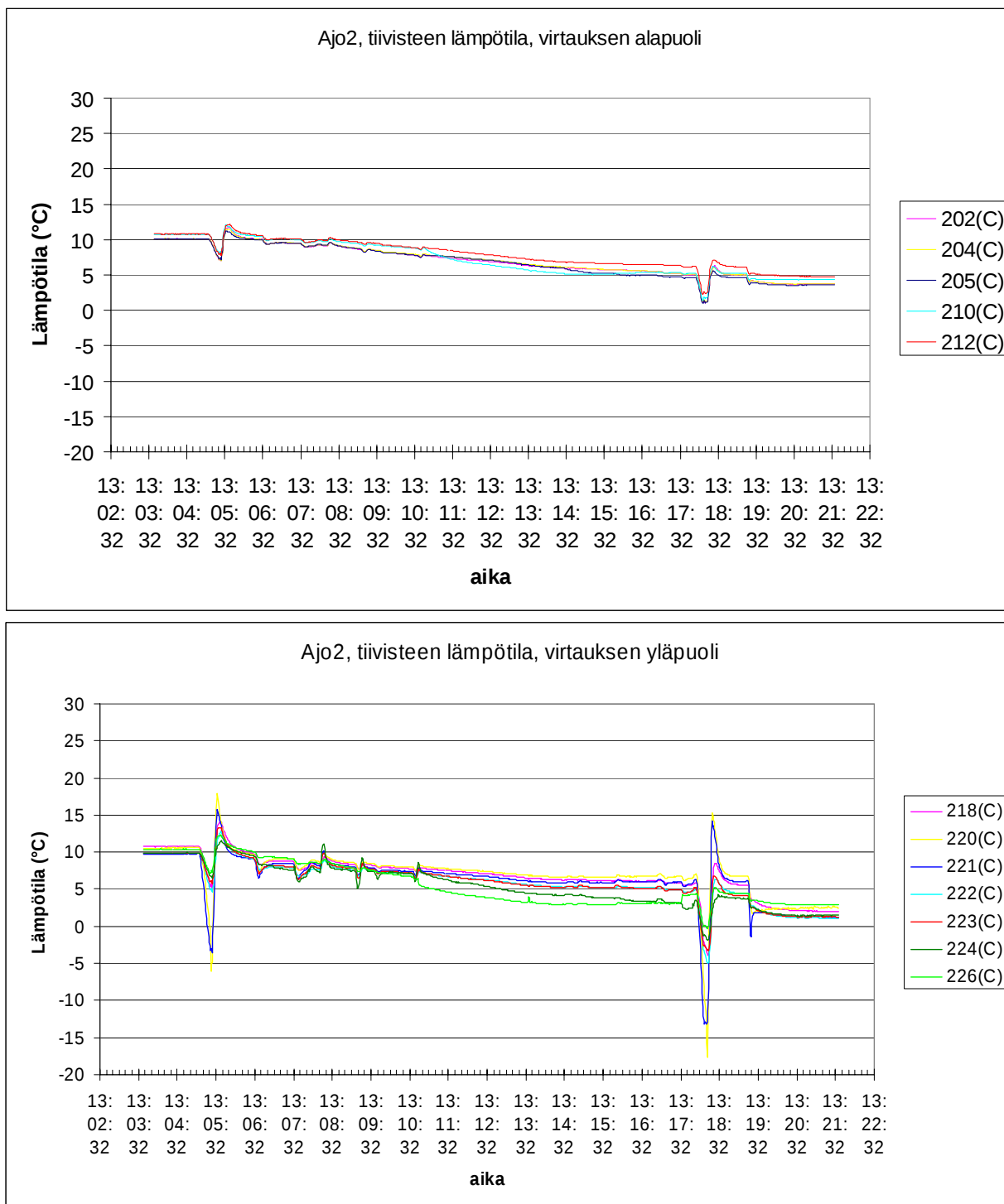
Kuva 11 Ajo 1, aikahistoriat. Ylimpänä mikrofonin signaali, sen alla venttiililautasen kiihtyvyys (7Z), paine ennen tutkittavaa venttiiliä ja venttiilin kulma-asento asteina.



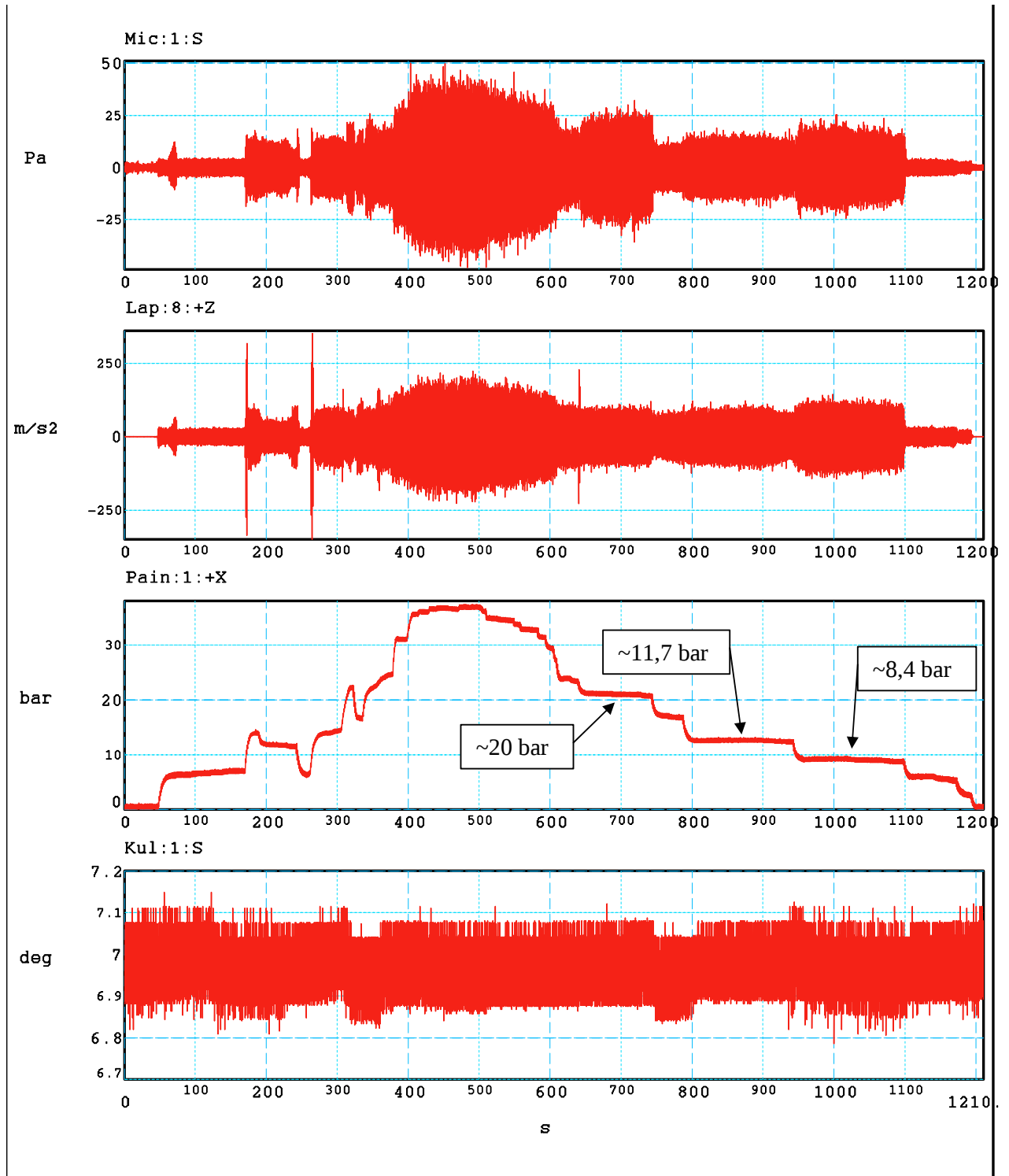
Kuva 12 Ajo 1, lämpötilojen aikahistoriat. Kuvaajien otsikot viittaavat termoelementtien numeroihin (esim. 202 viittaa numeroon 2). Ylimpänä näkyy myös painesignaali.



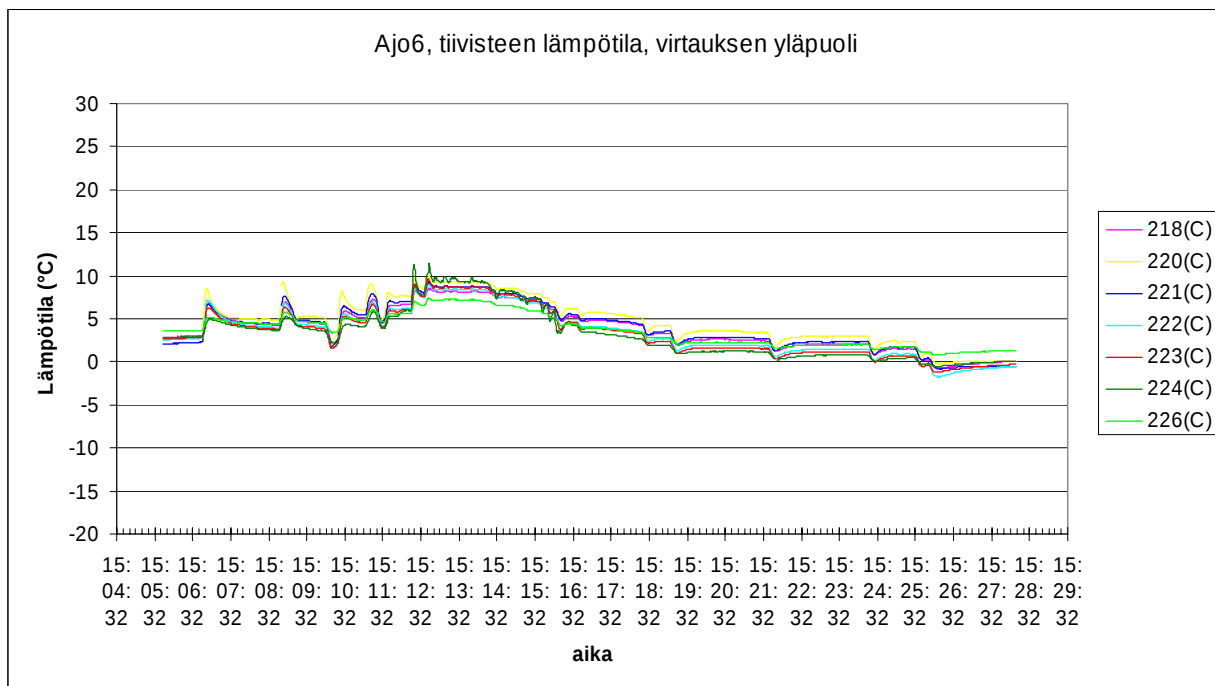
Kuva 13 Ajo 2, aikahistoriat. Ylimpänä mikrofonin signaali, sen alla venttiililautasen kiihtyvyys (7Z), paine ennen tutkittavaa venttiiliä ja venttiilin kulma-asento asteina.



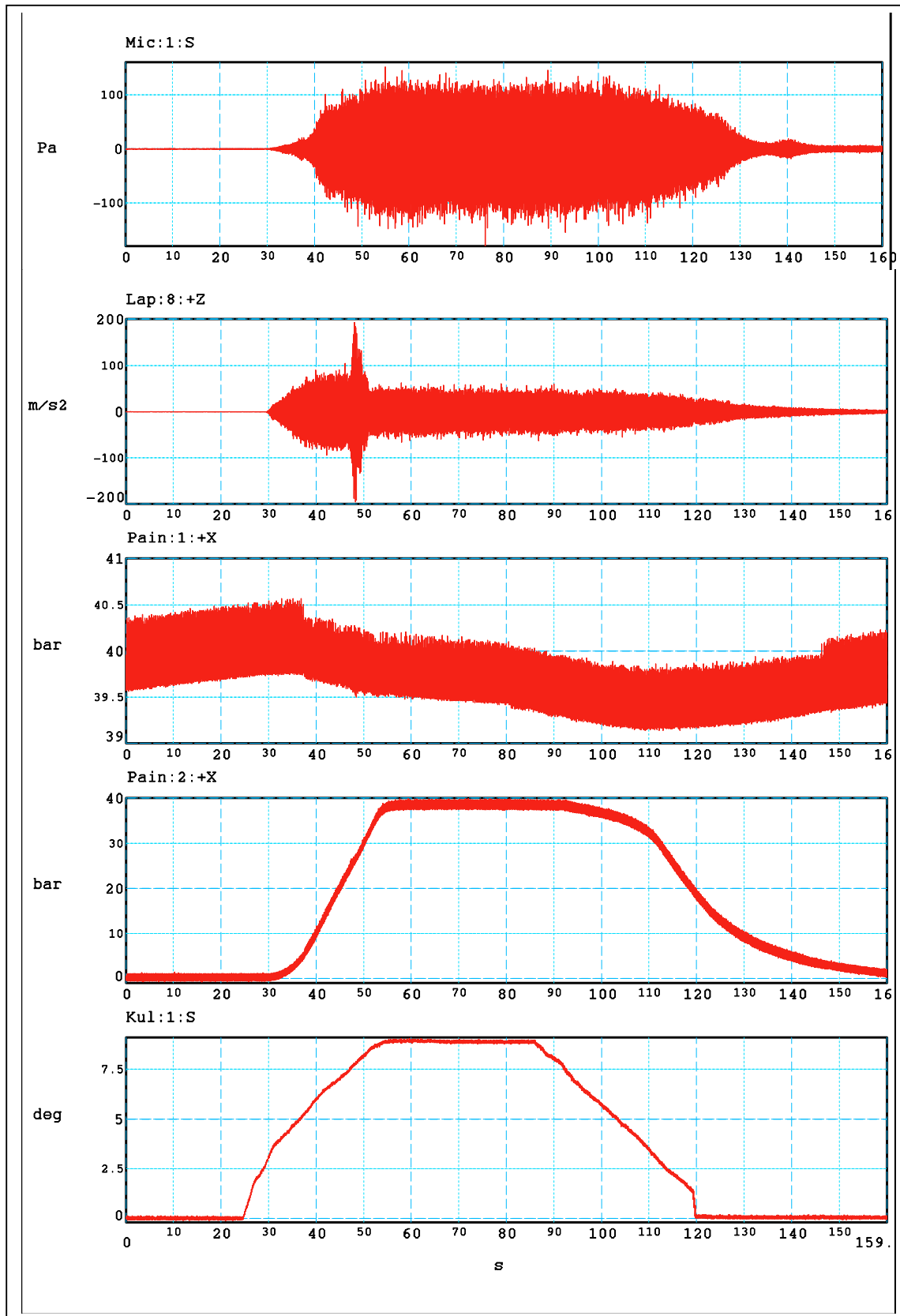
Kuva 14 Ajo 2, lämpötilojen aikahistoriat. Kuvaajien otsikot viittaavat termoelementtien numeroihin (esim. 202 viittaa numeroon 2).



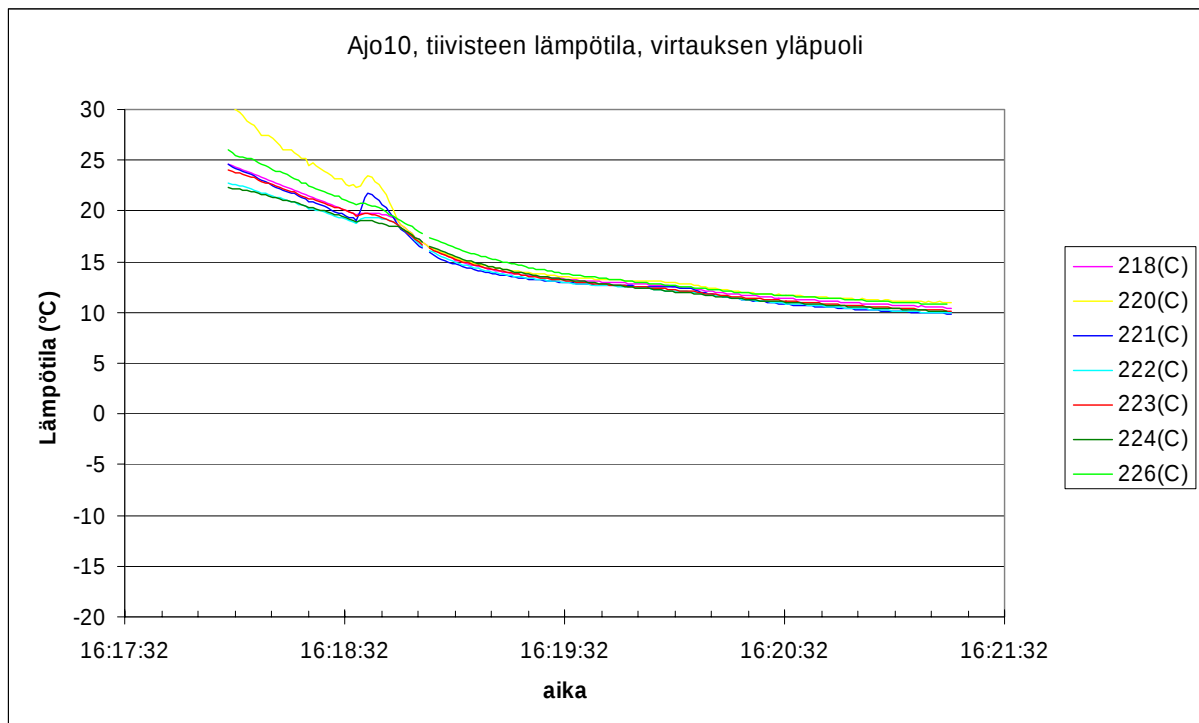
Kuva 15 Ajo 6, aikahistoriat. Ylimpänä mikrofonin signaali, sen alla venttiililautasen kiihtyvyys (7Z), paine ennen tutkittavaa venttiiliä ja venttiilin kulma-asento asteina.



Kuva 16 Ajo 6, virtauksen yläpuolisten termoelementtien lämpötilojen aikahistoriat.
Kuvaajien otsikot viittaavat termoelementtien numeroihin (esim. 218 viittaa numeroon 18).



Kuva 17 Ajo 10, aikahistoriat. Ylimpänä mikrofonin signaali, sen alla venttiililautasen kiihtyvyys (7Z), paine ennen tutkittavaa venttiiliä, paine tutkittavan venttiilin jälkeen ja venttiilin kulma-asento asteina.



Kuva 18 Ajo 10, virtauksen yläpuolisten termoelementtien lämpötilojen aikahistoriat. Kuvaajien otsikot viittaavat termoelementtien numeroihin (esim. 218 viittaa numeroon 18).

6.2 Signaalien taajuussisältö

Kokeen "Ajo6" aikana testattava venttiili saatiin värähtelemään siten, että mikrofonin signaalissa ja myös kiihtyvyyssignaaleissa havaittiin selviä resonansseja. Nämä kohdat on merkitty nuolilla kuvaan 15. Signaalien taajuussisällön selvittämiseksi aikahistorioista laskettiin spektrikarttoja. Spektrikartoista nähdään signaalin taajuussisällön kehittyminen ajan funktiona. Kuvassa 19 näkyy äänenpaineen signaalin spektrikartta tämän kokeen ajalta. Kuvassa pystyakselina on aika ja vaaka-akselina taajuus. Kuvasta on selvästi havaittavissa kolme resonanssialuetta 650-750 s, 800-900 s ja 950-1100 s välisillä ajanjaksoilla. Taajuudet ovat noin 1900 Hz, 1660 Hz ja 4250 Hz.

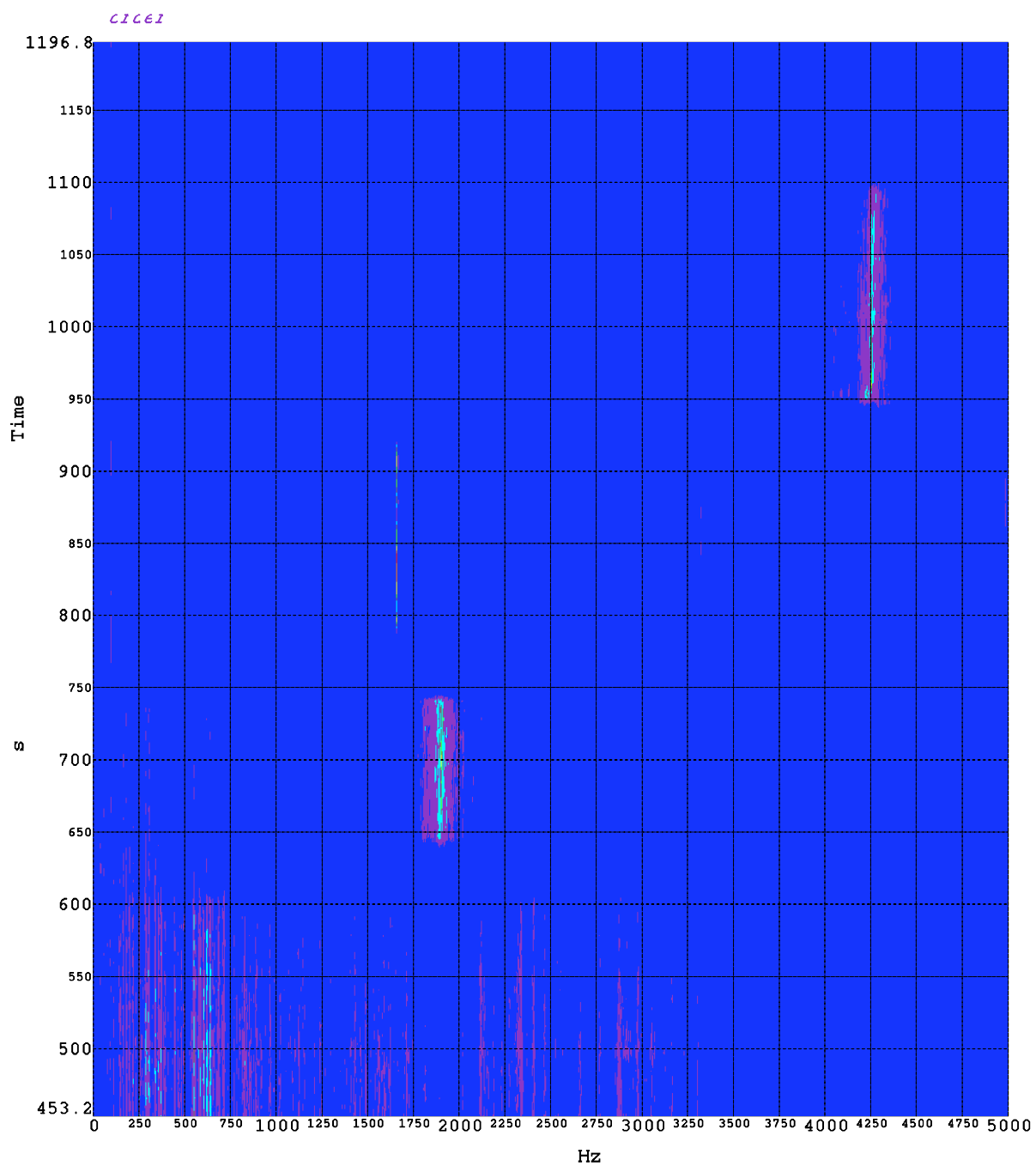
Kuvassa 20 on vastaava spektrikartta venttiililautasen kiihtyvyydestä. Kuvassa nähdään kaksi erittäin kapeata resonanssialuetta samoilla ajankohdilla ja samoilla taajuuksilla. Sen sijaan ensimmäistä resonanssia 650-750 s välisellä alueella ei ole havaittavissa, jolloin tätä voidaan pitää jonkun muun kuin tutkittavaan venttiiliin liittyvänä resonanssina.

Toisen resonanssin kohdalta, jossa paine oli noin 11,7 bar, laskettiin spektri myös keskiarvostamalla noin 100 s. ajalta. Keskiarvostettu autospektri äänenpaineelle ja venttiililautasen kiihtyvyydelle on esitetty kuvassa 21. Venttiilin rungon mittapisteiden kiihtyvyyksiä tarkastelemalla havaittiin, että venttiilin rungossa oli yhtä suuri kiihtyvyydestaso tällä taajuudella venttiililautasen pinnan normaalin suuntaan kuin venttiililautasessakin. Tämä resonanssi ei siis ole pelkästään venttiililautasen resonanssi, vaan siinä on mukana erittäin vahvasti myös koko venttiilin runko. Kuvassa 22 on esitetty venttiililautasen ja venttiilin rungon signaalien autospektrit integroituna siirtymiksi. Tästä nähdään, että siirtymät tällä taajuudella ovat erittäin pieniä (noin 0,08 μm).

Kokeen "Ajo6" kolmannen resonanssin kohdan keskiarvostetut autospektrit on esitetty kuvassa 23. Tässä resonanssissa (4250 Hz) venttiilin runko ei ollut läheskään yhtä voimakkaasti mukana. Siirtymät ovat kuitenkin vielä pienempiä tällä taajuudella kuin toisen resonanssin tapauksessa.

Test identification:	
Primary identification:	Mic:1:S
Function class:	autopower_spectr
Function qualifier:	peak_amplitude

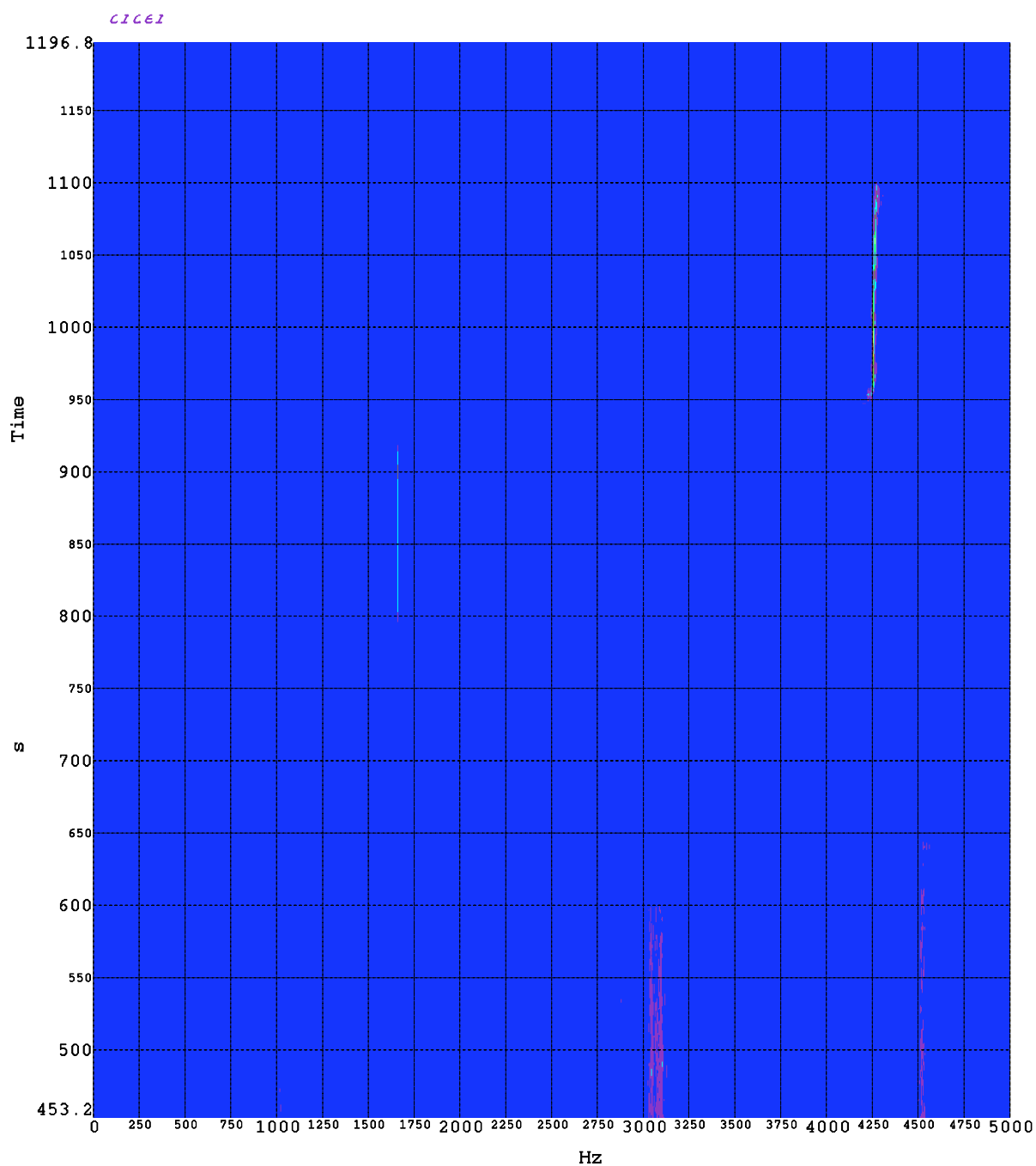
Pa	Amplitude
2.0125	2.3
1.725	2.0125
1.4375	1.725
1.15	1.4375
0.8625	1.15
0.575	0.8625
0.2875	0.575
0	0.2875



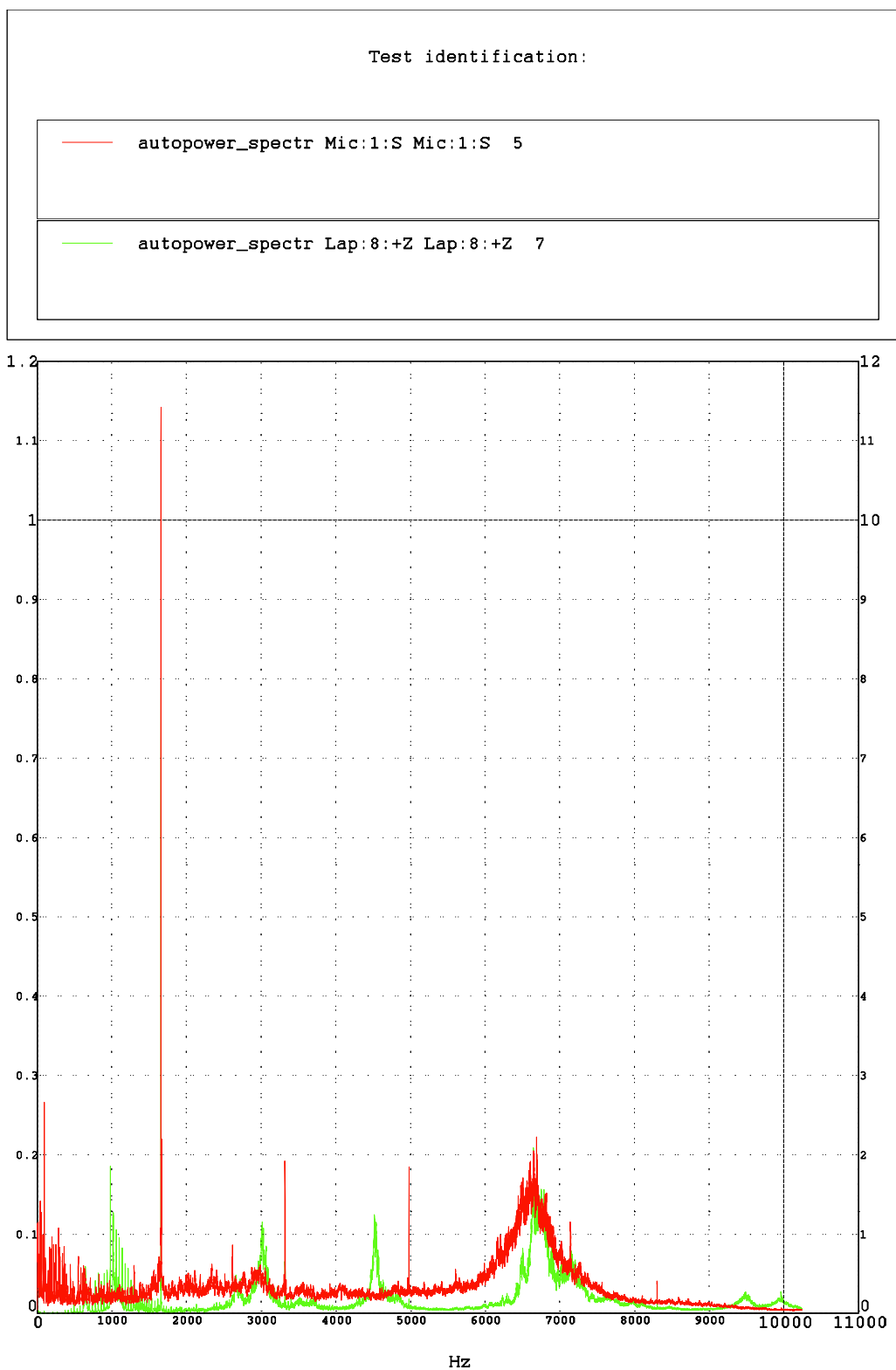
Kuva 19 Mikrofonin signaalin spektrikartta kokeessa "Ajo 6".

Test identification:	
Primary identification:	Lap:8:+Z
Function class:	autopower_spectr
Function qualifier:	peak_amplitude

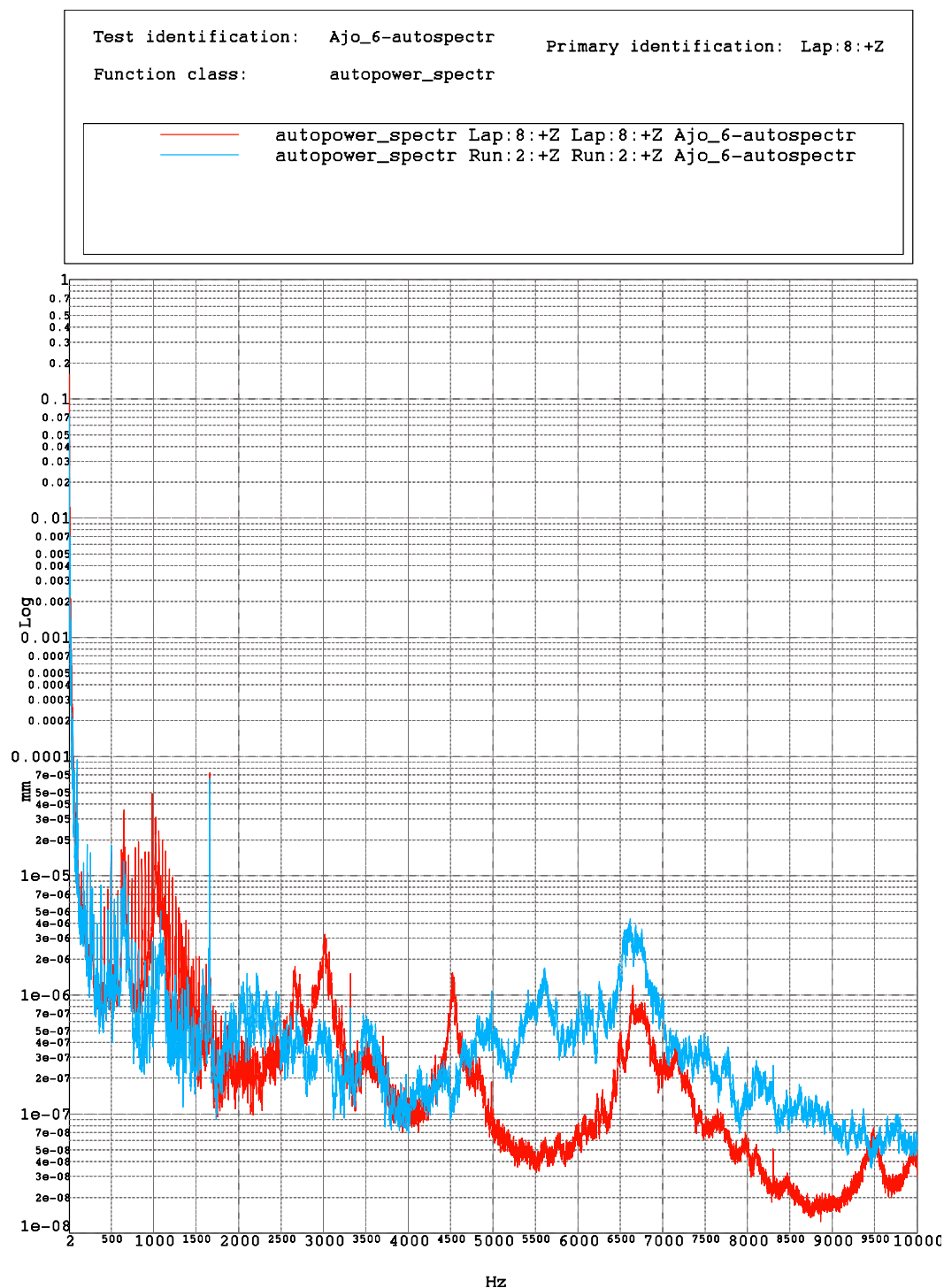
m/s ² Amplitude	
23.625 - 27	
20.25 - 23.625	
16.875 - 20.25	
13.5 - 16.875	
10.125 - 13.5	
6.75 - 10.125	
3.375 - 6.75	
0 - 3.375	



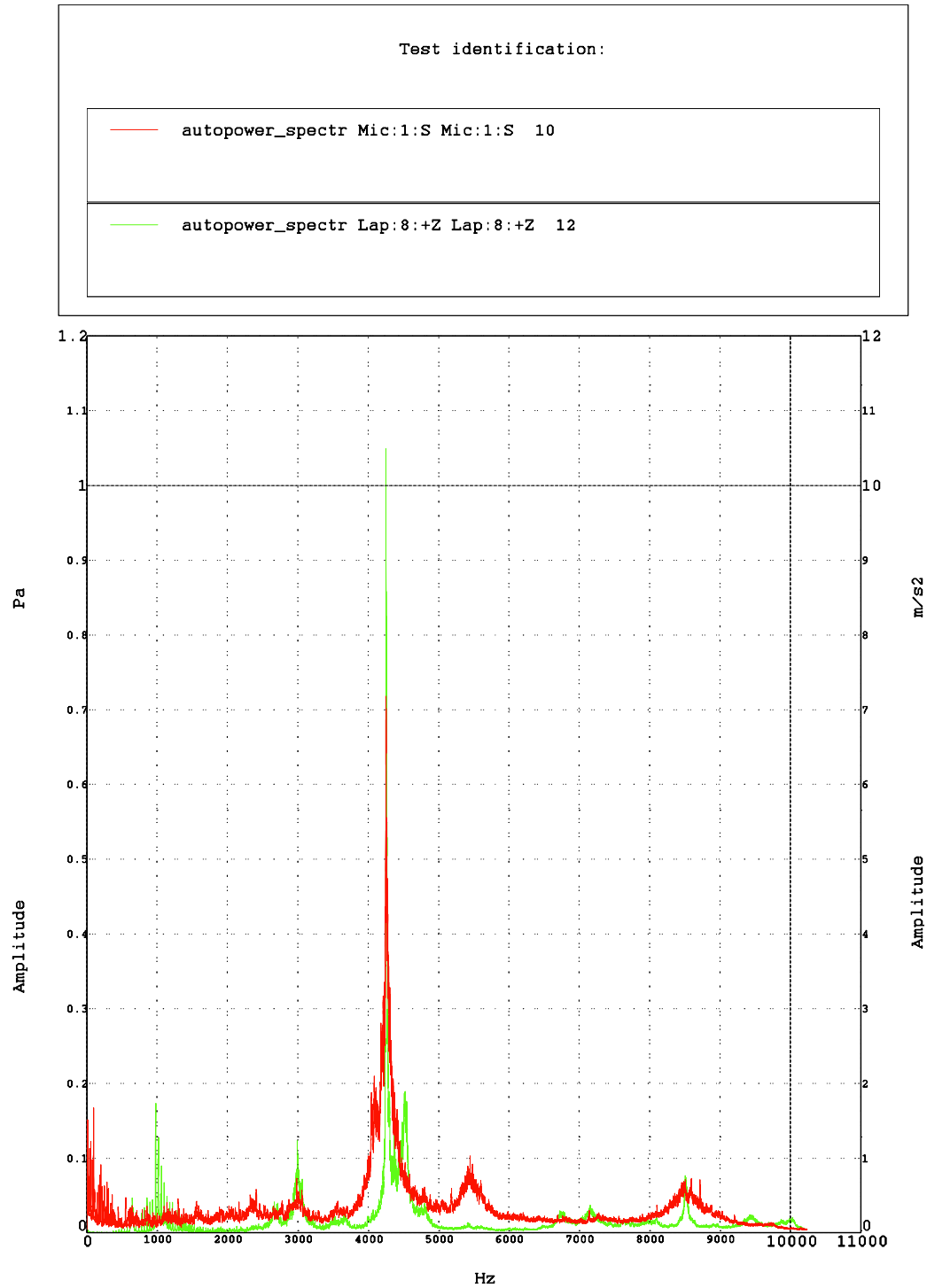
Kuva 20 Venttiililautasen kiihtyvyyden signaalin spektrikartta kokeessa "Ajo 6".



Kuva 21 Ajo 6, paine ~11,7 bar. Mittapisteen 8 kiihtyvyyden amplitudi 1660 Hz kohdalla on noin 8 ms^{-2} (ei näy resonanssiinkin kapeuden vuoksi mikrofonin autospektrin alta).



Kuva 22 Ajo 6, paine ~11,7 bar. Venttiililautasen ja venttiilin rungon siirtymien autospektrit.

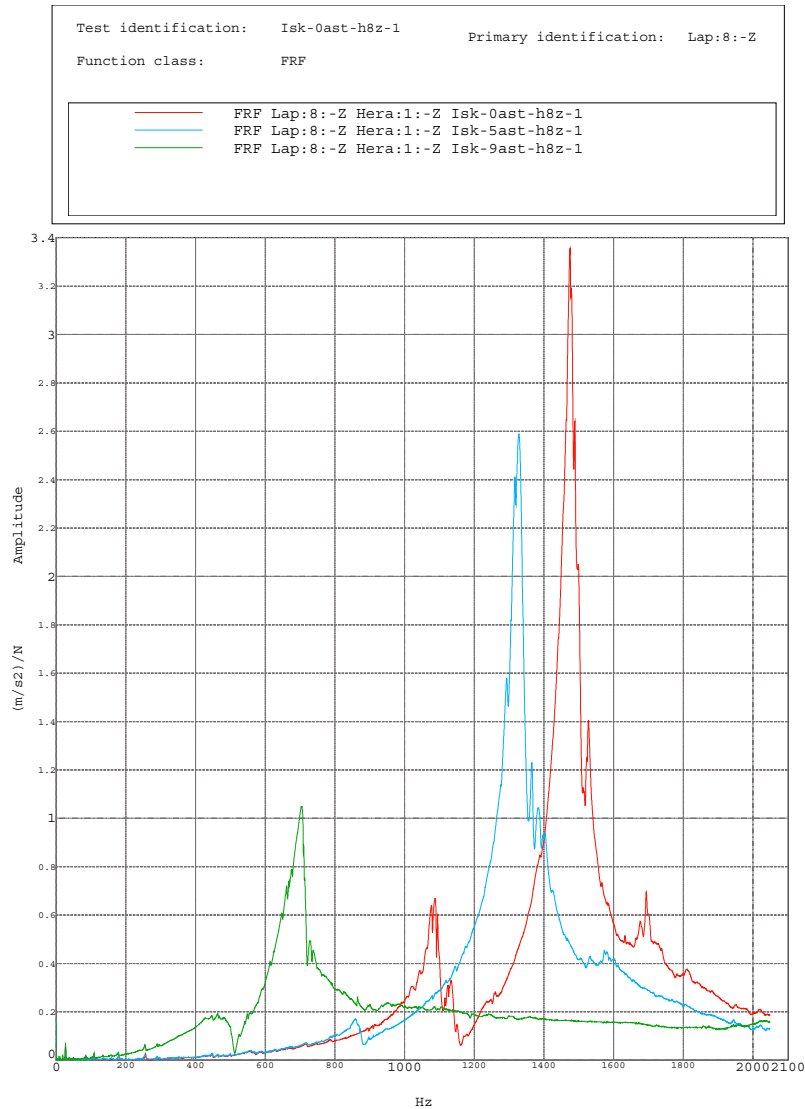


Kuva 23 Ajo 6, paine ~8,4 bar. Mittapisteen 8 kiihtyvyyden ja äänenpaineen autospektrit.

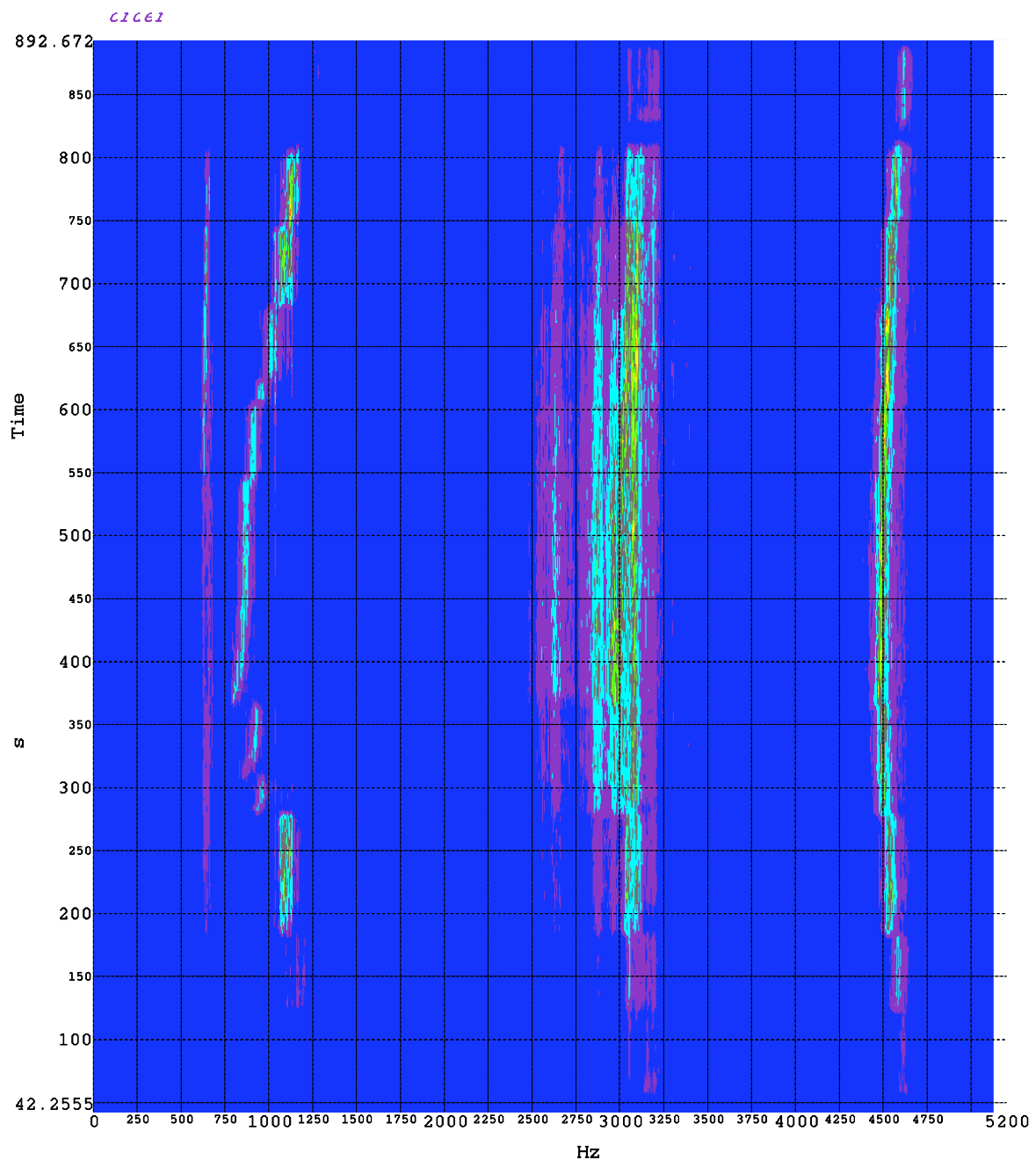
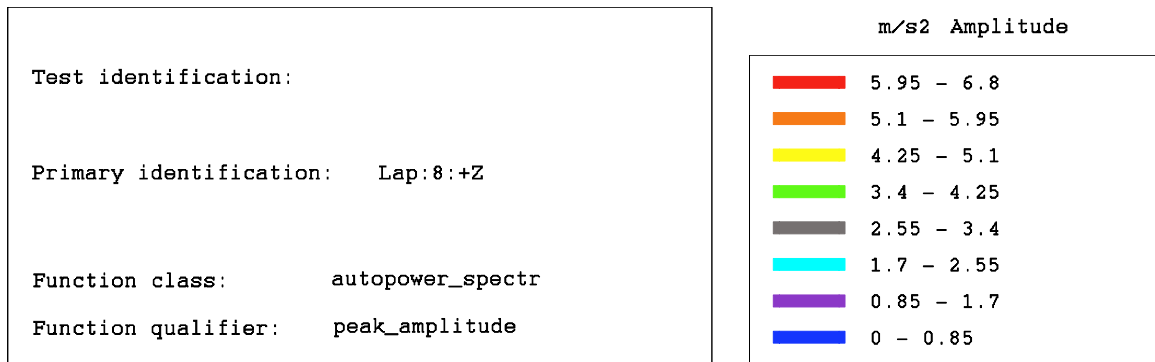
Venttiililautasen alimpien ominaistajuuksien selvittämiseksi ennen varsinaisia kokeita tehtiin taajuusvastemittauksia. Mitattuja taajuusvasteita kolmella eri venttiilin asennolla on esitetty kuvassa 24. Herätepiste ja vastepiste ovat olleet venttiililautasessa pisteessä 8 lautasen normaalin suuntaan. Kuvasta nähdään, että venttiilin alin selvästi herännyt ominaistajuus muuttuu noin 700 Hz:n ja 1500 Hz:n välillä venttiilin asennosta riippuen. Venttiililautasen tuenta (reunaehdot) muuttuu radikaalisti venttiiliä avattaessa kiinni asennosta, mistä johtuen myös ominaistajuudet muuttuvat.

Tämä resonanssi myös heräsi kokeen "Ajo2" aikana. Tämä nähdään kuvan 25 venttiililautasen kiihtyvyyden spektrikartasta. Taajuuden muutos on selvästi havaittavissa venttiililautasen kulman funktiona.

Sen sijaan äänen paineen spektrikartassa ei ole havaittavissa mitään merkittävää resonanssia näillä taajuuksilla (Kuva 26).



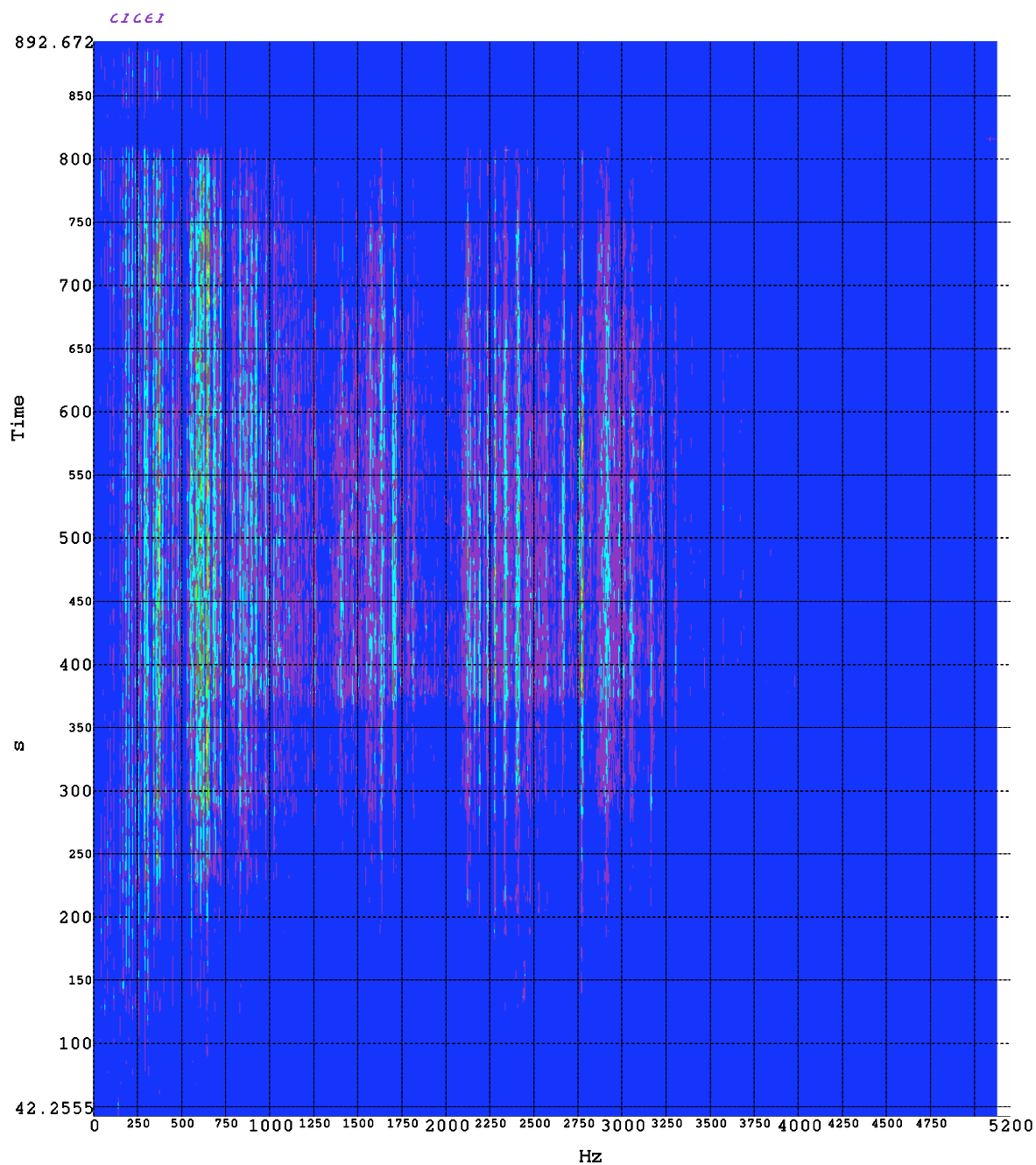
Kuva 24 Taajuusvastefunktio kolmella eri venttiilin asennolla (0, 5 ja 9 astetta): herätepiste ja vastepiste venttiililautasessa pisteessä 8 lautasen normaalin suuntaan.



Kuva 25 Venttiililautasen kiihtyvyyden signaalin spektrikartta kokeessa "Ajo 2".

Test identification:	28Ajo-2
Primary identification:	Mic:1:S
Function class:	autopower_spectr
Function qualifier:	peak_amplitude

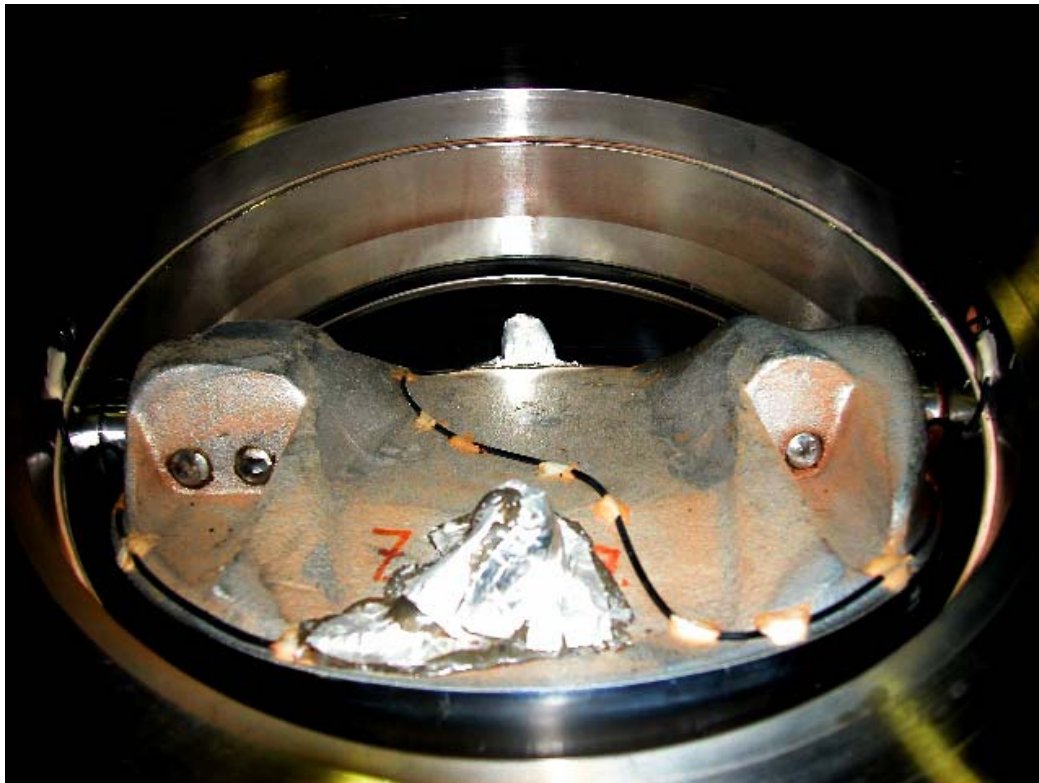
Pa	Amplitude
0.77375 - 0.87	
0.6775 - 0.77375	
0.58125 - 0.6775	
0.485 - 0.58125	
0.38875 - 0.485	
0.2925 - 0.38875	
0.19625 - 0.2925	
0.1 - 0.19625	



Kuva 26 Mikrofonin signaalin spektrikartta kokeessa "Ajo 2".

6.3 Muita havaintoja

Kokeiden aikana havaittiin, että virtaavan ilman mukana tuli säiliöstä jonkin verran likaa (pölyä). Osa tästä liasta näkyi myös tutkittavan venttiilin alavirran puoleisella pinnalla (ks. Kuva 27). Tällä ei ollut kuitenkaan mitään vaikutusta mittauksien onnistumisen kannalta.



Kuva 27 Venttiililautasen alavirran puoli puhalluskokeen jälkeen.

7 Yhteenveto

Kokeessa tutkittavan venttiilin läpi johdettiin ilmaa erillisestä säiliöstä. Venttiilin tiivisteiden lämpötilaa mitattiin tiivisteasennuksen sisältä FS-tiivisteiden ja teflon-tiivisteiden välistä termoelementeillä. Kokeiden aikana mitattiin myös venttiilistä ja venttiililautasesta kiihtyvyyksiä, venttiilin kulma-asentoa, koeputkiston paineita sekä äänenpainetta koejärjestelyn ulkopuolelta.

Venttiilille suoritettiin erilaisia virtauskokeita, joiden aikana painetta, tutkittavan venttiilin asentoa ja myös päätyventtiilin asentoa varioitiin. Kokeissa oli tarkoitus löytää sellaiset ajoparametrit, joilla mahdollinen venttiilin värähtelyilmiö ja venttiilin lämpeneminen saataisiin heräämään. Kokeissa pyrittiin myös simuloimaan mahdollisimman tarkasti onnettomuustilannetta.

Tiivisteiden lämpötilat eivät nousseet venttiilin syttymistä ajatellen kovinkaan korkealle minkään kokeen aikana. Maksimi mitattu lämpötila oli noin 30°C. Venttiililautasen virtauksen yläpuolelta mitatut lämpötilan muutokset olivat hieman suurempia kuin virtauksen alapuolelta mitatut. Lämpötilojen muutokset korreloivat hyvin selvästi paineen muutoksien kanssa.

Kokeiden aikana testattava venttiili saatiin värähtelemään siten, että äänenpaineen signaalissa ja myös kiihtyvyyssignaaleissa havaittiin selviä resonansseja. Näiden taajuuudet olivat kuitenkin melko korkealla (1660 - 4250 Hz), ja siirtymät näillä taajuuksilla olivat erittäin pieniä. Lämpötilojen signaaleissa ei havaittu mitään lämpötilojen nousua näiden resonanssien aikana.

Venttiililautasen hieman matalemmalla taajuudella oleva resonanssi havaittiin myös heräävän kokeiden aikana. Äänen paineen signaalissa ei kuitenkaan ollut havaittavissa mitään suurempia tasoja tällä taajuudella. Lämpötilat eivät myöskään muuttuneet havaittavasti tämän kokeen aikana.

LIITE 7

Terästehtaan happilinjaan putkien elektronimikroskopia ja EDS-analyysit, yhteenveto



Terästehtaan happilinjaan putkien elektronimikroskopia ja EDS-analyysit, yhteenveto

| Tilaaaja: Onnettomuustutkintakeskus



Tilaaaja Onnettomuustutkintakeskus
Tuomo Karppinen
Sörnäisten rantatie 33C
00580 Helsinki

Tilaus 10.8.2004, Klaus Rahka, työnumero G3SU01289.

Käsittelijä Tutkija Tom E. Gustafsson, VTT Tuotteet ja tuotanto, Metallimiehenkuja 8,
PL 1703, 02044 VTT, puh. (09) 456 5404, faksi (09) 463 118, sähköposti:
Tom.E.Gustafsson@vtt.fi.

Terästehtaan happilinjian putkien elektronimikroskopia ja EDS-analyysit, yhteenveto.

Tehtävä Laatia yhteenvetotaulukko raportin TUO75-043817 tuloksista.

Tulokset Tuloksista laadittu yhteenvetotaulukko on esitetty liitteessä 1, taulukko 1.

Espoo, 1.9.2004
VTT TUOTTEET JA TUOTANTO

Erikoistutkija

Jari Koskinen

Tutkija

Tom E. Gustafsson

LIITTEET
JAKELU

1 kpl
Tilaaaja 1 kpl, VTT Tuotteet ja tuotanto /TUO25 /1 kpl



Taulukko 1. TUTKIMUSSELOSTUKSEN NRO TUO75-043817 tulosten perusteella laadittu yhteenvetotaulukko

Terästehtaan näytteet	Kuvanumero	Havainnot kuvista	Havainnot röntgenapektristä (at-%)	Partikkelien todennäköinen tyyppi
1 Putkisilta, sulattolinja 2, happilinja	35	Hienojakoisia rykelmiä ja paperikuituja	O, C, Fe, Al, Si, Ca, Mg, K, S, Cr, Ni, Cl, Cu, Mn	Terästehtaan pölyä
2 Terässulatto happilinja 13.10.-03	37	Isoja partikkeleita ja paperikuituja	O, C, Fe, Al, Cr, Ca, Si, Ni, K, Na, Mn, Mg	Terästehtaan pölyä, isot partikkelit
3 AOD valvomon vierestä "happiputki"	39	Hienojakoisia rykelmiä ja paperikuituja	O, C, Ca, Si, Mg, Fe, Al, Cr, S	Terästehtaan pölyä
4 Näyte 4	40	Musta pala	F, C, O, Si, Ca, Al	Teflon-tiiviste?
VTT näytteenotokohtha		Havainnot kuvista	Havainnot röntgenapektristä	Partikkelien tyyppi
1	2	Pyöreitä ja rykelmiä	O, C, Fe, Si, Cr, Mg, Al, Ca, Mn, Zn, K	Terästehtaan pölyä, silikaattiyhdisteitä
2	4	Pyöreitä, kulmikkaita, rykelmiä ja kuituja	O, C, Si, Fe, Mg, Ca, Al, Cl, K, Cr, Ni, Ti	Silikaattiyhdisteitä
3	6	Pyöreitä muotoja, isoja partikkeleita	yleispektri puuttuu	Terästehtaan pölyä, metallisulapalloja, kloridiyhdisteitä
4	8	Pyöreitä muotoja, isoja partikkeleita, kuituja	C, O, Fe, Al, Cr, Ca, Si, Ni, Mn, S, Cl, Ti	Terästehtaan pölyä, metallisulapalloja
5	10	Pyöreitä muotoja, isoja partikkeleita	C, O, Fe, Cr, Al, K, Ni, Si, Mg, Ca, Na, S, Cl	Terästehtaan pölyä, metallisulapalloja, työstölastuja?
6	12	Pyöreitä muotoja, rykelmiä, kuituja	C, O, Fe, Cr, Ni, S, Al, Si, Mn, Ca, Mg, K, Cl	Ruostetta
7	14	Kulmikkaita muotoja ja rykelmiä	C, O, Fe, Cr, Cl, Si, Ca, Ni, Zn, Mg, S, Mn, Ti, Cu,	Terästehtaan pölyä ja kloridiyhdisteitä
8	16	Kulmikkaita muotoja ja rykelmiä	C, O, Fe, Cl, Cr, Ni, Al, Si, Zn, Ca, S	Ruostetta ja kloridiyhdisteitä
9	18	Pyöreitä muotoja, rykelmiä	C, O, Fe, Zn, Zn, Ca, Cr, S, Al, Si, Mg, Ni, K	Terästehtaan pölyä ja kloridiyhdisteitä
10	20	Pyöreitä muotoja, rykelmiä	C, O, Fe, Cl, Ni, Ca, Cr, Al, Na, Mg	Terästehtaan pölyä ja metallioksidea
11	22	Kulmikkaita ja pyöreitä muotoja	C, O, Fe, Cr, Al, Si, Ca, K, Mg, Ni, S, Zn, Cl	Terästehtaan pölyä ja silikaattiyhdisteitä
12	24	Kulmikkaita muotoja	C, O, Si, Ca, Fe, Cr, S, Al, K, Mg, Na, Ni, Zn, Cl	Terästehtaan pölyä ja alumiini- sekä silikaattiyhdisteitä
Venttiilin läpän reuna kohta 1	26	Kokkare pinnoniteen päällä	O, C, Fe, Cr, Ca, Si, Zn, Cl, Al, Ni, Cu, S, Mg, Mn, K	Pintaan hiertynyttä ruostumatonta terästä, kloridi- ja silikaattiyhdisteitä
Venttiilin läpän reuna kohta 2	26	Pinnoite	Cr, O, C, Fe, Ca, Al, Cl, S, Ni, Cu	Kromattu teräs
Venttiilin läpän reuna kohta 3	26	Pinnoite	Cr, O, C, Fe, Ca, Zn, S, Al, Cl, Ni	Kromattu teräs
13	28	Pyöreitä muotoja	O, C, Cr, Fe, Ni, Si, S, Cl, Na, Ca, Al	Sulanutta ja hapettunutta metallia
14	30	Pyöreitä muotoja	O, C, Fe, Cr, Ni, S, Si, Mn, Al, Zn, Ca	Sulanutta ja hapettunutta metallia
15 Venttiilin läpän jauhe	32	Työstölastuja ja eristekuituja	O, C, Ca, Si, K, Al, Fe, Mg, K, Cr	Spektri eristekuiduista ?
16 Venttiilin läpän "nauha"	33	Pyöreämuotoinen nauha	C, O, Si, Al	Silikonitiivisten jämiä ?
Terästehtaan näytteet 1-3 olivat pyyhintänäytteitä paperille			VTT:n näytteet 1-12 on kerätty alumiiniteipille	

VTT:n nimen käyttäminen mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:stä saadun kirjallisen luvan perusteella.

LIITE 8

Turvallisuustoiminnan tason arviointi

ONNETTOMUUSTUTKINTAKESKUS

TURVALLISUUSTOIMINNAN TASON ARVIOINTI
AvestaPolarit Stainless Oy

5.7.2004

Yli-insinööri Harri Halme
Yli-insinööri Hannu Alen

SISÄLLYSLUETTELO

<u>1</u>	<u>JOHDANTO</u>	3
<u>2</u>	<u>MENETELMÄ</u>	4
2.1	<u>Lainsäädäntö ja hyvät käytännöt</u>	4
2.2	<u>Arvioinnin raja</u> s.....	4
2.3	<u>Etukäteisaineisto</u>	4
2.4	<u>Haastattelut</u>	5
<u>3</u>	<u>TULOKSET</u>	6
3.1	<u>Yleistä</u>	6
3.2	<u>Työsuojelutoiminnan suunnitelmallisuus ja tavoitteellisuus</u>	7
3.3	<u>Ylimmän johdon toiminta</u>	7
3.4	<u>Esimiesten toiminta</u>	8
3.5	<u>Työympäristön tarkkailu ja riskien arviointi</u>	8
3.6	<u>Alihankinnat</u>	9
3.7	<u>Henkilönsuojaimet</u>	9
3.8	<u>Pelastusvalmius</u>	9
3.9	<u>Yhteistyö viranomaisten kanssa</u>	10
3.10	<u>Seuranta ja tarkkailu</u>	10
3.11	<u>Turvallisuusasenteet</u>	11
<u>4</u>	<u>Turvallisuusprofiili</u>	12
<u>5</u>	<u>Yhteenveto</u>	14
<u>6</u>	<u>Lähdeluettelo</u>	15

1 JOHDANTO

AvestaPolarit Stainless Oy:n, 1.1.2004 alkaen Outokumpu Stainless Oy, terästehtaalla sattui 19.9.2003 vakava onnettomuus, jossa menehtyi kolme työntekijää. Happilinjan pääsulkuventtiiliä avattaessa terässulatossa syttyi räjähdysmäinen tulipalo, joka aiheutti huomattavia vahinkoja tehtaalla.

Onnettomuustutkintakeskus selvitti turvallisuustoimintaan liittyviä tekijöitä, joilla voisi olla merkitystä vastaavanlaisten onnettomuuksien ehkäisyssä. Turvallisuustoiminnan tason arvioinnissa pyrittiin ensisijaisesti arvioimaan terässulaton ja tehdaspalvelun toiminta- ja työkäytäntöjä ennen onnettomuutta. Arvioinnissa käsiteltiin myös hapen toimitukseen liittyviä turvallisuusasioita.. Onnettomuuden jälkeen toiminnan menettelyihin on suunniteltu ja toteutettu muutoksia.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää turvallisuustoiminnan tasoa vertailemalla yrityksen toimintaa lainsäädäntöön, toimintaa yrityksen omiin toimintaohjeisiin ja vertailemalla toimintaa yleisesti hyväksi tunnettuihin turvallisuustoiminnan periaatteisiin. Tutkimuksessa keskityttiin peruseriaatteisiin, eikä yksittäisiin puutteisiin.

2 MENETELMÄ

2.1 Lainsäädäntö ja hyvät käytännöt

Selvityksessä on tarkasteltu turvallisuutta ja toimintatapoja toisaalta lainsäädännön vaatimusten suhteen ja toisaalta hyväksi tunnettujen käytäntöjen suhteen.

Työturvallisuuslainsäädäntö, erityisesti työturvallisuuslaki ja sen nojalla annetut lukuisat alemmanasteiset säädökset asettavat vaatimuksia työturvallisuudelle.

Laki räjähdysvaarallisista aineista, kemikaalilaki ja niiden perusteella annetut alemmat säädökset kuten asetus kemikaalien teollisesta käsittelystä ja varastoinnista ovat olennaisia säädöksiä vaarallisten aineiden hallinnassa.

Paineastialainsäädäntö koskee myös tehtaan toimintaa esimerkiksi putkistojen osalta mitä suuremmassa määrin.

2.2 Arvioinnin raja

Turvallisuustoiminnan tason arviointi rajattiin terässulattoon. Kohteena oli terässulaton linjaorganisaatio sekä tehdaspalvelun yksiköjä, jotka vastaavat tuotantohyödykkeistä liittyen hapen käsittelyyn. Toisena haastattelujen kohteena oli tehtaan turvallisuusorganisaatio. Arvioinnin kohteena oli onnettomuutta edeltävä toiminnan taso.

2.3 Etukäteisaineisto

Turvallisuustoiminnan tason arvioimiseksi käytettiin edellä mainittujen säädösten ja ohjeiden lisäksi seuraavia asiakirjoja (tarkemmin lähdeluettelossa):

asiasta laaditut poliisin kuulusteluasiakirjat,
turvatekniikan keskuksen käsittelemä turvallisuusselvitys,
turvatekniikan keskuksen tarkastuspöytäkirjat ja tarkastuskertomukset,
toimintaohjeita keskeisistä työtehtävistä,
työsuojelun toimintaohjelma,
tarkastusta koskevat Lapin työsuojelupiirin pöytäkirjat,
Erilaisia raportteja testauksista,
PI –kuvia,
sisäisiä muistioita ja selvityksiä,
venttiilien teknisiä selvityksiä,
yleisiä ohjeita ja
organisaatiokaavio

2.4 Haastattelut

Turvallisuustoiminnan taso arvioitiin henkilöiden haastattelujen pohjalta. Outokumpu Stainless Oy:stä haastateltiin turvallisuuden kannalta keskeisiä henkilöitä linjaorganisaatiosta ja turvallisuus- ja työsuojeluorganisaatiosta sekä sen lisäksi ulkopuolisten urakoitsijoiden edustajia. Haastateltaville esitettiin samat kysymykset, joilla selvitettiin työ- ja turvallisuusrutiineja. Kysymykset perustuvat aiemmin työturvallisuuden arvioinneissa käytettyihin kysymyksiin (Halme, 1992). Kysymyksiä on käytetty useissa vastaavanlaisissa turvallisuusselvityksissä muunnellen ne kulloisenkin toimintaympäristön mukaan. Kysymykset suunniteltiin niin, että niiden avulla muodostui kuva jokapäiväisistä tehtävistä ja niihin vaikuttavista päätöksistä. Kysymyksillä arvioitiin hyväksi tunnettujen työturvallisuuskäytäntöjen toteutumista organisaatiossa, miten lainsäädännön vaatimukset näkyivät päivittäisinä työkäytäntöinä ja millaista jokapäiväinen turvallisuus ja työsuojelutoiminta oli.

Vastausten perusteella arvioitiin turvallisuustoiminnan tasoa sekä kuvattiin toiminnan tasoa turvallisuusprofiililla.

Haastatellut henkilöt:

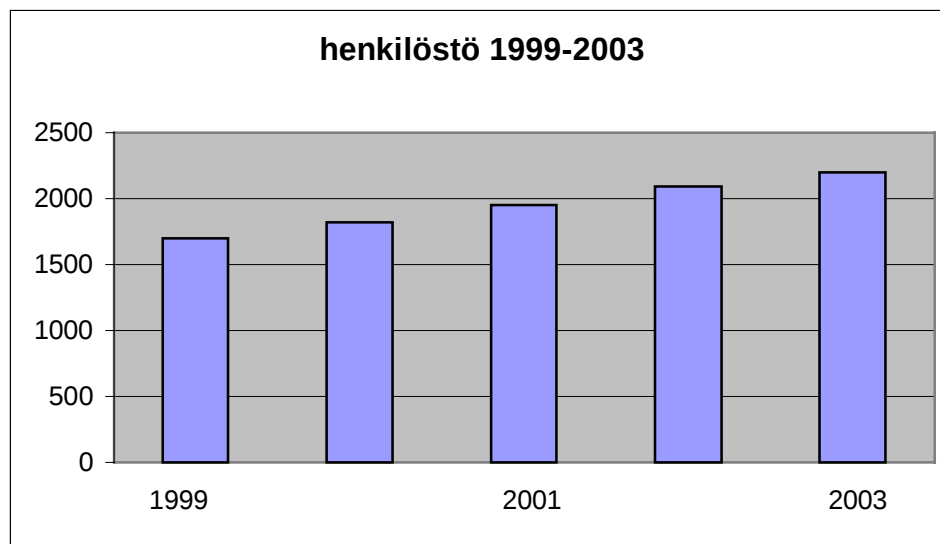
Johtaja Mikko Korteniemi
Johtaja Jussi Yli-Niemi
Hallintojohtaja Risto Liisanantti
Tehdaspalvelun päällikkö Timo Kurtti
Käyttöinsinööri Pasi Määttä
Vastaava työnjohtaja Ahti Kotajärvi
Ryhmäpäällikkö Esa Kalla
Osastoinsinööri Sulo Moilanen
Työnjohtaja Jyri Jauhola
Työnjohtaja Jari Vanhapiha
Käytönvalvoja Marko Ponkala
AOD sulattaja Kari Antman
Suojelupäällikkö Raimo Silvander
Työsuojelupäällikkö Ari-Pekka Taipale
Työsuojeluteknikko Raimo Nettamo
Työhygieenikko Leo Oksanen
Toimihenkilöiden työsuojeluvaltuutettu Teuvo Kvist
Työntekijöiden työsuojeluvaltuutettu Asko Sanaksenaho
Asennusvalvoja Jouko Ramberg

Lisäksi haastateltiin Polar Gas'in edustajaa Hannu Pesolaa ja Kalse Piping oy:n edustajia Jorma Tauriaista ja Jouni Kalamäkeä.

3 TULOKSET

3.1 Yleistä

Työpaikka on ollut voimakkaassa kehityksessä onnettomuutta edeltäneinä vuosina. Terästehtaan laajennus oli aikoinaan Suomen suurin investointiprojekti. Koko tehtaan henkilömäärä on kasvanut alla olevan kuvion voimakkaasti mukaan yli viidellä sadalla neljän vuoden aikana.

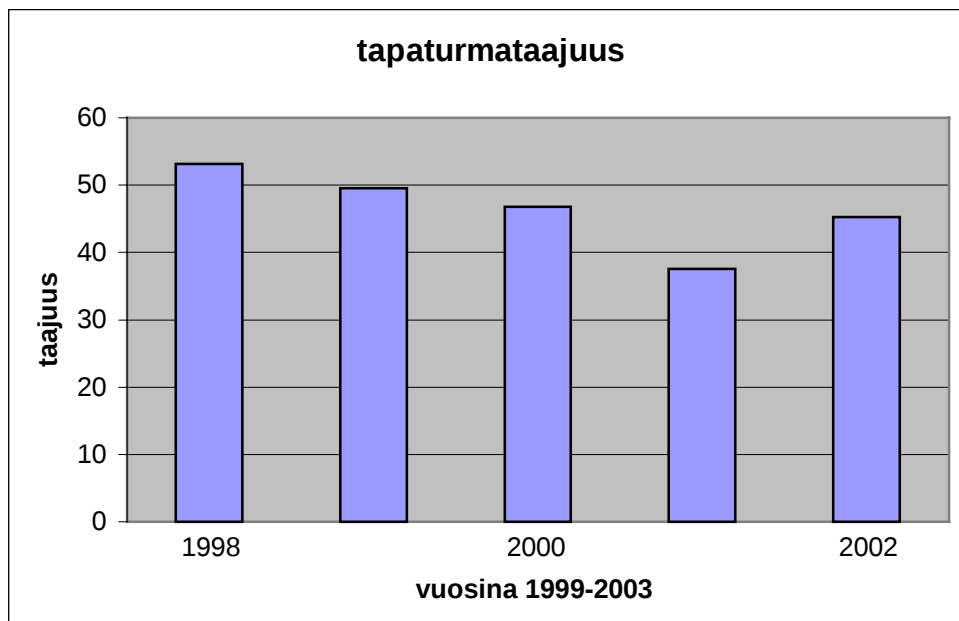


Terässulaton henkilöstö on kasvanut vastaavasti vuodesta 1999, jolloin sitä oli 229 henkeä, vuoteen 2003, jolloin henkilöstöä oli 351. Henkilöstömäärä on kasvanut tuona aikana 65 prosenttia. On vaikea arvioida henkilöstön koulutus- ja työnopastustarpeita tällaisessa kehityksessä, mutta selvää on, että niiden merkitys on erittäin tärkeä. Tehtaalle otettiin uusia työntekijöitä kouluttamalla heitä työllisyyskursseilla ja oppisopimusmenettelyllä, jotka oli räätälöity tehtaan tarpeisiin. Terässulaton alkuperäisestä, ennen investointia olevista työntekijöistä oli entisissä työtehtävissä 20 työntekijää vuoden 2003 lopulla. Opastuksesta ja koulutuksesta vastasi suurelta osin tehtaan oma henkilöstö, joka myös siirtyi projektin kuluessa uusiin työtehtäviin.

Avesta Polarit Oy:n Tornion tehtaiden työtapaturmataajuus on ollut laskeva, mutta tapaturmia on sattunut edelleen paljon. Tapaturmataajuus oli 53,2 vuonna 1998 ja 45,4, vuonna 2003, katso taulukko seuraavalla sivulla. Virallisen tapaturmatilaston (yli 3 päivän poissaolo) mukaan perusmetallien valmistuksen tapaturmataajuus on 28,8. Myös vakavia tapaturmia on sattunut. Työsuojelupiiri on tutkinut useita vakavia tapaturmia ja niistä on myös tehty ilmoituksia syyttäjälle. Parhaillakin haastattelujen aikana syyttäjällä oli tutkittavanaan yksi tapaus.

Tapaturmataajuus on selvästi korkea, esimerkiksi Imatra Steel Oy (puhelintiedustelu) ilmoittaa tapaturmataajuuden olleen 35,3 vuonna 2003 ja tässä luvussa on kaikki poissaoloon johtaneet tapaturmat. Vastaavasti Boliden'in kuuluva Harjavalta Coppers Oy:n (aiemmin Outokumpu Metals) luvut ovat 10 vuonna 2002 ja 7 vuonna 2003 (puhelintiedustelu). Siellä kunnossapito on ulkoistettu ja jos sen henkilöstön tapaturmat lasketaan mukaan, tapaturmataajuus on hieman korkeampi. Rautaruukin tapaturmataajuus on ollut vähän yli kolmekymmentä ja kehitys on ollut lasussa viime vuodet. Vuonna 2002 tapaturmataajuus siellä oli 26 tapaturmaa miljoonaa työtuntia kohden (suojelutoiminnan vuosiraportti 2002). Kaksi ulkomaalaista vastaavanlaista yritystä ilmoittaa vuosiraportissaan menetettyihin työpäiviin johtaneiden tapaturmien suhteeksi (miljoonaa työtuntia kohden, Lost Time Injury Frequency Rate) 1,8 (Blue Scope Steel) sekä 7,5 (Corus-group) vuonna 2003 (yritysten kotisivut).

Rakennusprojektiin ja uusille tuotantolinjoille henkilöstö otettiin osa käyttöhenkilökunnasta, mutta myös ulkopuolelta palkattiin projektiammattilaisia. Tuotannosta irrotettuja henkilöitä käytettiin prosessin vaatimusten erityisasiantuntijoina. Projektin aikana tuotanto toimi lähes normaalisti. Töitä ja tehtäviä oli paljon. Koulutus- ja työnopastustehtävät, uusien asioiden oppimisvaatimukset



kuormittivat henkilöstöä. Projektiin nimetyt käyttöhenkilöt osallistuivat laitteistojen asennuksiin ja käyttöönottoon ja opettelivat samalla tuntemaan laitekantaa ja eroja vanhaan järjestelmään. Sekä käyttöhenkilöstö että projektihenkilöstö joutuivat kovalle.

Tehdasalueella toimii jatkuvasti suuri joukko ulkopuolisia yrittäjiä alihankkijoina ja erilaisissa osaprojekteissa. Haastatteluissa tuli esille, että asennusvalvonnan asettamat turvallisuusvaatimukset olivat kirjavia. Esimerkiksi rakennusvaiheen aikana ulkopuolisia valvojia oli kymmeniä.

Selvityksessä ei tullut esiin, että johto olisi asettanut projektille turvallisuustavoitteita. Yhden henkilön lisäys työsuojeluorganisaation oli tarkoitettu projektinaikaisen turvallisuusasioiden varmistamisen tueksi, lähinnä sisäiseen tarkastukseen.

3.2 Työsuojelutoiminnan suunnitelmallisuus ja tavoitteellisuus

Konserni oli ilmaissut halunsa parantaa työturvallisuutta. Halu ilmaistiin konkreettisenä tapaturmien alentamisen tavoitteina, jotka konserni antoi vuonna 1999. Myös tehtaan johto ”liputti” työturvallisuuden kehittämiseksi. Se käsiteli konsernin antamat tavoitteet ja asetti niistä osasto-kohtaisia tavoitteita tehtaalle. Osastojen työsuojelutoimikunnat käsitelivät tavoitteita ja johto esitti ainakin kahta uutta työtapaa otettavaksi käyttöön tässä yhteydessä. Ne olivat työnjohdon pitämä työsuojeluvartti ja työsuojelupari –toiminta.

Työsuojelutoiminta ei käynnistynyt suunnitelmien mukaisesti eikä työturvallisuuden kehittämisen lähtenyt alkuun toivotulla tavalla. Myös seuranta oli puutteellista.

3.3 Ylimmän johdon toiminta

Työsuojelutoiminnalle asetettiin ylätasolla tavoitteet vuonna 1999. Tavoitteita ei kuitenkaan onnistuttu muuttamaan arkipäivän toiminnoiksi ja koko organisaation tasolla oli eroja osastojen välillä. Palaverikäytännöissä tavoitteita vietiin kuitenkin organisaatiossa alaspäin. Organisaation halu tai ehkä enemmänkin tahto kehittyä turvallisuusasioissa hyväksi puuttui tai sitä ei pystytty ainakaan konkretisoimaan. Turvallisuustoiminnan sisältöä voi luonnehtia niin, että toiminta keskittyi edelleenkin traditionaalisella tavalla säännösten ja määräysten täyttämiseen.

Linjaorganisaation haastatteluissa ei pystytty tunnistamaan sellaista, mikä olisi osoittanut tavoitteiden muuttuneen jokapäiväiseksi toiminnaksi. Konkreettisina toimenpiteinä työsuojeluparitoiminta ja työsuojeluvartti eivät käynnistyneet kunnollisesti. Osaltaan tähän vaikutti varmaan tehtäiden jatkuva muutos. Tehdaspalvelussa tavoitteellista toimintaa pystyttiin tunnistamaan.

Haastattelujen perusteella voidaan lisäksi sanoa, että osin työsuojelutoiminnassa oli vielä vanhoja toiminnan rasitteita, ennakoluuloja, henkilöstön ja johdon välistä vastakkainasettelua tai edunvalvontanäkökulmaa. Työsuojelutoiminta oli eräänlaisessa siirtymävaiheessa työsuojeluorganisaatiovetoisesta toiminnasta linjaorganisaatiovetoiseen toimintaan ja tavoiteasetteluun.

3.4 Esimiesten toiminta

Haastatteluissa ilmeni, että esimiesten valvonnan taso ja sisältö vaihteli. Vääränlaiseen toimintaan puuttuminen, oikeiden työtapojen korostaminen sekä esimerkkinä toiminen vaihteli. Valvonnalla tässä tarkoitetaan, että työympäristöä, työyhteisön tilaa ja työtapojen turvallisuutta tarkkaillaan jatkuvasti ja epäkohtiin puututaan. Selkeää käsitystä siitä, mitä työnantaja halusi esimiehiltä tässä suhteessa ei haastatteluissa tullut esille.

Ylin johto edellytti, että työnjohtajat osallistuvat esimieskoulutukseen. Työnjohtajien työsuojelukoulutusta oli lisätty. Epäselväksi jäi, miten aktiivisesti työnjohto hakeutui sille tarkoitettuun koulutukseen ja miten osallistumista seurataan.

Työjohdolla ja yleisemminkin linjaorganisaatiolla on runsaat palaverikäytännöt. Tämä on mahdollistanut hyvän tiedonkulun. Haastatteluissa ei tiedonkulkua koettu ongelmaksi.

Haastatteluissa tuli esille, vanhemmat ja nuoremmat työnjohtajat voivat toimia eri tavoin. Kuitenkin turvallisuusasioissa ei voida osoittaa eroja iän perusteella. Välittömän työnjohdon tekemisten seuranta ja arviointi työturvallisuustavoitteiden suhteen ei tullut haastatteluissa esille.

Yksi turvallisuustoimintaa kuvaava piirre oli se, miten suuret erot eri osastojen välillä hyväksyttiin turvallisuusmittareissa ja turvallisuustoiminnassa. Haastatteluissa eroja arvioitiin olevan eri osastojen välillä.

3.5 Työympäristön tarkkailu ja riskien arviointi

Työpaikan vaarojen tunnistaminen ja niiden sisältämien riskien arviointi oli puutteellista. Aiemmin sitä ei ole tehty järjestelmällisesti ja kattavasti eri työtehtävistä, vaan riskien arviointimenetelyjä on käytetty erityisten vaarakohteiden selvittämisissä ja osana viranomaisten (TUKES) asettamia vaatimuksia sekä uusien laitteiden käyttöönoton yhteydessä. Toiminta on tullut määrätietoisemmaksi vasta viime aikoina. Osastojen välisiä eroja saattaa kuitenkin olla.

Työohjeet ovat perustuneet enemmän koneiden ja laitteiden mukana tulleisiin laitetoimittajien ohjeisiin kuin itse työsuorituksesta lähtevään ohjeistukseen. Näin myös työohjeiden sisältämä turvallisuusnäkökulma on ollut ohut ja irrallaan ympäristöstä.

Haastattelujen perusteella voidaan arvioida, että myös työohjeisiin, työsuoritukseen liittyvien vaarojen ja oikeiden työtapojen dokumentaatio on ollut puutteellista. Esimerkiksi happilinjän työohjeet olivat varsin suppeat ja osin ristiriitaiset.

Ulkopuolisen asiantuntijan avulla on tehty lähinnä suuronnettomuuteen ja uusien laitteiden käyttöönottoon liittyviä riskien arviointeja. Tällöin on käytetty HAZOP-tai potentiaalisten ongelmien (POA) menetelmää. Oma henkilöstö on ollut näissä arvioinneissa avustavina asiantuntijoina. Lisäksi kansainväliset paloalan konsultit ovat arvioineet paloturvallisuutta.

Terässulatto vastasi happilinjasta sulaton sisällä ja tuotantohyödykkeistä vastaava tehdaspalvelu vastasi happilinjasta sulaton seinään asti happitehtaalta.

Haastatelluista henkilöistä osa oli tehdaspalvelusta. Henkilöiden haastatteluissa tuli esille, että eri osastoilla oli erilainen toimintakulttuuri ja panostus esimerkiksi työohjeiden laadintaan on erilaista.

Rakennusaikainen toiminnan tarkkailu oli säännöllistä viikkotarkastuksineen. Tähän velvoitti jo rakentamista koskevat työturvallisuutta määräykset.

Normaalin tuotantotoiminnan työsuojelutarkkailu vaihteli siksi, että eri esimiehet saattoivat olla kiinnostuneita eri asioista tai olla puuttumatta tilanteisiin. Asennusvalvojille oli annettu ohjeeksi, että heidän piti suorittaa työsuojelun tarkkailua omalta osaltaan omissa työkohteissaan.

3.6 Alihankinnat

Happilinan suunnittelu ja laitetoimitukset oli ulkoistettu. Tehtaalla oli oma putkistovastaava. Putkiston urakoitsija vastasi myös putkistoon liittyvistä paineastiatarkastuksista ym. Happilaitteiston asiantuntemus hankittiin kaasualan toimittajalta. Toimitukseen sisältyi myös kaasuntoimittajien eurooppalaisen järjestön toimittamat ohjeet tai ainakin ne oli annettu tiedoksi.

Kaikki tehdasalueella työskentelevät ulkopuoliset joutuvat osallistumaan koulutuksen, jossa esitellään talon tavat ja turvallisuusperiaatteet. Osa alihankkijoista on osallistunut pilottityyppiseen itsearviointi –koulutukseen, jossa ne joutuivat arvioimaan oman turvallisuustoimintansa.

Valvojista suurin osa oli ulkopuolisia. Valvojien konkreettisena turvallisuustehtävänä on tarkastaa, että tehdasalueelle tulevat alihankkijat ja heidän työntekijänsä olivat käyneet turvallisuuskoulutuksen.

Valvojien työhön kuuluivat työmaakokoukset ja tarkastukset. He osallistuivat myös alueillaan työsuojeluorganisaation tarkastuksiin. Haastatteluissa tuli esille, että valvojilla oli vaihteleva puuttumiskynnys työsuojelumääräysten vastaiseen toimintaan. Laiminlyönteihin ei helposti puututa.

3.7 Henkilönsuojaimet

Työsuojeluyksikkö hoitaa keskitetysti henkilönsuojainten hankinnat. Työsuojeluorganisaatio on hoitanut suojainpolitiikkaa.

Haastatteluissa tuli esille, että joskus suojainkeskustelu on ollut myös edunvalvontaa. Tämä on heijastusta vanhasta toimintatavasta, jossa työturvallisuustoiminta ei ollut linjaorganisaation toteuttamaa jokapäiväistä työtä. Suojainten käyttö ei aina perustunut riskinarviointiin ja sen avulla määriteltyn tarpeeseen.

Henkilönsuojainten käyttöaste vaihteli. Haastatteluissa tuli esille, että puuttumiskynnys suojainten käytön laiminlyönteihin ei ole ollut yhdenmukaista.

Esimiehet eivät toimineet malliesimerkkinä suojainten käytön suhteen, vaan suojainten käyttöaste vaihtelee myös heillä.

Haastatteluissa todettiin, että alihankkijoitten suojainten käyttöaste on vielä kirjavampi kuin oman henkilöstön. Esimerkkinä mainittiin esimerkiksi kunnollisten putoamissuojainten käyttö.

3.8 Pelastusvalmius

Tehdas sijaitsee maantieteellisesti etäällä kunnallisen pelastusvalmiuden palveluista. Pelastuslaitoksen sijainnista johtuen tehtaalla on organisoitu oma pelastusvalmius, jolla taataan nopea alkutoiminta.

Pelastusvalmiuteen on sidottu määrällisesti suuri joukko henkilöitä, joiden valmiutta pidetään yllä koulutuksella ja jatkuvalla harjoittelulla. Tällä on suuri merkitys onnettomuuden sattuessa, kuten nyt tutkivassakin onnettomuudessa on tullut selvästi esille.

Miesten kuntoa tarkkaillaan, jotta tiedettäisiin esimerkiksi savusukellukseen tarvittavat henkilökohtaiset edellytykset.

Varusteisiin oltiin tyytyväisiä.

Vakavissa tilanteissa ja suurissa harjoituksissa joudutaan riskirajoille. Oman toimensa ohella palomiehinä toimivat eivät voi olla kaikilta valmiuksiltaan ammattilaisen veroisia ja tämä rajoittaa henkilöstön käyttöä. Oman henkilöstön rooli palotehtävissä on toimia ensiryhmänä joka huolehtii rajoittamisesta, hälyttämisestä, pelastamisesta ja varoittamisesta, kunnes ammattilaiset tulevat paikalle.

3.9 Yhteistyö viranomaisten kanssa

Tehtaan ja viranomaisten väliseen yhteistyöhön oltiin suhteellisen tyytyväisiä. Suhtautuminen työsuojeluviranomaisiin vaihteli. Se johtune osaksi siitä, että työsuojelupiiri on joutunut tutkimaan useampia vakavia työtapaturmia ja se on tehnyt niistä myös ilmoituksia syyttäjälle. Yhteistyö Turvatekniikan keskuksen kanssa samoin kuin palo- ja pelastusviranomaisten kanssa koettiin ongelmattomaksi.

Projektin työmaa-aikainen tarkastustoiminta koettiin sujuvaksi, samoin niihin liittyvät lupaprosessit olivat toteutuneet asiallisesti ja joustavasti.

Työsuojeluviranomainen on tehnyt vuosittain kymmeniä rajattuja työoloihin ja työympäristöön kohdistuvia tarkastuksia sekä rakennustyömaalla että tuotannossa.

3.10 Seuranta ja tarkkailu

Seuranta tarkoittaa tässä toiminnan ja tavoitteiden pitemmän aikavälin arviointia ja tarkkailu on lähempänä jokapäiväisen toiminnan ja työympäristön arviointia.

Johto seuraa työturvallisuuden tunnuslukuja johdon palaverissa. Niitä käsitellään myös osastoittain. Myös tehtaan työsuojeluorganisaatio seuraa tunnuslukuja.

Seuranta on tehtaalta traditionaalista tunnuslukujen seurantaa ja yksittäisten tapaturmien selvityä. Seuranta on enemmän reaktiivista taaksepäin katsomista.

Haastattelujen perusteella voidaan arvioida, että toiminnan tarkkailua on lisätty vähitellen, mutta aiemmin se on ollut vähäistä.

Johdon tarkastuskäynnit ovat osa toiminnan tarkkailua ja se on nyt käynnistymässä. Onnettomuushetkellä tällaista toimintaa ei ollut ainakaan systemaattisena. Työsuojelupari –toiminta käynnistyi alussa aika vaatimattomasti, mutta toiminta on kehittynyt. Epäselväksi jäi asetettiin työsuojelupari –toiminnalle tavoitteita ja seurattiinko työsuojeluparien toimintaa ja niiden tekemiä huomioita. Työsuojeluvarti –toiminta voi olla osa tarkkailua tai tiedonvälitystä.

Esimiestoiminnan jokapäiväinen tarkkailu vaihtelee.

Työsuojeluyksiköllä on järjestelmällistä toiminnan seurantaa. Mm sisäinen työsuojelutarkastustoiminta on ollut rutiinia. Osastojen työsuojelutoimikunnat ovat seuranneet turvallisuuden tunnuslukuja.

Osaston johtaja johtaa osaston työsuojelutoimikuntaa.

3.11 Turvallisuusasenteet

Työnteon asenteita leimasi voimakas tekemisen meininki; ”terästä pitää tulla”. Oltiin myös yllpeitä saavutuksista. Turvallisuusasenteet vaikuttivat tuotannolle alisteisilta.

Haastattelujen avulla syntyi vaikutelma, että työprosessit ohjasivat hyvin paljon päivittäisiä toiminta- ja työtehtäviä. Suunnitellut työtehtävät eivät muodostaneet pääosaa päivän sisällöstä useissa töissä. Tämä tarkoittaa sitä, että mennään töihin ja toivotaan häiriötöntä työn kulkua. Varsinkin uuden tuotannon käynnistysvaiheessa häiriöt ja vikatilanteet ovat yleisiä. Häiriöt aiheuttavat paljon ylimääräistä suunnittelematonta työtä ja sotkevat päiväjärjestystä. Tästä myös aiheutuu se, että toiminta on hyvin tuotanto-orientoitunutta, työturvallisuus tai työterveys eivät tule esille eivätkä saa sellaista ennalta ehkäisevää asemaa kuin niiden hyvässä turvallisuustoiminnassa tulisi saada. Prosessien sujussa kaikki menee hyvin, mutta häiriötilanteissa energia menee ongelmien ratkaisuun ja se vahvistaa tuotantopaineissa riskinottoa.

Tehtaalla voitiin tunnistaa riskinottokulttuuri, jossa tietty tehtävä tai työvaihe oli tehty tietoisella riskinotolla tuotannon turvaamiseksi. Työnjohtaja oli voinut itse toimia esimerkkinä.

Turvallisuuskulttuuri on nyt murrosvaiheessa. Tämä onnettomuus ravisteli asenteita varmasti kaikilla tasoilla. Toimintaa, tapoja ja työmenetelmiä voidaan muuttaa. Nämä sitten vaikuttavat osaltaan asenteiden kehittymiseen.

Haastatteluissa tuli esille erot asenteissa käyttöhenkilöstön ja kunnossapitohenkilöstön välillä. Haastattelujen perusteella voidaan arvioida, että kunnossapidossa korostettiin turvallisten työtapojen ja työohjeiden noudattamista.

Turvallisuusasenteissa voidaan tunnistaa puuttumattomuus tai puuttumattomuuden kehä. Kun väärään toimintaa ei ole alusta alkaen puututtu riittävällä tarmolla, siitä on seurannut tietty perinne. Tietynlainen puuttumattomuus on ollut olemassa ja vaikuttanut turvallisuustoiminnan perustaan.

4 TURVALLISUUSPROFIILI

Ylimmän johdon toiminta ja suunnitelmallisuus

		25		50		75	100

Työsuojelutoiminnan suunnitelmallisuus ja tavoitteellisuus

		25		50		75	100

Työnjohdon toiminta

		25		50		75	100

Työympäristön tarkkailu ja riskien arviointi

		25		50		75	100

Alihankinnat

		25		50		75	100

Henkilönsuojaimet

		25		50		75	100

Pelastusvalmius

		25		50		75	100

Viranomaisyhteistyö

		25		50		75	100

Seuranta ja tarkkailu

		25		50		75	100

Turvallisuusasenteet ja kulttuuri

		25		50		75	100

Turvallisuusprofiili

100 pistettä

Turvallisuustoiminta on erinomaista. Se sisältää toiminnan itsearvioinnin ja voimakkaan kehittämiselementin. Henkilöstö tuntee turvallisuusasiat hyvin ja noudattavat sovittuja pelisääntöjä. Aloitet toiminta ja puutteiden tai läheltä piti –tilanteiden raportointi on aktiivista.

75 pistettä

Turvallisuustoiminnassa ei ole puutteita. Toiminnassa erottuu selkeästi halu kehittyä ja kehittää toimintaa. Seuranta ja raportointijärjestelmät ovat toimivat

50 pistettä

Turvallisuustoiminta täyttää säädösten asettamat vaatimukset. Toiminnassa ja työoloissa lieviä puutteita. Tehdyt suunnitelmat ja asetetut tavoitteet eivät ole vielä muuttuneet jokapäiväiseksi käytännöksi Tarkkailu ja seuranta ei toimi kunnolla. Kehittämiselementti vaatimaton.

25 pistettä

Toiminnassa vakavia puutteita ja asenteellista välinpitämättömyyttä.

Turvallisuusprofiilista

Turvallisuusprofiililla halutaan kuvata yksinkertaisella tavalla työsuojelutoiminnan vahvuuksia ja heikkouksia. Yli 50 prosentin pylväällä kerrotaan, että toiminta on tavanomaista eikä vakavia puutteita ole. Olemme arvioineet yllä olevana asteikon avulla toiminnan tasoa haastatteluissa saamiemme vastausten perusteella.

Ylimmän johdon toiminta ja toiminnan suunnitelmallisuus sekä tavoitteet ovat hyvää tasoa. Samoin pelastusvalmiuteen tai yhteistyöhön viranomaisten kanssa oltiin tyytyväisiä.

Toiminnan tarkkailu ja riskien arvioinnin käynnistyminen kaipasi järjestelmällisyyttä. Samoin alihankintatoiminnan turvallisuuden arviointi ja/tai hallinta sekä turvallisuusasenteet arvioitiin muuta alhaisemmaksi.

5 YHTEENVETO

Tuotannon tavoitteiden saavuttaminen on luonnollisesti yrityksen ensisijainen tavoite. Tuotantomenetelmät ja laadullisesti vaativat lopputuotteet syntyvät korkealla teknologialla ja osaamisella. Tähän on tultu kuitenkin niin, ettei teknologian ja valmistusmenetelmien kehittyessä ole pystytty integroimaan työsuojelua tuotantoon vaan se on jäänyt kehityksestä jälkeen. Työsuojelu ei ole pärjännyt tässä kehityskilpailussa. Osittain tämä lienee osaamisen puute. Osittain työnantajan vahva rooli vaikuttaa merkittävästi asenteisiin, myös turvallisuuden kannalta vääränlaisiin. Jos oma paremmuus ja etevyys korostuu tuotannossa liikaa, se voi hämärtää kykyä nähdä puutteita turvallisuudessa ja asenteissa.

Halu kehittyä hyväksi myös työterveydessä ja työturvallisuudessa vaatii pitkäjänteistä työtä. Se on järjestelmällistä ja tavoitteellista toimintaa, joka vaatii vuosia. Ylimmän johdon rooli on ratkaiseva turvallisuuden toteutuksessa. Suuri merkitys on esimieskunnan oikealla käyttäytymisellä ja tinkimättömällä puuttumisella turvallisuuden rikkeisiin. Tätä ei yleensä ymmärretä täysin oikein eikä siihen panosteta riittävästi esimerkiksi esimiesten turvallisuuskoulutuksella.

Turvallisuustoiminnan tavoitteet toimivat paperilla. Tavoitteita ei pystytty jalkauttamaan käytännön toimiksi eikä työsuojelutoiminta tullut osaksi arkipäivän toimintoja. Nyt tässä on näkyvissä selkeä muutos.

Jos virheelliseen toimintaan ei alun alkaen puututa tinkimättömällä asenteella, on vuosien kuluessa asioiden oikaiseminen vaivalloista ja suuritöistä. Se vaatii silloin uutta ja pitkäjänteistä tekemisiin puuttumista, jotta se näkyisi uusina tapoina toimia ja käyttäytyä sekä pitkän ajan päästä kehittyneinä turvallisuusasenteina.

Riskien arvioinnin kehittymättömyys kertoo turvallisuustoiminnan tasosta. Työtehtäviin liittyvä turvallisuustarkastelu ei ollut järjestelmällistä ja kattavaa. Tämä heijastui myös puutteina työohjeissa.

Alihankkijoiden valvonta, osaamisen varmistaminen ja toiminnan hallinta on vaikeaa. On vaikea saada valvojat edellyttämään tasavertaisesti samoja turvallisuusperiaatteita kaikilta. Tehtaalla ei ollut järjestelmää, jolla hallittaisiin ja yhdenmukaistettaisiin valvojien työturvallisuustoimintaa ja vaikutettaisiin tehtaan työsuojelun tasoon. Alihankkijoiden turvallisuuden hallintaa pitäisi pystyä arvioimaan ja sen tarkkailuun ja palautteen antamiseen pitäisi olla järjestelmä.

6 LÄHDELUETTELO

Poliisin kuulemispöytäkirjat: Kalle Tolvanen, Tapio Stihl, Kaartel Mikko, Tero Vakkuri, Timo Saarela, Tomi Tuomela, Heikki Nikula, Ilkka Heikkilä, Kotajärvi Ahti,

Lapin työsuojelupiirin tarkastuspöytäkirjat:

Vuosi 2003 not, 43/2003, 351/2003, 373/2003, 374/2003, 390/2003, 462/2003, 1365/2003, 1409/2003, 1804/2003

Vuosi 2002, not14/2002,15/2002, 24/2002,130/2002,157/2002, 303/2002, 314/2002, 322/2002, 386/2002, 319/2002, 343/2002, 355/2002, 387/2002, 3888/2002, 394/2002, 427/2002, 464/2002, 468/2002, 777/2002, 783/2002,

Vuosi 2001, not 107/2001, 120/2001, 126/2001, 138/2001, 139/2001, 141/2001, 163/2001, 178/2001, 199/2001, 204/2001, 351/2001, 357/2001, 358/2001, 366/2001, 384/2001, 393/2001, 399/2001, 424/2001, 440/2001, 441/2001, 843/2001, 851/2001, 853/2001, 855/2001, 858/2001, 821/2001, 822/2001, 836/2001, 861/2001, 867/2001, 926/2001, 1599/2001, 1614/2001, 162/2001,

TUKES. Onneetomuustutkintaraportti Dnro 4434/06/2003.

TUKES Tiedonvälitys valvontakäynnistä. 23.4.2002.

TUKES OPAS, Hapen turvallinen käsittely ja varastointi. Turvatekniikan keskus 2003.

Outokumpu. Turvallisuusselvitys Outokumpu Polarit Oy. 19.1.2001

AvestaPolarit Chrome Oy AvestaPolarit Stainless Oy. Ympäristö. Esite.

Risto Lautkaski: Happiputkistojen syttymisyyt. Vtt Prosessit. Tutkimusselostus. 2003

Harri Halme: Työturvallisuuden arviointi satamassa. ICHCA:n turvallisuuspaneelin tutkimus no 3. Työturvallisuuskeskus

Turvatekniikan keskuksen selvityspyyntö 23.10.2003

Happiputkien rakentaminen terässulatolle ja vuosihuoltoseisokki. Selvitykset 3.11.2003. Jouko Ramberg

Putkistojen suunniteluasikirjoja, vastuukuvauksia, tarkastus- ja testausraportteja.

European Industrial Gases Association EIGA. Oxygen Pipelin Systems. IGC Doc 13/02E

European Industrial Gases Association EIGA. Cleaning of Equipment for Oxugen Service. Guideline IGC Doc 33/97E

Työohje. Poikkeavat työt/ Alkupää. AOD –konvertteri 2. 23.10.2003

Hazop poikkeamatarkastelu esimerkkejä. Inerttikaasu, happi. 25.4.2002

Hazop poikkeamatarkasteluesimerkkejä.Romukorin siirto. Kuumailman kehitys, kuivaustapah-tuma, Romun kuivaus. 13.02.2002.

Rautaruukki Oy. Selvitys. Happiputkiston vaurio konvertterilla nro 3. Vaurion syiden selvitys. 16.2.1997