



## Tutkintaselostus

B 1/2003 Y

### **Monitoimihallin katon vaurioituminen Mustasaarella 17.1.2003**

Tämä tutkintaselostus on tehty turvallisuuden parantamiseksi ja uusien onnettomuuksien ennalta ehkäisemiseksi. Tässä ei käsitellä onnettomuudesta mahdollisesti johtuvaa vastuuta tai vahingonkorvausvelvollisuutta. Tutkintaselostuksen käyttämistä muuhun tarkoitukseen kuin turvallisuuden parantamiseen on vältettävä.

**Onnettomuustutkintakeskus**  
**Centralen för undersökning av olyckor**  
**Accident Investigation Board Finland**

**Osoite / Address:** Sörnäisten rantatie 33 C      **Address:** Sörnäs strandväg 33 C  
 FIN-00580 HELSINKI                              00580 HELSINGFORS

**Puhelin / Telefon:** (09) 1606 7643  
**Telephone:** +358 9 1606 7643

**Fax:** (09) 1606 7811  
**Fax:** +358 9 1606 7811

**Sähköposti:** onnettomuustutkinta@om.fi tai etunimi.sukunimi@om.fi  
**E-post:** onnettomuustutkinta@om.fi eller förnamn.släktnamn@om.fi  
**Email:** onnettomuustutkinta@om.fi or forename.surname@om.fi

**Internet:** www.onnettomuustutkinta.fi

**Henkilöstö / Personal / Personnel:**

Johtaja / Direktör / Director	Tuomo Karppinen
Hallintopäällikkö / Förvaltningsdirektör / Administrative director	Pirjo Valkama-Joutsen
Osastosihteeri / Avdelningssekreterare / Assistant	Sini Järvi
Toimistos sihteeri / Byråsekreterare / Assistant	Leena Leskelä
Ilmailuonnettomuudet / Flygolyckor / Aviation accidents	
Johtava tutkija / Ledande utredare / Chief air accident investigator	Esko Lähteenmäki
Erikoistutkija / Utredare / Aircraft accident investigator	Hannu Melaranta
Raideliikenneonnettomuudet / Spårtrafikolyckor / Rail accidents	
Johtava tutkija / Ledande utredare / Chief rail accident investigator	Esko Värttiö
Erikoistutkija / Utredare / Rail accident investigator	Reijo Mynttinen
Vesiliikenneonnettomuudet / Sjöfartsolyckor / Maritime accidents	
Johtava tutkija / Ledande utredare / Chief maritime accident investigator	Martti Heikkilä
Erikoistutkija / Utredare / Maritime accident investigator	Risto Repo

---



## TIIVISTELMÄ

Mustasaaren kunnassa sattui 17.1.2003 kello 16.51 onnettomuus, jossa muun muassa urheilukäyttöön tarkoitetun monitoimihallin kattoa putosi katsomon kohdalla yli 150 neliömetrin alueelta.

Monitoimihallissa oli meneillään jalkapalloharjoituksia ja yksittäisiä urheilijoita oli harjoittelemassa juoksuradalla ja muilla suorituspaikoilla. Lisäksi katsomossa oli muutamia jalkapalloa harjoittelevien lasten vanhempia. Kaiken kaikkiaan rakennuksessa oli arviolta 130 henkilöä.

Katolta alkoi kuulua ääntä, jollaista kuuluu, kun lumi liukuu alas katolta. Lumen putoamista katolta suurina laattoina tapahtui vuosittain ja samanlaista ääntä oli kuultu aikaisemminkin. Ääntä kesti joitain sekunteja, jonka jälkeen kuului ryminää ja kaksi erillistä hallin pääkannattajien välissä olutta teräksistä orsirikkoa putosi. Samalla hallin sisään putosi katossa ollutta profiilipeltiä, eristeitä, muovista katemateriaalia ja noin kahta kuorma-autokuormallista vastaava määrä lunta.

Paikalle saapui melko pian sairausauto ja kaksi Mustasaaren pelastuslaitoksen yksikköä. Kaiken kaikkiaan paikalle hälytettiin yhteensä 20 pelastustoimen, sairaankuljetuksen ja poliisin eri yksikköä. Aluksi ei ollut tietoa, oliko pudonneiden rakenteiden ja lumen alle jäänyt ketään, mutta melko pian selvisi, että henkilövahinkoja ei ollut tullut.

Kattovaurion välitön syy oli se, että hallin pääkannattajien väliin asennettujen orsirikoiden kiinnityskorvakkeet irtosivat hitsauksistaan. Yksityiskohta, jonka osalta vaurioitunut halli erosi aikaisemmin rakennetusta toisesta hallista, oli suunniteltu puutteellisesti eikä siihen kohdistuvia kuormituksia ollut otettu kunnolla huomioon. Korvakkeen kestävyyttä ei suunnittelussa ollut varmistettu laskelmilla eikä kukaan muu kuin suunnittelija itse ollut tarkastanut suunnitelmia kriittisesti. Ongelmaksi tällöin tuli se, että virhe yksityiskohdan suunnittelussa pääsi esteettä etenemään koko rakennusprosessin läpi ja johti lopulta katon romahtamiseen.

Tutkinnassa havaittiin lisäksi puutteita pääkannattajien väliin asennettuihin orsirikoihin kohdistuvien kuormien käsittelyssä, vaurioituneessa liitoksessa liittyvien rakenneosien mitoituksessa ja hallin kokonaisjäykistyksessä. Näillä muilla puutteilla ei kuitenkaan ollut ensisijaista vaikutusta kattovaurioon.

Tämä tutkintaselostus julkaistaan samassa julkaisussa Jyväskylässä 1.2.2003 tapahtuneen messuhallin katon romahtamista käsittelevän tutkintaselostuksen kanssa. Molempien tutkintojen yhteydessä laaditut suositukset esitetään yhteisesti kyseisen julkaisun erillisessä suositusosassa.



## SUMMARY

### ROOF OF MULTI-PURPOSE HALL COLLAPSING AT MUSTASAARI, FINLAND, ON JANUARY 17, 2003

On January 17, 2003, at 16.51 hrs, an incident took place in Mustasaari municipality where the roof of a multi-purpose hall – designed among other things, for sports activities – collapsed above the spectator stand, over an area of more than 150 square meters.

At the time of the incident, there were football practices going on and individual sportsmen practising on the running track and elsewhere in the hall. Moreover there were in the stand some parents of children practising football on the ground. According to the estimates, altogether 130 persons were in the hall when the incident occurred.

First a noise was heard as coming from the roof. It was identified as the noise of snow falling down from the roof. Such falling down of snow in big rafts from the roofs of buildings is a regular yearly phenomenon, and hence the noise was quite familiar. The noise lasted for a few seconds and then a crash was heard and two separate beam lattices of steel in between the girders of the hall, collapsed. At the same time profiled steel sheet, insulation materials, plastic roof coating materials and about two truck-loads of snow penetrated into the hall.

Quite soon an ambulance arrived at the scene of the incident, as well as two rescue units of Mustasaari Rescue Service. Altogether 20 rescue service, ambulance and police units had been called to the scene of the incident. At first uncertainty prevailed as to whether someone had been buried by the collapsed structures and layers of snow. But soon it became evident that no personal injuries had resulted from the incident.

The direct cause of the collapsing of the roof was that the fastening brackets of the beam lattices mounted between the hall girders detached from their weldings. The fastening brackets used in the collapsed hall differed from the brackets in the earlier hall; in fact they had been designed insufficiently without due consideration of the loads they would have to endure. Actually the strength of the brackets had not been ensured by design calculations in the planning and design phase, and the plans had been checked only by the planner himself. Therefore this design error in the planning of the component detail could freely move on through the entire construction process and finally cause the roof to collapse.

Furthermore the relevant investigation disclosed shortcomings in the calculations of the loads to be endured by the beam lattices mounted between the girders, in the dimensioning of the structural components connected in the damaged joint, and in the overall bracing of the hall. These secondary shortcomings nevertheless had no direct impact on the collapsing of the roof.

This investigation report is included in the same publication as the investigation report on the collapsing of the roof of an exhibition hall in Jyväskylä, on February 1<sup>st</sup>, 2003. The corresponding recommendations based on both investigations and drawn up jointly, are included in a separate Recommendations Part of the publication referred to.

## ALKUSANAT

Perjantaina 17.1.2003 noin kello 17 tapahtui Vaasan lähellä Mustasaaren kunnassa onnettomuus, jossa osa monitoimihallin kattoa romahti hallin sisään kahdesta kohdasta. Henkilövahinkoja ei tullut.

Onnettomuustutkintakeskus aloitti kattovaurion tutkinnan samana iltana ja arvioi tapahtuman suuronnettomuuden vaaratilanteeksi. Tutkintalautakunnan Onnettomuustutkintakeskus asetti 20.1.2003 onnettomuuksien tutkinnasta annetun lain (373/85, muutos 97/97) 5 §:n 3 momentin nojalla.

Tutkintalautakunnan puheenjohtajaksi nimitettiin johtaja, TKT **Tuomo Karppinen** Onnettomuustutkintakeskuksesta ja jäseniksi erikoistutkija, DI **Tapio Leino** VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikasta ja tutkija, DI **Kai Valonen** Onnettomuustutkintakeskuksesta. Lisäksi tutkintalautakuntaan on nimitetty myöhemmin yli-insinööri, DI **Esa Virtanen** Sosiaali- ja terveysministeriön työsuojeluosastolta. Pelastustoiminnan asiantuntijana on toiminut palopäällikkö **Heikki Ventonen** Raahan palo- ja pelastuslaitokselta.

Tässä tutkintaselostuksessa käsitellään tapahtumat kattovaurion aikaan ja kuvataan lyhyesti tapaukseen liittyvää pelastustoimintaa. Tutkintaselostuksessa kerrotaan tutkinnan tuloksista ja analysoidaan kattovaurioon johtaneita syitä. Tutkinnan ensisijaisena tarkoituksena on turvallisuuden parantaminen, joten syyllisyys ja vahingonkorvauskysymyksiin ei oteta kantaa.

Tutkintaselostus on ollut kommentoitavana asianosaisilla. Kommentit on otettu huomioon tekstiä viimeisteltäessä.

Tutkinnan aikana tutkintalautakunta antoi ympäristöministeriölle onnettomuuksien tutkinnasta annetun asetuksen (79/96) 10 §:n mukaisen ilmoituksen tutkinnassa havaituista turvallisuuteen vaikuttavista puutteista. Ilmoitus on tutkintaselostuksen liitteessä 4.

Tutkintamateriaali on Onnettomuustutkintakeskuksen arkistossa. Arkistoluettelo on tämän tutkintaselostuksen lopussa.

Tämä tutkintaselostus on myös Onnettomuustutkintakeskuksen internet-sivuilla osoitteessa [www.onnettomuustutkinta.fi](http://www.onnettomuustutkinta.fi).



## SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	I
SUMMARY.....	II
ALKUSANAT.....	III
1 ONNETTOMUUS.....	1
1.1 Yleiskuvaus.....	1
1.2 Onnettomuuskohte, tapahtumapaikka ja sääolosuhteet.....	1
1.3 Tapahtumien kulku.....	3
1.4 Pelastustoiminta ja raivaus.....	4
1.4.1 Hälytykset.....	4
1.4.2 Toiminta onnettomuuspaikalla.....	5
1.5 Onnettomuudesta aiheutuneet vahingot.....	7
1.5.1 Henkilövahingot.....	7
1.5.2 Materiaalivahingot.....	7
1.5.3 Ympäristövahingot.....	7
1.6 Tiedottaminen.....	7
2 ONNETTOMUUDEN TUTKINTA.....	9
2.1 Rakennus.....	9
2.1.1 Hallin kattorakenteet.....	10
2.1.2 Rakenteissa havaitut vauriot.....	14
2.2 Olosuhteet.....	17
2.3 Onnettomuuteen liittyvät organisaatiot ja henkilöt.....	18
2.3.1 Hallihankkeen toteutusorganisaatio ja sopimusosapuolten tehtävät.....	18
2.3.2 Rakentamista valvovat viranomaiset.....	20
2.3.3 Rakennuttajan antamat lähtötiedot ja reunaehdot suunnittelulle.....	21
2.4 Pelastustoimen organisaatio ja toimintavalmius.....	22
2.4.1 Mustasaaren kunnan pelastustoimen organisaatio.....	22
2.4.2 Vaasan kaupungin pelastustoimen organisaatio.....	23
2.4.3 Toimintavalmius monitoimihallille.....	23
2.4.4 Pohjanmaan hätäkeskus.....	23
2.5 Poliisin toiminta.....	24
2.6 Tallenteet.....	24
2.6.1 Videovalvontajärjestelmä.....	24
2.6.2 Hätäkeskuksen ja pelastustoimen tallenteet.....	26



2.7	Asiakirjat.....	26
2.8	Suunnittelussa sovellettavat määräykset ja ohjeet.....	27
2.9	Muut tutkimukset.....	31
3	ANALYYSI.....	33
3.1	Onnettomuuden analysointi .....	33
3.1.1	Rakentamis- ja suunnitteluorganisaatio.....	33
3.1.2	Kuormitukset ja rakenteiden kapasiteetti .....	38
3.1.3	Muita havaintoja .....	42
3.2	Pelastustoiminnan analysointi .....	48
3.2.1	Hätäkeskuksen toiminta ja viranomaisradioverkko.....	48
3.2.2	Pelastustoiminta ja johtaminen .....	49
4	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	51
4.1	Toteamukset .....	51
4.2	Onnettomuuden syyt.....	52
5	SUOSITUKSET.....	53

#### LIITTEET

- Liite 1. Muistio lumen poistumisesta hallin katolta
- Liite 2. Orsiristikon ja vaurioituneen liitoksen rakenneanalyysi ja mitoitus
- Liite 3. Hitsien testit
- Liite 4. Onnettomuuksien tutkinnasta annetun asetuksen mukainen ilmoitus onnettomuusuhasta

#### LÄHDELUETTELO





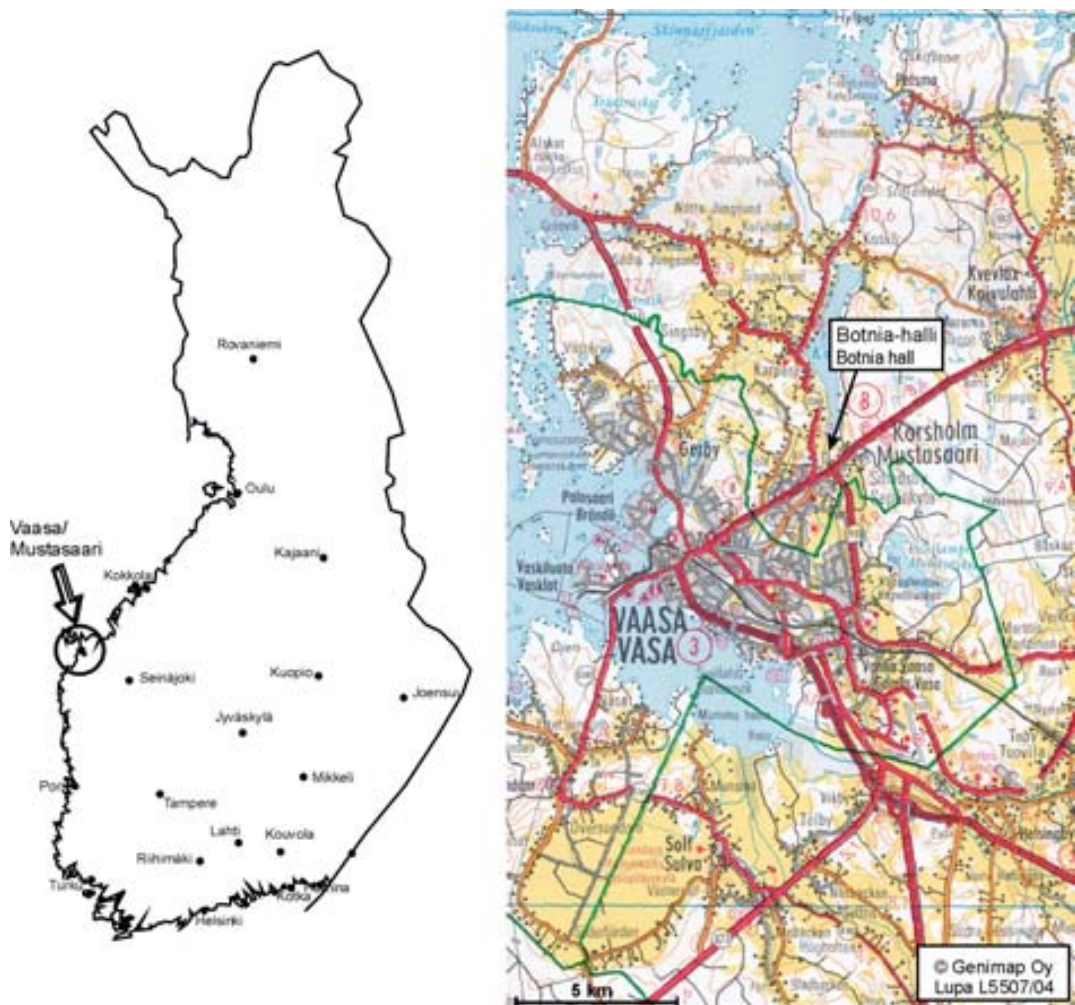
# 1 ONNETTOMUUS

## 1.1 Yleiskuvaus

Perjantaina 17.1.2003 tapahtui Mustasaaren kunnassa onnettomuus, jossa osa muun muassa urheilukäyttöön tarkoitettujen monitoimihallin kattoa romahti hallin sisään kahdesta kohdasta yli 150 m<sup>2</sup> alueelta. Sisään putosi kaksi teräksistä orsivistikkoo, kattopeltiä, lämmöneristettä, katemateriaalia ja noin kahta kuorma-autokuormallista vastaava määrä lunta. Henkilövahinkoja ei aiheutunut.

## 1.2 Onnettomuuskohte, tapahtumapaikka ja sääolosuhteet

Kattovaurio tapahtui Mustasaaren kunnassa, lähellä Vaasan kaupunkia olevassa vuonna 1997 valmistuneessa Botnia-hallissa. Kyseessä on Suomen suurin urheiluhalli, jota on markkinoitu ja käytetty monitoimihallina. Hallin kerrosala on 16 000 m<sup>2</sup>.



Kuva 1. Tapahtumapaikka.

Figure 1. Place of the incident.



*Kuva 2. Halli ulkopuolelta viikon kuluttua kattovauriosta kuvattuna. Katto vaurioitui kahdesta toisistaan erillään olevasta kohdasta. Kyseiset kohdat on jo paikattu ja erottuvat muusta katosta lumettomina kohtina. Kuvassa oikealla hallin länsipääty, jossa on muun muassa pääsisäänkäynti.*

*Figure 2. Hall exterior as seen one week from the date of the collapsing of the roof. The roof was damaged in two different points. The damaged points have already been repaired and they are distinguishable as the snow-free parts of the roof. To the right, the west end of the hall with, e.g., the main entrance door to the hall.*



*Kuva 3. Halli sisältä. Vauriot tapahtuivat kuvan oikeassa reunassa, valkoisella muovilla peitetyissä kohdissa.*

*Figure 3. Hall interior. The incident took place in the areas covered by white plastic, as seen in the right-hand side of the photo.*



Monitoimihallin pääasiallinen käyttötarkoitus on urheilukäyttö, eli hallissa pidetään urheiluharjoituksia ja -kilpailuja sekä esimerkiksi jalkapallo-otteluita. Hallissa voidaan harastaa jalkapallon lisäksi useita yleisurheilulajeja, rullaluistelua ja salibandyä. Hallin keskiosassa olevaa jalkapallokenttää kiertää 400 metrin juoksurata.

Halli on tarkoitettu myös suurten yleisötilaisuuksien, kuten messujen, konserttien, suurten juhlien ja kokoontumisten järjestämiseen. Hallin toisella pitkällä sivulla on katsomo. Lisäksi hallin päätyosassa ja osin kellarissa on muun muassa kahvila, toimisto- ja sosiaalitiloja, pukuhuoneita, kuntosali ja aerobic/tanssisali. Pukuhuoneita on myös katsomotason alapuolella.

Hallin suurimmaksi sallituksi henkilömääräksi on rakennusluvassa mainittu 1 620. Rakennusluvassa halli on määritelty urheiluhalliksi. Rakennustarkastaja on pelastusviranomaisen lausunnon perusteella voinut tietyin ehdoin antaa luvan ylittää rakennusluvassa mainittu suurin henkilömäärä. Suurissa yleisötilaisuuksissa on myönnetty lupa ottaa halliin enimmillään 7 500 henkilöä.

### 1.3 Tapahtumien kulku

Monitoimihallissa oli 17.1.2003 tavanomainen perjantaipäivä, jolloin hallissa oli usean eri jalkapallojoukkueen harjoitukset. Jalkapallojoukkueiden lisäksi hallissa oli yksittäisiä yleis- tai muita urheilijoita harjoittelemassa sekä lasten vanhempia seuraamassa jalkapalloharjoituksia. Myös mahdollisia muita henkilöitä on voinut olla paikalla, sillä halliin ja esimerkiksi katsomoon on yleisöllä harjoitusten aikana vapaa pääsy.

Silminnäkijöiden kertoman mukaan hallin katolta alkoi noin kello 17 aikaan kuulua ääntä, jonka hallin vakituiset käyttäjät tunnistivat tavanomaiseksi lumen liukumiseksi pitkin kattoa. Samaa ääntä oli kuulunut aikaisempinakin vuosina. Kun ääntä oli kuulunut silminnäkijöiden arvion mukaan ehkä noin viiden sekunnin ajan, alkoi kuulua kovaa pamahtelua ja sen jälkeen vielä kovempi rysäys. Samalla automaattisen paloilmoinnin hälytyskellot alkoivat soida.

Rysäys oli seurausta siitä, että yksi 2,3 m korkea ja 13,5 m pitkä teräksinen orsivistikoksi kutsuttu kattokannattaja ja hallin kattoa noin 80 neliömetrin kokoiselta alalta putosi alas hallin idänpuoleisen pitkän seinän lähellä. Katon mukana sisään halliin putosi ja liukui katolla ollutta lunta. Samalla hallin suuret kaaren muotoiset teräksiset pääkannattajat ja niihin kiinnitetyt valaisimet alkoivat heilua.

Vaurio jatkui vielä niin, että pamahtelu ja hallin pääkannattajakaarien heiluminen jatkui, kunnes toinen saman kokoinen ala kattoa, samanlainen orsivistikko ja lunta putosi sisään vastaavalla tavalla kuin joitakin sekunteja aikaisemminkin. Vauriokohtien välinen etäisyys oli noin 14 metriä.

Yksi osa kattoa putosi katsomoon ja toinen osa selostamokoppien päälle. Katsomossa oli kattovaurion tapahtuessa neljä henkilöä. He kaikki olivat istuneet hetkeä aikaisemmin juuri siinä katsomon kohdassa, johon kattorakenteita putosi. Kaikki kuitenkin olivat juuri sattumalta poistuneet kyseisestä kohdasta.

Hallin lähellä kulkevaa latua hiihtänyt henkilö on kertonut nähneensä lumen liukumisen katolta. Kuva 2 on otettu siltä paikalta, jossa silminnäkijä oli tapahtumahetkellä. Hän kertoi, että lumi valui alas yhtenä laattana arviolta kolmannes katon pituudelta alkaen hallin pohjoispäädystä. Heti perään katon keskikohdasta valui vastaavan kokoinen lumilaatta alas. Tällöin hallin keskiosaan, lähelle räystästä oli ilmestynyt kaksi aukkoa, joista näki halliin sisälle.

## 1.4 Pelastustoiminta ja raivaus

### 1.4.1 Hälytykset

Pohjanmaan hätäkeskukseen tuli kello 16.51.50 monitoimihallilta automaattisen paloilmoittimen palolaitteivikailmoitus, josta hätäkeskuspäivystäjä ilmoitti laitteiston huollosta vastaavalle henkilölle. Kello 16.52.00 tuli kohteesta automaattinen palohälytys, jota ei hätäkeskuksessa kuitenkaan samaa kohdetta koskevan auki olleen palolaitteiviasta johduneen tehtävälmoituksen vuoksi havaittu.

Kello 16.52.51 soitettiin monitoimihallilta ensimmäinen hätäilmoitus, jonka soitti juniorijalkapalloilijoita valmentamassa ollut Mustasaaren kunnan pelastuslaitoksen vapaavuorossa ollut palomies. Hän kertoi, että hallin kattoa on sortunut noin 40 metrin matkalta, lunta on tullut sisälle ja kaikki jalkapallokentän alueella olevat ovat poistuneet. Ilmoittajan mukaan ei ollut varmaa tietoa siitä, että jäikö sortuman alle ketään. Hän sanoi hätäkeskuspäivystäjälle, että kohteeseen tulisi hälyttää peruslähtö<sup>1</sup>. Palomies tiesi, että normaalisti automaattiseen palohälytykseen tähän kohteeseen hälytettiin Mustasaaren osalähtö, joka ei tässä onnettomuustapauksessa olisi riittävä. Kohteesta tehtiin myös toinen hätäilmoitus, joka tehtiin lähes yhtä aikaa ensimmäisen ilmoituksen kanssa.

Hätäkeskuspäivystäjä luokitteli hätäilmoituksen tietojen perusteella onnettomuuden tyyppiä ”muu onnettomuus tai tilanne”. Tälle onnettomuustypille oli määritelty vain yksi vaihtoehto, joka oli ”suuruusluokka pieni”. Tällöin hälytysvasteena oli osalähtöhälytys.

Osalähtöhälytys Mustasaaren pelastuslaitokselle annettiin kello 16.55.45. Hälytys käsitti päällystöpäivystäjän (KO P3), Sepänkylän Bölen VPK:n, Koivulahden VPK:n ja Koivulahden paloaseman työvuoron (kaksi palomiestä). Osalähtöä täydennettiin yhdellä sairaautolla Mustasaaresta (KO 91). Osalähtöhälytyksestä meni tekstiviestitieto myös Vaasan pelastuslaitoksen päällystöpäivystäjälle, joka tuolloin oli kotonaan, ja päivystävälle paloesimiehelle paloasemalle.

Vaasan päällystöpäivystäjän (V P3) saadessa tiedon onnettomuudesta hän antoi Vaasan pelastuslaitoksen työvuorolle tehtäväksi selvittää lisätietoja tapahtuneesta ja työvuoron tuli kokoontua autohallitilaan.

---

<sup>1</sup> **Osalähtö** on pelastusmuodostelma, joka muodostuu yhdestä pelastusyksiköstä. Pelastusyksikön tavoitevahvuus on esimies ja viisi pelastajaa (0+1+5). **Peruslähtö** on pelastusmuodostelma, joka koostuu johtajasta ja kolmesta pelastusyksiköstä (1+3+15). **Aluelähtö** on pelastusmuodostelma, joka koostuu johtajasta ja kolmesta peruslähdestä (1+3+9+45). Nämä kattovaurion aikaan käytössä olleet määritelmät ovat sisäasiainministeriön ohjeen A:42 mukaiset.

Poliisi hälytettiin Vaasasta ja Mustasaaresta kello 16.58.

Hätäkeskus täydensi osalähtöhälytystä kello 16.59 hälyttämällä Vaasasta peruslähdön, joka käsitti päällystöpäivystäjän, pelastuslaitoksen työvuoron, yhden sairausauton, Vaasan VPK:n ja Vetokannaksen VPK:n. Sairasautoja lähti hälytykseen Vaasasta kaksi.

V P3 pyysi hätäkeskukselta lisätietoja onnettomuudesta ja sai tiedon, että onnettomuudessa on mahdollisesti useita loukkaantuneita. Keskustelun perusteella hätäkeskus hälytytti kaksi sairausautoa Kyröstä ja Vöyrin sairausauton varikkovalmiuteen vastaamaan tarvittaessa Mustasaaren ja Vaasan alueen hälytyksiin. Hän pyysi hätäkeskusta myös tekemään ilmoituksen Vaasan keskussairaalaan, että nostavat valmiutta.

Kello 17.10 mennessä oli hälytyksen saanut vielä kaksi sairausautoa Mustasaaresta ja Raippaluodon VPK. Kello 17.15 hälytettiin Seinäjoelta sairausauto resurssisiirtona Tervajolle paikkaamaan Kyrönmaan sairaankuljetusvajetta.

Hätäkeskus ilmoitti onnettomuudesta noin kello 18.00 Länsi-Suomen lääninhallituksen pelastusosaston päivystäjälle ja Helsingin hätäkeskuksen kautta sisäasiainministeriöön.

#### **1.4.2 Toiminta onnettomuuspaikalla**

Monitoimihallin katolla olleen lumen lähtiessä liikkeelle se aiheutti ääntä, johon kukaan ei juurikaan reagoinut. Kun osa kattoa ja lunta putosi sisään, kiinnitti se paikalla olleiden huomion. Samalla katossa olleet lamput heiluivat ja näytti siltä, että hallin rakenteet heiluivat hallin pituussuunnassa. Tässä vaiheessa paikalla olleet alkoivat huolestua turvallisuudesta.

Lähes välittömästi ensimmäisen vaurion jälkeen katosta putosi toinen osa ja lunta tuli lisää sisälle. Paikalla olleet aikuiset alkoivat ohjata lapsia ulos hallista. Osa poistui pääoven kautta ja osa kellarin kautta menevää käytävää pitkin. Ihmiset juoksivat ja huusivat, että katto sortuu.

Paikalla olleet aikuiset varmistivat kyselemällä ovatko kaikki päässeet hallista ulos ja näin samalla kartoittivat, ettei ketään ollut jäänyt sortuneiden rakenteiden tai sisälle tulleen lumen alle. Varmuutta ei kuitenkaan saatu, että olivatko kaikki päässeet turvallisesti ulos.

Ensimmäisenä hälytetyistä yksiköistä paikalle saapui Mustasaaren sairausauto (KO 91) vahvuudella kaksi kello 16.58. Seuraavana saapuivat sammutusyksiköt Sepänkylän Bölen VPK:sta (KO 21) ja Koivulahden paloasemalta (KO 11). Ne olivat kohteessa kello 17.03 vahvuudella kuusi ja kaksi. Mustasaaren päällystöpäivystäjä (KO P3) saapui kohteeseen kello 17.05. Paikalla onnettomuuden tapahtuessa ollut palomies otti yhteyttä häneen ja kertoi mitä oli tapahtunut. Kello 17.07 mennessä oli kohteeseen saapunut Vaasan pelastuslaitoksen työvuoro kolmella yksiköllä (V 11, V 13 ja V 16) ja kahdella sairausautolla (V 191 ja V 192) yhteisvahvuudella kaksitoista sekä Sepänkylän Bölen VPK:sta miehistöauto (KO 27) vahvuudella neljä.

Ensimmäisenä pelastushenkilöstö selvitti oliko ketään jäänyt sisäpuolelle sortuneiden rakenteiden tai lumen alle. Kuuluttamon päälle romahtanut alue ja juoksuradoille tulleet lumiset alueet voitiin tutkia välittömästi ja todeta, ettei ketään ollut jäänyt näiden alle. Pelastushenkilöstö alkoi puhdistaa katsomon päälle sortunutta aluetta lumesta ja rakenteista. Kun lumen lapiointi aloitettiin, paikalle saapui Vaasan pelastuslaitoksen päällystöpäivystäjä (V P3) kello 17.08. Hänellä oli johtovastuu. Kunnat ovat sopineet ennakkoon tällaisesta johtamisjärjestelystä isompien onnettomuuksien varalta. V P3 antoi Vaasan päivystävälle esimiehelle (V P5) tehtäväksi selvittää hallin henkilökunnan kanssa puuttuiko mahdollisesti joku onnettomuuden sattuessa paikalla olleista.

V P3 ja KO P3 siirtyivät katsomaan tilannetta myös hallin ulkopuolelta, jonne oli katolta tullut paljon lunta. He sopivat, että KO P3 tilaa työkoneita, joilla ulkona ollutta lunta siirretään pois rakennuksen viereltä. Samalla oli tarkoitus poistaa lunta myös rakennuksen katolta, koska epäiltiin vinokuorman painavan hallin rakenteita. Pieni määrä hallin katolla olleesta lumesta poistettiin myöhemmin. Hallin ulkopuolella ollut lumi esti osaa poistumisteiden ovia aukeamasta.

Turvallisuustoimenpiteenä pelastushenkilöstöä, jolla ei ollut tehtävää sortuma-alueella, määrättiin pysymään kenttäalueella verkkoseinämän takana.

V P3 sai nopeasti tiedon V P5:ltä, että ketään henkilökunnasta tai paikalla olleiden joukkueiden jäsenistä ei ollut kadoksissa. Muiden mahdollisten paikallaolijoiden puuttumista ei voitu varmistaa.

Pelastushenkilöstö pystyi puolessa tunnissa täysin varmistumaan, ettei ketään ollut hallin sisällä jäänyt rakenteiden ja lumen alle. Pelastushenkilöstö myös irrotti alas romahtaneita kattorakenteita ja siirsi ne ulos. Sisätiloista poistettiin lunta noin kaksi kuorma-autokuormallista.

Ulkoalueen lumimassoja tutkittiin painelemalla harjanvarsilla lumeen ja näin yritettiin paikantaa, mikäli joku olisi jäänyt lumen alle. Etsinnässä hyödynnettiin myös poliisikoira. Hallin kattosortuman puoleinen sivu on aidattua aluetta ja sataneen lumen peittämää. Oli kuitenkin mahdollista, että joku olisi poistunut sisältä tällekin alueelle ja jäänyt lumimassojen alle.

Noin kahden tunnin kuluttua onnettomuudesta voitiin ulkopuolisten alueiden osalta varmistua, ettei ketään ollut jäänyt lumimassojen alle.

Onnettomuuskohteessa oli onnettomuuden alkuvaiheessa pelastustoimen, sairaankuljetuksen ja poliisin eri yksiköitä 20, joissa henkilöstöä oli yhteensä 55. Lisää resursseja oli vielä reservissä paloasemilla.

## **1.5 Onnettomuudesta aiheutuneet vahingot**

### **1.5.1 Henkilövahingot**

Henkilövahinkoja ei aiheutunut.

Kattovaurio tapahtui kahdessa kohdassa, selostamokoppien yläpuolella ja yhdessä katsomon osassa. Katsomon osassa, jossa kattovaurio tapahtui, istui juuri ennen vauriota neljä henkilöä. Heistä kuitenkin osa lähti juuri ennen vauriota kulkemaan sattumalta pois päin ja loputkin selvisivät viime hetkellä pois alta. Selostamokopeissa ei ollut onnettomuushetkellä ketään. Kaiken kaikkiaan rakennuksessa oli onnettomuushetkellä valvontavideon perusteella noin 130 henkilöä. Hallissa työskentelee iltaisin, kun muun muassa toimistohenkilökuntaa ei ole paikalla, kaksi hallityöntekijää.

### **1.5.2 Materiaalivahingot**

Kattovauriossa putosi kaksi 13,5 metriä pitkää ja 2,3 metriä korkeaa teräsristikkoa, joista kumpikin painoi noin 500 kg. Samoin katosta kääntyi sisään päin ja tuhoutui katemateriaalia, lämmöneristettä ja sisäpuolen profiilipeltiä yli 150 neliömetrin alueelta.

Hallin käyttö lopetettiin heti onnettomuuden tapahduttua. Onnettomuutta seuranneina päivinä pudonneet ristikot nostettiin takaisin ylös ja kattoon syntyneiden reikien kohdalle tehtiin puusta ja muovipeitteestä väliaikainen kate. Pettäneiden korvakkeiden ja kaikkien muidenkin katsomo-osan päällä olleiden korvakkeiden alle valmistettiin teräksiset pääkaarien yläpaarteisiin kiinnitetyt tuet, jotta vastaavaa korvakkeiden pettämistä ei enää tapahtuisi.

Väliaikaisten korjausten jälkeen halli otettiin jälleen urheilukäyttöön seuraavalla viikolla. Lopullinen vaurioiden korjaus ja mahdollisten muiden hallin puutteiden korjaus päätettiin jättää tehtäväksi seuraavana kesänä, jolloin urheiluharjoituksia ja -tapahtumia voidaan järjestää ulkona.

Onnettomuudesta aiheutui noin 200 000 euron vahingot, joista korjauskustannukset olivat noin 180 000 euroa ja keskeytyskustannukset noin 20 000 euroa.

### **1.5.3 Ympäristövahingot**

Ympäristövahinkoja ei tullut. Kohteessa ei ollut erityistä ympäristövahingon vaaraa.

## **1.6 Tiedottaminen**

Noin 1,5 tunnin kuluttua kattovauriosta pelastustoimen edustaja järjesti hallin tiloissa tiedotustilaisuuden. Paikalla olivat Vaasan apulaispalopäällikkö ja palomestari, hallin edustaja, poliisin edustaja ja hallityöntekijät. Onnettomuustutkintakeskuksen asetettua tutkintalautakunnan se on tiedottanut vauriosta vastaamalla tiedotusvälineiden kyselyi-



hin. Lisäksi tutkintalautakunta on osallistunut rakentamisen turvallisuutta käsitteleviin keskustelutilaisuuksiin.

Tutkinnan aikana, 26.2.2003, tutkintalautakunta lähetti ympäristöministeriön asunto- ja rakennusosastolle onnettomuuksien tutkinnasta annetun asetuksen (79/96) mukaisen ilmoituksen havaitusta onnettomuusuhasta. Ilmoitus on tutkintaselostuksen liitteessä 4.

Tämän tutkintaselostuksen julkaisemisen yhteydessä tutkintalautakunta on antanut tiedotteen, jonka sisältö vastaa tutkintaselostuksen tiivistelmää.



## 2 ONNETTOMUUDEN TUTKINTA

Onnettomuustutkintakeskus sai ensitiedon onnettomuudesta tiedotusvälineistä. Tietojen perusteella paikalle lähetettiin paikkatutkinnan varmistamiseksi Onnettomuustutkintakeskuksen tutkija. Tutkija oli paikalla noin kello 21.30, jonka jälkeen huolehdittiin siitä, että kaikki ajan kuluessa menetettävä tieto, kuten esimerkiksi tiedot lumen määrästä, saadaan talteen. Seuraavana päivänä hallin rakenteet sekä niihin liittyvät yksityiskohtat ja vauriot valokuvattiin ja havainnoista tehtiin muistiinpanoja. Tutkintalautakunta on lisäksi käynyt myöhemminkin hallilla useita kertoja tutustumassa kattorakenteisiin ja niiden vaurioihin.

Tutkintalautakunta on myös selvittänyt tapahtumien kulkua haastatteleamalla paikalla kattovaurion tapahtuessa olleita. Lisäksi on kuultu hallin rakennustyöhön ja suunnitteluun osallistuneita.

### 2.1 Rakennus

Vuonna 1997 valmistuneen rakennuksen kokonaispituus on 170 metriä, leveys 89 metriä ja kerrosala on 16 000 m<sup>2</sup>. Halliosan, jonka pituus on 135 metriä, katon muoto on kaareva ja sen korkeus on keskikohdastaan noin 23 metriä. Hallin kantavat rakenteet ovat terästä ja seinät teräsbetonelementtejä. Hallin suunnittelussa lähtökohtana oli ollut aikaisemmin rakennettu vastaava jalkapallohalli.

Hallin kummassakin päädyssä on halliosaa matalampi osa, josta osa on yhteydessä hallitilaan ja siten urheilukäytössä. Lännen puoleisessa päässä (kuva 2) on muun muassa sisääntuloaula, kahvio, kabinetti, hoitotiloja ja sosiaalitiloja. Kellarikerroksessa on kuntosali, aerobic/tanssitila ja pukuhuoneita. Idän puoleisessa päässä oleva matalampi osa on suurimmalta osaltaan yhteydessä hallitilaan ja lisäksi siellä on noin 150 m<sup>2</sup> varastotilaa.

Hallitilassa on täysikokoinen jalkapallokenttä, jonka ympärillä on 400 metrin juoksurata ja muita muun muassa yleisurheiluun käytettäviä suorituspaikkoja. Hallin toisella pitkällä sivulla on katsomo, jonka yläpuolella hallin kattoa on korotettu asentamalla pääkannattajien päälle teräksiset korotusosat. Katsomon alapuolella on pukuhuonetiloja. Vanhemmassa vastaavassa hallissa ei ole katsomoa.

Kantavat teräsrakenteet on hyväksytty rakennusluvassa silloiseen paloluokkaan A15<sup>2</sup>. Rakennuksessa on automaattinen paloilmoin ja kantavat teräsrakenteet on käsitelty palonsuojamaalilla 8 metrin korkeuteen saakka.

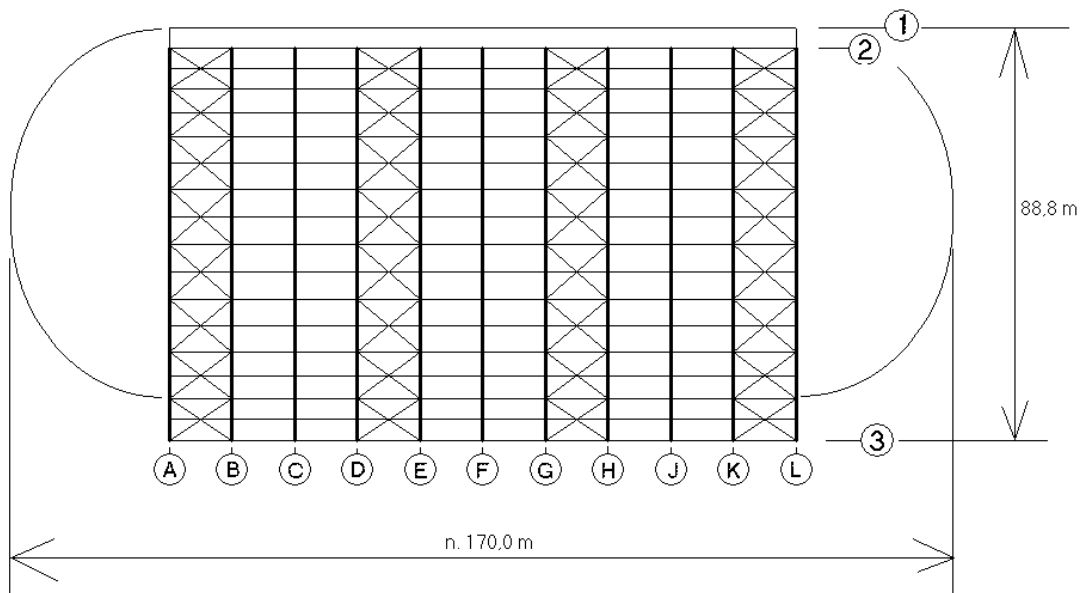
---

<sup>2</sup> Merkinnällä A15 tarkoitetaan, että materiaalin tulee olla palamatonta ja rakenteiden tulee säilyttää kantavuutensa tulipalotilanteessa vähintään 15 minuutin ajan.

### 2.1.1 Hallin kattorakenteet

Katon pääkannattajina ovat jänneväliltään 84 metriä olevat teräsristikkokaaret, joita hallissa on yhteensä 11 kappaletta. Pääkannattajien väleissä on 13,5 metrin pituiset teräksiset orsivistikot, joita on noin kuuden metrin välein. Orsivistikoita on aina kahden pääkannattajan välissä 17 kappaletta, joten kaiken kaikkiaan hallissa on 170 likimain samanlaista orsivistikkoa. Orsivistikoiden päällä on teräsohutlevy, höyrynsulkumuovi, lämmöneristeenä kova mineraalivilla ja päällimmäisenä PVC-vesikate.

Orsivistikoiden lisäksi yhdeksi rakennuksen jäykistyksestä huolehtivaksi osaksi neljään pääkannattajaväliin on asennettu teräksiset vetotangot, jotka muodostavat näin ollen neljä jäykistysristikkoa. Pääkannattajat, orsivistikot ja jäykistysristikot on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Hallin korkean osan katon teräsrakenteet. Pääkannattajat (A-L, paksimmat pystyviivat), orsivistikot (vaakasuorat viivat) ja poikittaiset jäykistysristikot (4 kpl).

Figure 4. Steel structures of the roof of the elevated part of the hall: girders (A - L, vertical lines in bold), beam lattices (horizontal lines) and transverse bracings (4 pcs).

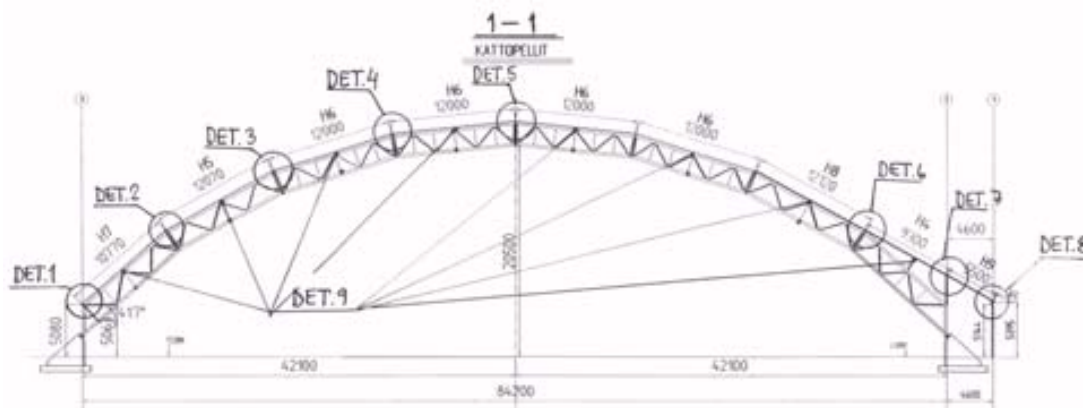
**Pääkannattajat** on koottu neljästä suunnilleen samanpituisesta tehdasvalmisteisesta ristikkoelementistä pulttiliitoksilla. Elementeistä koottiin rakennusvaiheessa maassa kahden pääkannattajan puolikkaan muodostamat lohkot yhdessä orsivistikoiden, pintarakenteiden ja joidenkin LVIS<sup>3</sup>-komponenttien kanssa. Sen jälkeen lohkot on asennettu paikalleen nostamalla ne vastakkain pystyyn ja kiinnittämällä ne pulttiliitoksilla toisiinsa. Lohkojen väleihin orsivistikot ja muut rakenteet asennettiin vasta lohkojen pystytyksen jälkeen.

<sup>3</sup> LVIS = lämpö, vesi, ilmanvaihto ja sähkö.

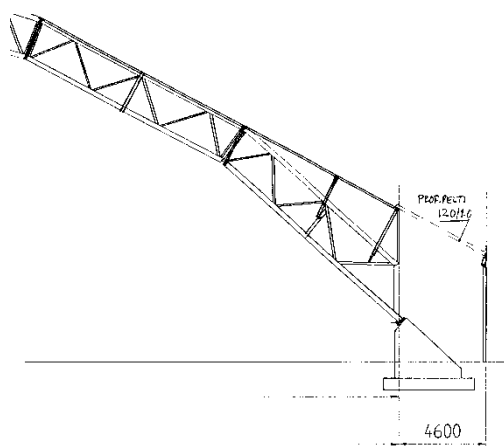
Pääkannattajat on kiinnitetty teräsbetonisten peruspilarien päälle. Peruspilarien yläpinta on noin kaksi metriä kentän pintaa korkeammalla. Pääkannattajan perustusten välille on lisäksi maan alle valettu betonista teräsvaijerien avulla esijännitetty vetotanko ottamaan vastaan pääkannattajista perustuksille siirtyviä voimia. Pääkannattajien rakenne näkyy kuvassa 5. Pääkannattajaristikoiden korkeus on noin 2,2 metriä ja ylä- ja alapaarre on tehty 250x250x10 putkipalkista<sup>4</sup>.

Pääkannattajien päälle on hallin reunalla, katsomon yläpuolelle asennettu **lisäkehät**, joiden avulla katsomon kattoa on korotettu ja katsomotilasta on saatu tilavampi. Lisäkehän vuoksi halli ei ole symmetrinen. Kattokulma ei jyrkkene katsomon puolella enää lähellä seinää vaan on sama räystäälle asti.

Lisäkehät näkyvät kuvassa 5 oikealla ja tarkemmin kuvassa 6. Lisäkehät on hitsattu 100x100x5 putkiprofiilista.



Kuva 5. Hallin poikkileikkaus, jossa katsomon puoleinen katon korotus näkyy oikealla.  
Figure 5. Cross-section of hall with elevated roof above the spectator stand, as shown on the right-hand side.

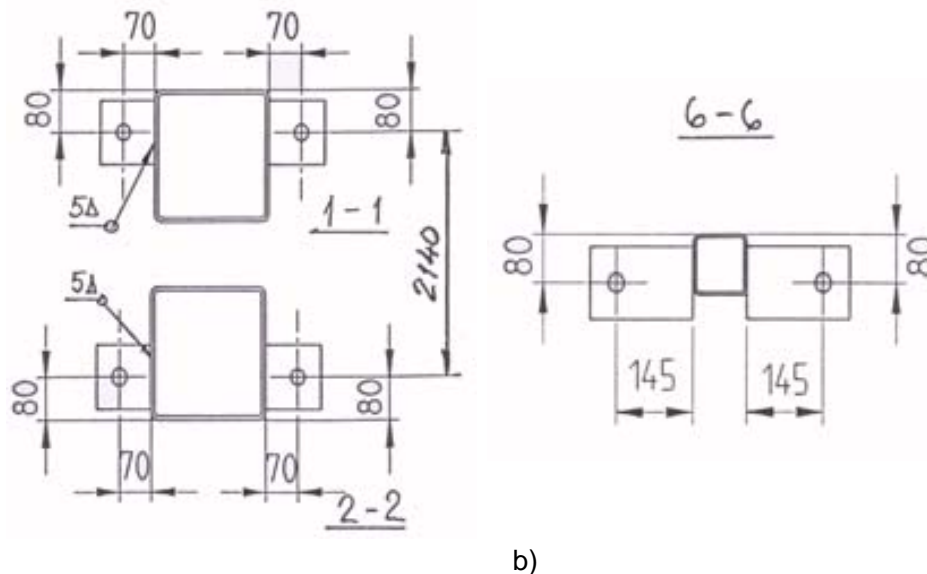


Kuva 6. Katon korotus.  
Figure 6. Elevated roof.

<sup>4</sup> Esimerkiksi merkinnällä 100 x 100 x 5 tarkoitetaan putkipalkin poikkileikkauksen mittoja millimetreinä. Ensimmäinen luku on putkipalkin leveys, toinen korkeus ja kolmas seinämän paksuus.

**Orsiristikot** on asennettu pääkannattajien väleihin ja ne ovat näin ollen hallin pituus-suuntaisia. Niiden tehtävänä on suunnitelmien mukaan kantaa katon omapaino ja lumi-kuormat, toimia nurjahdustukena pääkannattajille ja siirtää hallin pituussuuntaisia kuormia pääkannattajalta toiselle ja edelleen jäykistysristikolta toiselle. Kunkin pääkannattajan elementin puolivälissä olevat orsiristikot on tehty siten, että niissä on yksi yläpaarre (putkiprofiili 100 x 100 x 5). Sellaisissa pääkannattajan elementtien jatkoksissa, missä katon kaltevuus muuttuu, orsiristikoissa on kaksi yläpaarretta (80 x 80 x 4). Näin yläpaarteiden päälle asennettaville teräsohutlevyille on omat kiinnityspaikkansa niissä kohdissa, joissa kattokulma muuttuu. Samanlaisia orsiristikoita on noin kuuden metrin välein ja ne on pyritty mitoittamaan rasetuimman ristikon mukaan.

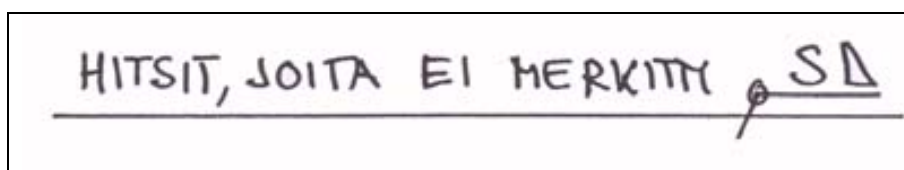
Orsiristikoiden ylä- ja alapaarteiden päissä on **kiinnityskorvakkeet**, joista orsiristikot on kiinnitetty pulttiliitoksella pääkannattajien ylä- ja alapaarteeseen hitsattuihin vastaaviin korvakkeisiin. Pultin nimellishalkaisija on 30 mm. Katsomon yläpuolella ensimmäisellä orsiristikokorivillä (linja 2 kuvassa 4) ylempi korvake oli hitsattu lisäkehän yläpaarteeseen ja alempi korvake varsinaisen pääkannattajan yläpaarteeseen. Koska lisäkehän yläpaarre on pääkannattajan yläpaarretta kapeampi, vakiomittaisten orsiristikoiden kiinnittämiseksi korvake oli 75 mm muualla käytettyjä korvakkeita pidempi. Kattovauriossa pudonneet ristikot olivat juuri näillä pidemmillä korvakkeilla kiinnitettyjä ensimmäisen linjan orsiristikoita. Vaurioitumistapa oli sellainen, että lisäkehän yläpaarteeseen ja myös pääkannattajan yläpaarteeseen hitsatut korvakkeet irtosivat hitsauksistaan. Sekä pääkannattajaan että lisäkehään hitsatut korvakkeet on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7. Hallin katon teräsrakenteet. Orsiristikoiden kiinnityskorvakkeet pääkannattajissa. a) korvakkeiden kiinnitys normaalisti pääkannattajien paarsesauvoihin, b) korvakkeiden kiinnitys lisäkehän yläpaarteeseen katsomon katossa.

Figure 7. Steel structures of hall roof. Fastening brackets of beam lattices in girders: a) brackets as normally fixed in the flange struts of the girders; b) brackets as fixed in the upper flange of the auxiliary framework in the spectator stand roof.

Korvakkeet on hitsattu pääkannattajiin pienahitsillä. Korvakkeiden hitsaustapaa ja mitoitusta ei ollut erikseen määritetty, vaan piirustuksissa oli kuvan 8 mukainen yleinen merkintä niille hitseille, joille ei muuta ole piirustuksissa määrätty. Merkintä pitää lukea: "Hitsit, joita ei merkitty, pienahitsi, ympäri, pienan suuruus = s". Hitsin a-mitta on = s, joka hitsausstandardin mukaan on liittyvän rakenteen ainespaksuus. Kyseisessä kohdassa ohuin liittyvä rakenne on pääkehän putkiprofiili, jonka mitat ovat 100 x 100 x 5 mm. Täten pienahitsin kokoa kuvaava a-mitta = s = 5 mm. Toimitetuista dokumenteista ei löytynyt vaurioitunutta liitoskohtaa koskevia tarkasteluja eikä hitsausliitosten laskelmia. Hitsiluokan on oltava sovellettavien standardien mukaan C (hyvä), jota yleisesti käytetään teräsrakenteita valmistettaessa. Sovellettavien standardien luettelo on Suomen rakentamismääräyskokoelman osan B7 lopussa.



Kuva 8. Pienahitsimerkintä mm. katsomon katon kiinnityskorvakkeiden liitoksille.

Figure 8. Fillet weld indication for, e.g., the joints of the fastening lugs of the spectator stand roof

Tutkintalautakunta mittasi onnettomuuden jälkeen pienahitsitulkillä hallin rakenteissa kiinni pysyneiden korvakkeiden pienahitsien a-mittoja. Palonsuojamaalin takia hitsin kuvun a-mitan mittaus oli osin vaikeaa, eivätkä mittaustulokset siksi ole kovin tarkkoja. Pienahitsitulkillä saadut mittaustulokset ovat suuntaa antavia. Kaikissa mitatuissa kohdissa hitsien a-mitat olivat välillä 5-6 mm, eikä silmämääräisesti alamittaisia tai virheellisiä hitsejä havaittu.

Kahden katsomon katosta pudonneen orsiristikon mukana irronneiden korvakkeiden hitseistä tehtiin hieitä<sup>5</sup>, joiden analyysitulokset ovat liitteessä 3. Kaikki hieet on tehty käytävissä olleista orsiristikoiden alapaarteiden kiinnityskorvakkeista (kuva 12), jotka olivat irronneet pääkannattajien yläpaarteista.

Hieistä oli nähtävissä, että korvakkeisiin oli vaikuttanut veto- ja puristusvoima, minkä johdosta korvake oli irronnut hitsausliitoksestaan. Hitsauksen murtopinnan mikroskooppikuvasta (liite 3) näkyy, että murtuminen on tapahtunut sitkeästi leikkautumalla. Hieiden kuvista ja niissä näkyvistä materiaalin kiderakenteen voimakkaista "taipumisista" näkyy, että kuormat ovat vaikuttaneet orsiristikon paarteiden suunnassa hyvin pienellä alueella hitsissä, eikä rakenteessa ole myötörajan saavuttamisen jälkeen tapahtunut laajamittaista plastisoitumista eikä kuormien uudelleenjakautumista, joka suojaisi rakennetta sortumiselta.

Kahdessa tutkituista kahdeksasta hitsistä havaittiin puutteita verrattuna standardin SFS-EN 25817 vaatimukseen hitsiluokassa C. Puutteet olivat vajaa a-mitta ja vajaa hitsautumissyvyys. Hieistä mitatut ja arvioidut hitsien a-mitat ovat olleet 3,5 - 5,2 mm (kts. liite 3,

<sup>5</sup> Hieeksi sanotaan hitsin poikkisuunnassa leikattua pientä kappaletta, jonka pinnan suurennoksesta voidaan tutkia materiaalin rakennetta.

taulukko 1). Mitat on arvioitu viiteviivoin murtuneista hitseistä, joten arvoihin sisältyy jonkin verran epävarmuutta.

Orsivistikoiden ja pääkannattajien päälle oli asennettu **teräsohutlevyt**, joiden poimujen suunta on harjalta alaspäin. Levyt ovat pääasiassa 2-aukkoisia, eli ulottuvat aina kahden orsivistikkovälin yli. Näin levyjen pituus on yleisesti 12 metriä. Hallin sivulla, linjojen 1 ja 2 välillä oleva teräsohutlevy on 1-aukkoisena muita lyhyempi, mutta samassa tasossa olevat ohutlevyt on limitetty linjan 2 kohdalla.

Ohutlevyjen kiinnitys kattokannattajiin on piirustusten mukaan tehty halkaisijaltaan 5,5 mm poraruuveilla 230 mm välein. Välituilla kiinnitys on tehty 460 mm välein eli joka toisesta poimusta.

Katon teräsohutlevyjen tehtäviä ovat:

1. kantaa katon omapaino ja lumikuormat levyä vastaan kohtisuorassa suunnassa,
2. estää hallin pituussuuntaisten orsivistikoiden kiepahtaminen,
3. toimia hallin poikittaissuuntaisten tuulikuormien tasaajana pääkannattajien välillä ja
4. siirtää katon viiston pinnan suuntaiset lumen aiheuttamat kitkavoimat kiinnitysruuveille, josta kuormat siirtyvät orsivistikolle ja edelleen korvakkeiden kautta pääkannattajille.

### 2.1.2 Rakenteissa havaitut vauriot

Kattovaurion sattuessa halliin sisälle putosi kaksi orsivistikkkoa linjalta 2, joka on reunimmainen orsivistikkolinja hallin katsomon puoleisella pitkällä sivulla. Lisäksi sisään halliin putosi kyseisten kahden orsivistikon räystäään puolella ollut katon teräsohutlevy osittain samoin kuin sen päällä olleet höyrynsulku, eristeet ja vesikate.

Orsivistikoiden ylemmät kiinnityskorvakkeet olivat linjan 2 lähes kaikissa liitoksissa joko irronneet kokonaan, repeytyneet osittain tai myötäneet ja orsivistikoiden alapaarteiden päissä oli taipumia. Korvakkeiden myötämistä oli tapahtunut myös siellä, missä lumi oli vielä jäänyt katolle. Pienehköjä vaurioita, eli pysyviä muodonmuutoksia korvakkeiden kiinnityksissä ja orsivistikoiden alapaarteissa oli myös seuraavassa orsivistikkorivissä. Muilla orsivistikkolinjoilla ei vaurioita ollut silmämääräisesti havaittavissa.

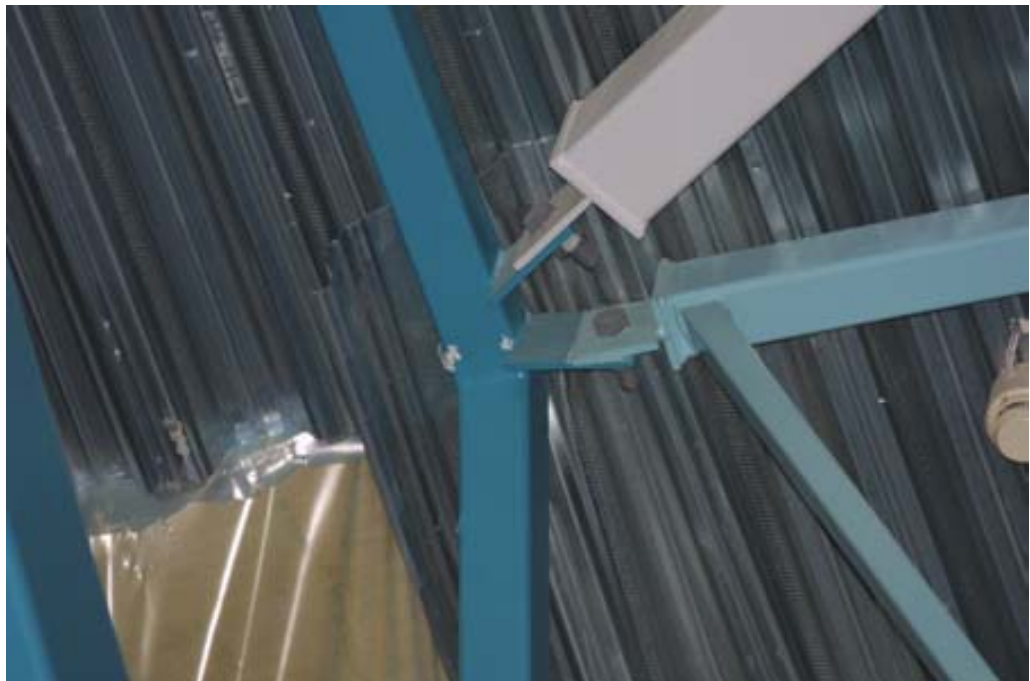
Orsivistikoiden alapaarteisiin liittyvät kiinnityskorvakkeet on linjalla 2 hitsattu varsinaisen pääkannattajan yläpaarteeseen. Näissä liitoksissa oli havaittavissa pääkannattajan uumalevyissä taipumia, koska yläkorvake oli myötänyt tai irronnut (kuva 12). Pääkannattajan paarteita ei ollut jäykistetty korvakkeiden kohdilla. Liitoshitsaukset oli hitsattu konepajalla, joten kyseessä eivät olleet työmaalla tehdyt hitsausliitokset.

Teräsohutlevyjen osalta oli havaittavissa, että ne olivat irronneet vauriokohdissa orsivistikoista siten, että kiinnitykseen käytettyjen poraruuvien kannat olivat tulleet orsivistikon pudotessa ohutlevyn läpi.



*Kuva 9. Vauriokohtat hallin sisäpuolelta kuvattuna. Halliin sisään tullut lumi, eristämateriaalia ja vesikatetta on jo siivottu pois.*

*Figure 9. Damaged areas and points as seen from the hall interior. Snow, insulation materials and roofing plastics having penetrated the interior of the hall, have already been removed.*



*Kuva 10. Katsomon katon vauriokohta, josta orsistikon kiinnittämiseen tarkoitettu korvake on irronnut pääkannattajan lisäkehän vasemmalta puolelta. Oikealla puolella kiinnityskorvake on taipunut jonkin verran alaspäin.*

*Figure 10. Damaged area in spectator stand roof, with the bracket designed for the fixing of the beam lattice has detached left of the auxiliary framework of the girder. To the right, the fastening lug shows slightly downward bending.*





Kuva 11. Orsiristikon kiinnityskorvake, joka on ollut kiinni pääkannattajan lisäkehän yläpaarteessa. Korvake on repeytynyt irti hitsausliitoksestaan.

Figure 11. Fastening bracket of beam lattice, having been fixed in the upper flange of the auxiliary framework of the girder. The bracket has torn off from its welded joint.



Kuva 12. Orsiristikon alemman korvakkeen vaurio pääkannattajan yläpaarteessa, joka on pullistunut.

Figure 12. Damaged bracket in girder flange that has bulged.



## 2.2 Olosuhteet

Tapahtumapäivänä sisäolosuhteet hallissa olivat tavanomaiset. Kyseessä oli tavallinen tammikuinen perjantaipäivä, jolloin hallissa oli muun muassa jalkapalloharjoituksia ja urheilijoita harjoittelemassa.

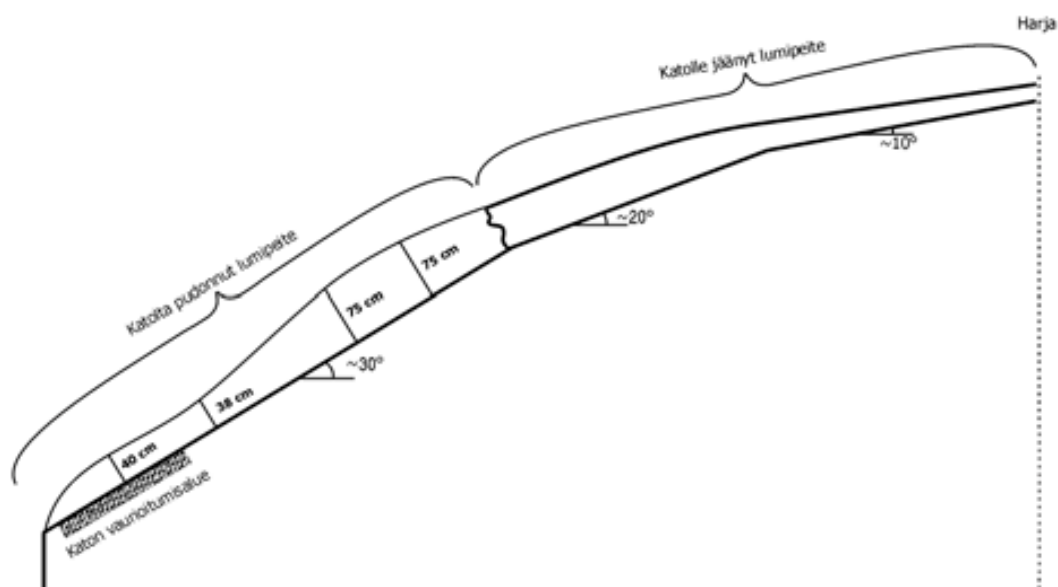
Poikkeukselliseksi kyseisen päivän teki se, että katolle alkutalven aikana kerääntynyt lumi lähti liikkeelle ja valui alas katolta. Sama oli kuitenkin muun muassa hallin henkilökunnan kertoman mukaan tapahtunut aikaisempinakin talvina.

Ilmatieteen laitoksen ilmastopalvelun toimittamien tietojen mukaan ilman lämpötila oli 16.1. vaihdellut  $-3,7$  ja  $+0,8$  asteen välillä. Kattovaurion tapahtumispäivänä 17.1. lämpötila oli kello 17 mennessä vaihdellut välillä  $-1,8$  –  $-4,3$  astetta. Kello 17, jolloin kattovaurio tapahtui, lämpötila oli mittausten mukaan  $-2,0$  astetta. Sää oli juuri lauhtumassa, sillä kello 20 lämpötila oli  $+0,8$  astetta ja kello 23  $+2,3$  astetta.

Tuuli oli kattovaurion tapahtumapäivänä sekä sitä edeltävänä päivänä heikkoa tai kohtalaista vaihdellen välillä  $0$  –  $6$  m/s. Kattovaurion tapahtuessa ja kahden edeltävän, kolmen tunnin välein tehdyn mittauksen mukaan tuulen voimakkuus oli  $3$  m/s. Tuulen nopeus on 10 minuutin keskituulen nopeus.

Sademäärä 17.1. oli  $0,0$  mm ja lumen syvyys, joka mitataan aamuisin kello 8, oli  $45$  cm.

Mittaustiedot ovat Vaasan lentoasemalta, joka on noin kahdeksan kilometrin päässä hallista etelän suuntaan.



Kuva 13. Tutkijan tapahtumailtana mitaama lumen määrä hallin katolla. Lumen määrä saatiin mitattua siltä katon osalta, jolta se ei kattovaurion aikaan liukunut alas.

Figure 13. Snow accumulation on hall roof, as measured by the investigator, in the evening of the incident. The snow quantities could be measured on the part of the roof wherefrom the snow did not slip down, during the collapsing of the roof.

Tutkija mittasi ja punnitsi lumen määrän katon poikittaiselta linjalta, joka oli lähellä katon valuneen lumen reunaa. Paikka oli lähellä katon keskiosaan tullutta aukkoa. Samalla mitattiin myös tasaisen lumen määrä hallin vieressä olevalla jalkapallokentällä. Lumikerroksen paksuus oli jalkapallokentällä 47 cm ja paino 89 kg/m<sup>2</sup>. Katolla lumen määrä vaihteli kuvan 13 mukaisesti. Suurin kuorma oli kohdassa, jossa hallin kaaren muotoisen katon vuoksi kasautuneen lumikerroksen paksuus oli 75 cm. Siinä lumen määrä pystysuorassa suunnassa eli katon vaakasuoraa projektiota kohti oli suurimmillaan 169 kg/m<sup>2</sup>.

Suomen ympäristökeskuksella on lumen vesiarvon, eli massan mittauspiste Mustasaassa. Viimeinen mittaus on tehty vuodenvaihteessa eli noin kaksi viikkoa ennen kattovauriota. Tuolloin lumen määräksi saatiin noin 50 kg/m<sup>2</sup>. Ympäristökeskuksen laskentamallin perusteella kattovaurion aikaan lunta oli maassa Vaasan seudulla noin 80 kg/m<sup>2</sup>.

## **2.3 Onnettomuuteen liittyvät organisaatiot ja henkilöt**

### **2.3.1 Hallihankkeen toteutusorganisaatio ja sopimusosapuolten tehtävät**

Hallin rakennuttajana on toiminut Vaasan kaupungin ja Mustasaaren kunnan omistama Kuntayhtymä Vaasanseudun urheiluhallit. Kyseinen kuntayhtymä omistaa myös vuonna 1971 valmistuneen Vaasan jäähallin. Rakennuttajan puolesta hanketta johti Vaasan kaupungin palveluksessa työskennellyt projektipäällikkö. Rakennuttajan palkkaamana ulkopuolisena valvojana toimi pieni vaasalainen alan yritys nimeltään Daco byggkonsult.

Rakennuttaja päätyi toteuttamaan rakennuskohteen kiinteähintaisina osaurakoina, joihin sisältyy suunnittelu ja toteutus. Urakkaohjelman mukaan rakennuttaja pyytää urakoista tarjoukset suoraan alan liikkeiltä ja tekee niiden kanssa erilliset urakasopimukset. Rakennuttaja päättää myös sopimukseen tehtävistä muutoksista. Urakkaohjelmassa on myös mainittu, että urakoitsija voi tehdä myös vaihtoehtotarjouksen, josta on selkeästi käytävä ilmi, miltä osin vaihtoehtotarjous poikkeaa tarjouspyynnön mukaisesta ratkaisusta. Lisäksi urakoitsijoille on annettu mahdollisuus tehdä kokonaistarjous. Tarjouspyyntöjä varten hankkeen eri osapuolten tehtävistä ja vastuista laadittiin urakkarajaliite.

YIT-Yhtymä Oy Pohjansepot teki 30.1.1996 vaihtoehtotarjouksen, johon sisältyi kaikki rakennustekniset työt ja LVIS-työt apuvelvoitteineen. Tarjouksen liitteenä on rakennustapaselostus, jossa muun muassa todetaan, että teräsrungon suunnittelu perustukseen sisältyy urakkatarjoukseen. Rakennustapaselostuksen mukaan suunnittelun tekee vantaalainen insinööritoimisto Kompis Oy ja teräsrungon vaatimat perustukset tehdään saman insinööritoimiston laatimien suunnitelmien mukaan.

Hallihankkeesta pidettiin sopimus- ja suunnitelmakatselmus 6.2.1996. Pöytäkirjassa todetaan, että YIT-Yhtymä Oy Pohjansepot sekä Kompis Oy tekevät rakennuttajalle tarjouksen päärakennesuunnittelusta pöytäkirjan liitteessä esitettyyn tehtäväjakoon viitaten. Tehtäväjaon oli laatinut hallin esisuunnittelussa mukana ollut HN-Suunnittelu Oy, joka tehtäväjaossa oli ehdottanut päärakennesuunnittelutehtävää itselleen. Liitteen mukaan päärakennesuunnitteluun kuuluu muun muassa rakennuttajan puolesta rakennesuunnittelun koordinointi ohjaus sekä suunnitelmien hyväksyttäminen. Päärakennesuunnit-



telusta ei kuitenkaan tehty erillistä sopimusta, joten tehtävä ei selvästi kuulunut kenellekään.

Katselmuksessa rakennuttaja ilmoitti, että työmaan vastaavaksi työnjohtajaksi on nimetty pääurakoitsijan edustaja. Pöytäkirjan liitteen mukaan arkkitehtisuunnittelusta vastasi helsinkiläinen arkkitehtitoimisto Pro-Ark Oy.

Rakennuttaja valitsi pääurakoitsijaksi YIT-Yhtymä Pohjansepot Oy:n ja teki sen tarjousehtojen mukaisesti sivu-urakkasopimuksen runkourakasta PPTH Teräs Oy:n kanssa. Sivu-urakkasopimuksen mukaan runkourakkaan sisältyy rungon suunnittelu. Runkourakka on alistettu pääurakoitsijan ohjaukseen sivu-urakan alistamissopimuksella 25.3.1996.

Runkourakoitsija teki myöhemmin teräsristikoiden asennustyöstä urakkasopimuksen Blomberg Stevedoring Oy:n kanssa.

*Taulukko 1. Hallin toteutusorganisaation sopimussuhteet ja tehtävien määrittelyt.*

	TILAAJA		
<b>TOIMITTAJA/ URAKOITSIJA</b>	Rakennuttaja Kuntayhtymä Vaasanseu- dun Urheiluhallit Oy	YIT-Yhtymä Pohjan- sepot Oy	PPTH Teräs Oy
Daco Byggkon- sult	Rakennustyön valvonta rakennuttajan puolesta		
Pro-Ark Oy	Arkkitehtisuunnittelu		
YIT-Yhtymä Pohjansepot Oy	Pääurakoitsijan tehtävät. Rakennustekniset työt ja LVIS-työt apuvelvoittei- neen.		
PPTH Teräs Oy	Sivu-urakkana mm. teräs- runгон teräselementtien valmistus ja elementtien pystytys	Sivu-urakka alistettu pääurakoitsijan ohja- ukseen	
Kompis Oy		Pääkannattajien pe- rustusten ja ulkovai- pan detaljien suun- nittelu	Teräsristikoiden suunnittelu
HN-Suunnittelu Oy	Perustusten ja paikalla valettavien seinien suun- nittelu		
Blomberg Stevedoring Oy			Teräsristikoiden asennustyö

Halli rakennettiin rakennuttajan omaan käyttöön, mikä varmisti sen, että käyttäjän tarpeet olivat hankkeen alusta asti hyvin rakentamisorganisaation tiedossa.

### 2.3.2 Rakentamista valvovat viranomaiset

Hallin rakentaminen kuului rakennusvalvontaviranomaisten, paloviranomaisten sekä työsuojeluviranomaisten valvonnan piiriin.

Rakennusvalvonnassa toimivaltainen viranomainen oli Mustasaaren kunnan rakennuslautakunta ja sen alaisuudessa toimiva rakennustarkastaja. Palonsuojaukseen liittyviä asioita valvoi Mustasaaren pelastuslaitos. Työsuojelun valvonta onnettomuuskohteessa kuului Vaasan työsuojelupiirille.

#### Rakennusvalvontaviranomainen

Rakennusvalvonnan tehtävä on valvoa rakennuslain sekä sen nojalla annettujen Suomen rakentamismääräyskokoelman määräysten toteutumista rakentamisessa. Rakennuslakia on täydennetty rakennusasetuksella. Uusi maankäyttö ja rakennuslaki astui voimaan 1.1.2000, joten rakentaminen tapahtui vanhan lain aikaan.

Mustasaaren kunta myönsi hallin rakentamiselle luvan 3.4.1996. Rakennustarkastajan kertoman mukaan lupa-asiakirjojen yhteydessä ei ole esitetty rakennesuunnitelmia. Suunnittelija on kuitenkin luvan myöntämisen jälkeen toimittanut rakennepiirustuksia suoraan rakennustarkastajalle. Lujuuslaskelmia ei ole rakennustarkastajalle toimitettu eikä hän ole niitä pyytänyt. Rakennustarkastaja ei kertomansa mukaan tarkastanut rakennesuunnitelmia eikä myöskään edellyttänyt niille ulkopuolista tarkastusta.

Rakennusluvan ehdoissa yhtenä vaatimuksena oli, että rakenteille on tehtävä katselmus, kun kantavat rakenteet on tehty. Rakennustarkastaja on tutkinnan aikana ilmoittanut, että kaikki katselmukset on pidetty, mutta niistä ei ole tehty pöytäkirjoja loppukatselmusta (23.1.1997) lukuun ottamatta. Rakennustarkastajan ilmoituksen mukaan ei katselmuksissa ollut huomautettavaa. Rakennusvalvontaviranomainen ei kertomansa mukaan tarkastanut teräsristikoiden liitosten laatua niiden valmistuksen aikana eikä työmaalla.

#### Paloviranomainen

Paloviranomainen on lausunnonantaja palo- ja henkilöturvallisuuteen liittyvissä seikoissa, kun on kysymys rakennushankkeesta. Vastaaviin asioihin hän kiinnittää huomiota suorittaessaan palotarkastusta.

Palotarkastaja on ottanut rakennuslupavaiheessa kantaa hallin paloluokkaan rakennuksen käyttötavan perusteella. Rakennus oli tarkoituksena toteuttaa paloa pidättävänä rakenteena ilman sprinklausta. Palotarkastajan sekä Suomen Pelastusalan Keskusliiton lausunnon mukaan rakennus olisi tullut toteuttaa palonkestävänä ja sprinklattuna. Yleisesti oli tiedossa, että hallia tulitaisiin käyttämään monitoimihallina eikä pelkästään urheiluhallina.

Rakennuslupa on myönnetty paloa pidättävälle rakenteelle eikä sprinklausta ole vaadittu. Tiloissa saa olla yleisöä 1 500 henkeä ja 120 urheilijaa/toimitsijaa. Suurin sallittu henkilömäärä on tuolloin 1 620 henkilöä. Rakennuksen teräsrakenteet on käsitelty pa-

lonsuojamaalilla kahdeksan metrin korkeuteen ja tiloihin on asennettu automaattinen paloilmoin. Korkean osan valvonta on toteutettu lasersäteellä toimivilla ilmaisimilla ja muuta aluetta valvotaan savuilmaisimilla. Lasersäteellä toimivia ilmaisimia ei ole saatu toimimaan teräsrakenteiden siirtymien vuoksi.

Paloviranomaisen tehtäviin kuuluu erityisen palotarkastuksen tekeminen tämän tyyppisessä kohteessa ennen toiminnan aloittamista sekä toiminnan käynnistyttyä suorittaa yleinen palotarkastus vähintään kerran vuodessa (Asetus palo- ja pelastustoimesta 19§).

Paloviranomainen on ollut mukana lopputarkastuksessa tammikuussa 1997 sekä suorittanut yleisen palotarkastuksen kerran vuodessa.

### **Työsuojeluviranomainen**

Rakennusorganisaation hyvän työturvallisuustoiminnan olennaiset vaatimukset on esitetty valtioneuvoston päätöksessä rakennustyön turvallisuudesta (629/94) (jäljempänä käytetään lyhennettä RakVNp). Lisäksi hallin rakennustyöhön sovellettiin Sosiaali- ja terveysministeriön päätöstä elementtirakentamisen turvallisuusmääräyksistä (697/84) (lyhenne ElemMp).

Hankkeen toteutusorganisaatiossa eri tahojen työturvallisuusveloitteet, erityisesti yhteistyön järjestämisessä, ovat laajemmat silloin, kun kyseessä on yhteinen rakennustyömaa. RakVNp:n mukaan yhteisellä rakennustyömaalla tarkoitetaan rakennustyömaata, jolla samanaikaisesti työskentelee kahden tai useamman työnantajan palveluksessa olevia työntekijöitä taikka itsenäisen työsuorittajan lisäksi joko vähintään toinen itsenäinen työsuorittaja tai vähintään yksi jonkin työnantajan palveluksessa oleva työntekijä. Hallin työmaa oli em. yhteinen rakennustyömaa.

Työsuojelupiiristä saadun tiedon mukaan se ei tehnyt hallin rakennushanketta koskevia tarkastuksia. Tämä johtui osittain rakennusalan tarkastajien tilapäisestä vajauksesta työsuojelupiirissä vuoden 1996 alkupuolella.

Työsuojelupiiriin tietoon ei tullut, että työmaalla olisi sattunut työtapaturmia.

### **2.3.3 Rakennuttajan antamat lähtötiedot ja reunaehdot suunnittelulle**

Rakennuttajan tulee antaa suunnittelijoille tarjouksien tekemistä varten riittävät tiedot muun muassa rakennuksen käyttötarkoituksesta sekä hankkeeseen liittyvät reunaehdot ja hanketta koskevien esiselvitysten tulokset. Näiden perusteella voidaan arvioida suunnittelutehtävän vaativuutta sekä suunnittelussa tarvittavien resurssien määrää.

Lisäksi rakennuttajan tai muun, joka ohjaa tai valvoo rakennushanketta, on huolehdittava, että rakennushanketta valmisteltaessa arkkitehtonisessa, rakennusteknisessä ja teknisten järjestelmien suunnittelussa otetaan huomioon rakennustyön toteuttamisen turvallisuus (RakVNp). Rakennuttajan pitäisi hankesuunnitteluvaiheessa myös tunnistaa ja selvittää hankkeen toteuttamiseen liittyvät erityiset työturvallisuusriskit (RakVNp).

Suunnittelun ohjaamisen perustana oleva tärkeä seikka on suunnittelijoiden valinta ja sen yhteydessä heidän ammattitaidon riittävydestä varmistautuminen. Tämän lisäksi rakennuttajan tulisi antaa suunnittelijoille selkeä toimeksianto työturvallisuuden huomioinnosta.

Rakennuttaja ei ollut tehnyt päärakennesuunnittelusta erillistä sopimusta, joten tehtävä ei kuulunut selvästi kenellekään. Rakennuttajalla oli hankkeessa projektipäällikkö, joka ei kertomansa mukaan ole itse tarkastanut kattorakenteiden suunnitelmia tai vaatinut niiden ulkopuolista tarkastamista.

RakVNP:ssä on seuraava rakennuttajan ja suunnittelijoiden yhteistyötä koskeva vaatimus:

”Rakennuttajan tai muun, joka ohjaa tai valvoo rakennushanketta, on laadittava rakennustyön suunnittelua ja valmistelua varten asiakirja, joka sisältää rakennushankkeen ominaisuuksista ja luonteesta aiheutuvat ja sen toteuttamiseen liittyvät tarpeelliset turvallisuustiedot. Asiakirjassa on otettava huomioon työmaahan liittyvä teollinen tai muu siihen rinnastettava toiminta.”

Rakennuttaja ei laatinut turvallisuusasiakirjaa eikä tunnistanut tai arvioinut hallin rakentamiseen liittyviä riskejä. Vaatimus oli ollut voimassa tuolloin noin vuoden ajan.

## **2.4 Pelastustoimen organisaatio ja toimintavalmius**

### **2.4.1 Mustasaaren kunnan pelastustoimen organisaatio**

Mustasaaren kunnan pelastustoimen vakinainen henkilöstö koostuu pelastuspäälliköstä, osa-aikaeläkkeellä olevasta palotarkastajasta, ylipalomiehestä ja neljästä palomiehestä. Palomiehet tekevät arkipäivinä aamu-/ iltavuoroja ja muu henkilöstö on päivätöissä. Palomiesten työaika on järjestetty niin, että kaksi on vuorossa ma-to kello 06.00-22.00 ja pe kello 06.00-18.30. Muina aikoina on yksi palomies varallaolossa. Vakinainen henkilökunta on sijoittunut Koivulahden paloasemalle.

Sopimuspalokuntia on kahdeksan, jotka toimivat kymmeneltä paloasemalta. Paloasemat on hajautettu eri puolille kuntaa siten, että mantereella on kuusi ja Raippaluodon saarella neljä paloasemaa.

Sopimuspalokunnista on Sepänkylän Bölen VPK:lla kaksi varallaolijaa ja muilla sopimuspalokunnilla kullakin yksi.

Päällystöpäivystys on toteutettu tammikuusta 2002 lähtien yhteistyössä Vaasan pelastuslaitoksen kanssa. Järjestely on toteutettu niin, että alueella on kaksi päällystöpäivystäjää, joista onnettomuuspaikalle lähtee lyhyemmän toimintavalmiuden omaava. Pelastuslaitokset ovat sopineet myös, että mikäli onnettomuuspaikalla on molempien kuntien päällystöpäivystäjät, on johtovastuu Vaasan päällystöpäivystäjällä.



#### **2.4.2 Vaasan kaupungin pelastustoimen organisaatio**

Vaasan kaupunki perustaa pelastustoimintansa vakinaiseen pelastuslaitokseen ja kahteen sopimuspalokuntaan sekä yhteen teollisuuspalokuntaan. Vaasan lentoaseman palokunta huolehtii ilmoitusäänösten mukaisesti valmiudesta lentokentällä.

Vakinaisen palokunnan välitön lähtövalmius on vähintään kahdeksan henkilöä ja neljä henkilöä sairaankuljetuksessa. Lisäksi päivävuorossa on reservissä viiden henkilön vahvuus. Palopäällystää on päivävuorossa 2-7 henkilöä.

#### **2.4.3 Toimintavalmius monitoimihallille**

Monitoimihallilla tapahtuneen onnettomuuden osalta toimintavalmius osalähtöhälytyksessä perustuu kahden Mustasaaren kunnan kohdetta lähinnä olevan palokunnan ja työvuorossa olevien palomiesten hälyttämiseen.

Lähinnä kohdetta ovat Sepänkylän paloasema, josta matkaa kohteeseen on puoli kilometriä ja Koivulahden paloasema, josta matkaa kohteeseen on seitsemän kilometriä.

Vaasan paloasemalta on matkaa monitoimihallille viisi kilometriä, mutta osalähtöhälytyksessä ei hälytystä anneta Vaasan pelastuslaitoksen työvuorolle.

Mustasaaren kunnan lähimmät palokunnat ovat tutustuneet kohteeseen ja se on tullut palokuntalaisille tutuksi, kun he ovat olleet suurten yleisötilaisuuksien aikana alueella turvavartiossa.

Operatiivisen toiminnan avuksi pelastuslaitoksella ei ole laadittuna kohdekorttia tai muuta toimintasuunnitelmaa monitoimihallille.

Hallin ylläpitäjä ei ole laatinut turvallisuussuunnitelmaa, joka pelastustoimilain mukaan tulee kohteessa olla. Palotarkastaja on huomauttanut tästä puutteesta palotarkastusten yhteydessä.

#### **2.4.4 Pohjanmaan hätäkeskus**

Pohjanmaan hätäkeskus aloitti toimintansa 18.11.2002, jolloin yhdistyivät Vaasan, Seinäjoen, Kokkolan, Pietarsaaren ja Kristiinankaupungin kunnalliset aluehälytyskeskukset ja Vaasan, Seinäjoen ja Kokkolan poliisin hätäkeskukset yhdeksi valtiolliseksi hätäkeskukseksi. Hätäkeskus on Vaasan kaupungissa ja sen toiminta-alueeseen kuului 57 kuntaa.

Monitoimihallilla tapahtuneen onnettomuuden aikana oli hätäkeskuksessa työvuorossa vuoromestari ja kahdeksan hälytyspäivystäjää.

## 2.5 Poliisin toiminta

Hätäkeskus ilmoitti kattovauriosta poliisille heti tapahtuman jälkeen. Paikalle hälytettiin yhteensä kolme poliisipartiota. Poliisi kirjasi hallissa vauriohetkellä olleiden henkilötiedot, huolehti sivullisten pitämisestä hallin ulkopuolella ja valvoi yleistä järjestystä. Lisäksi poliisikoira osallistui katolta liukuneen lumen alle mahdollisesti jääneiden henkilöiden etsintään hallin ulkopuolella.

Poliisi suoritti tapahtuneesta poliisitutinnan, mutta koska tapaukseen ei epäilty liittyvän rikosta, esitutkintaa ei aloitettu.

Vaasan kihlakunnan rikostutkimuskeskuksen tutkija saapui tapahtumapaikalle kattovauriota seuraavana päivänä ja antoi tutkintalautakunnalle virka-apua paikkatukinnassa. Tällöin dokumentoitiin muun muassa valokuvaamalla onnettomuuteen liittyviä yksityiskohtia ja vaurioita.

## 2.6 Tallenteet

### 2.6.1 Videovalvontajärjestelmä

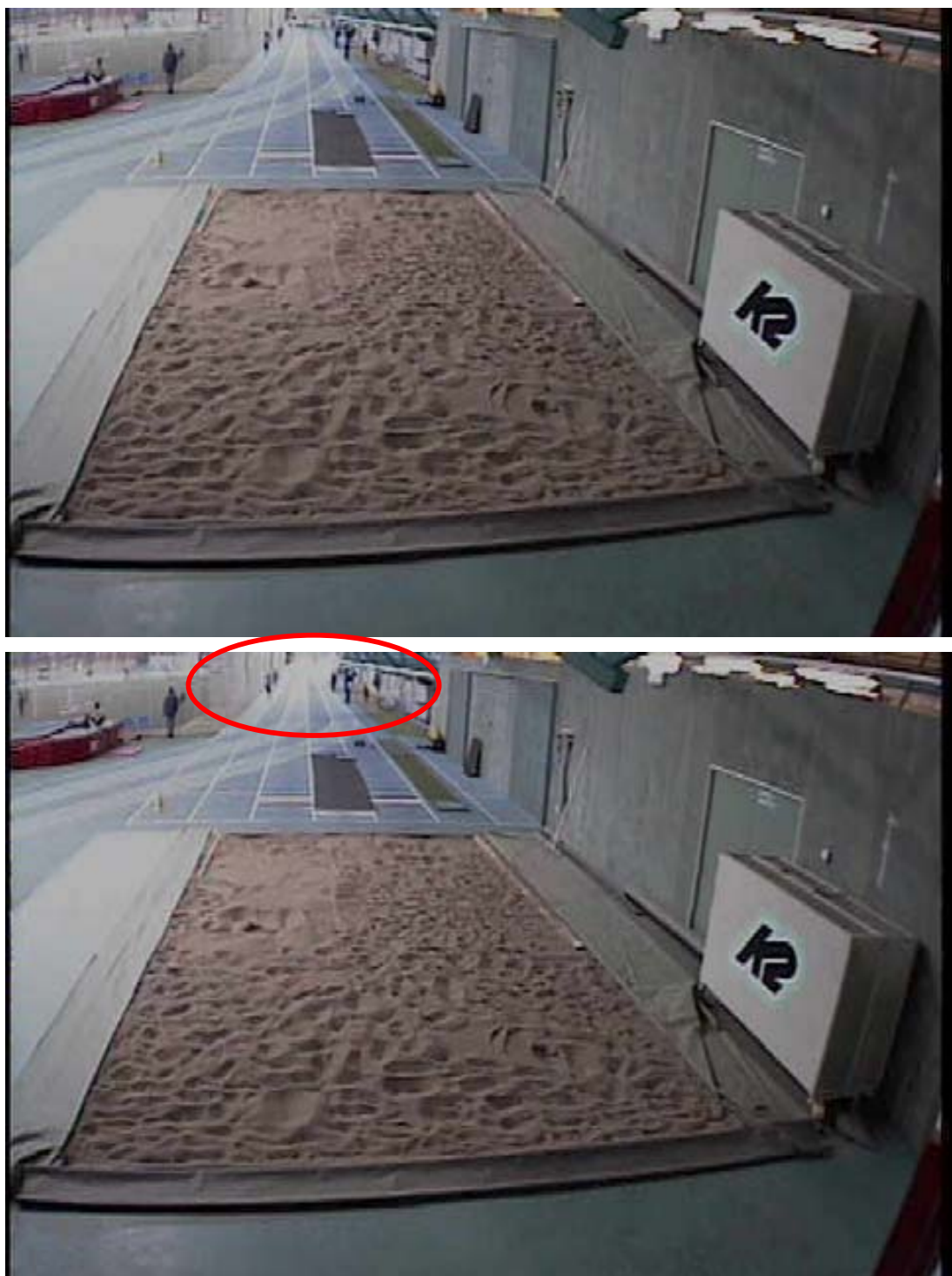
Monitoimihallissa on tallentava videovalvontajärjestelmä, jossa on useita kameroita. Kuvaa tallentuu vain silloin, kun kameran valvonta-alueella tapahtuu liikettä. Yksi kameroista oli suunnattu siihen suuntaan, jossa kattovaurio tapahtui. Kyseisen kameran kuvaa tallentui myös sillä hetkellä, kun katto petti ja lunta tuli sisään. Kameran kellon mukaan vaurio tapahtui 16.50.57. Kuvassa 14 on valvontakameran kuvat kello 16.50.56 ja 16.50.58.

Valvontavideon tallenteiden mukaan pääoven kautta poistui noin 120 henkilöä, jonka perusteella henkilökunta ja mahdolliset muut henkilöt mukaan luettuna rakennuksessa lieinee ollut noin 130 henkilöä. Heistä vain osa, ehkä noin puolet, oli hallitilassa. Moni oli pukuhuoneessa tai muissa tiloissa. Rakennuksessa olleista suuri osa oli lapsia. Epätarkkuutta arvioon aiheuttaa se, että joitakin henkilöitä kulki ovista sisään ja ulos useita kertoja. On mahdollista, että joku on poistunut myös muista hallin lähes kahdestakymmenestä uloskäynnistä.

Valvontavideoiden perusteella on voitu tarkastella myös romahduksen jälkeistä tilannetta muun muassa rakennuksen aulatilassa. Kaikki poistuivat rakennuksesta rauhallisesti, ja osa jopa jäi oleskelemaan aula- ja kahvilatilaan. Eli paniikkia rakennuksesta poistumisessa ei ollut havaittavissa. Sen sijaan varsinaisesta hallitilasta, jossa romahdus tapahtui, on poistuttu silminnäkijöiden kertoman mukaan hyvin ripeästi, mutta silti hyvässä järjestyksessä.

Videotallenteen mukaan ensimmäinen sairausauto saapui rakennuksen pihaan noin kuuuden ja puolen minuutin kuluttua kattovauriosta ja toinen noin kolme minuuttia myöhemmin. Palokunnan ensimmäiset yksiköt saapuivat pihaan noin 11 minuutin ja 30 sekunnin kuluttua romahduksesta.





Kuva 14. Monitoimihallin videovalvontajärjestelmän kuvat kello 16.50.56 ja 16.50.58. Alemman kuvan punaisella ympyröidyssä kohdassa näkyy kattoon syntyneestä reiästä sisään putoavaa lunta.

Figure 14. Photos produced by the video surveillance system of the multi-purpose hall at 16.50.56 hrs and 16.50.58 hrs. In the photo below, the encircled point in red shows the snow having penetrated into the hall interior through an opening that had been torn in the roof.

## 2.6.2 Hätäkeskuksen ja pelastustoimen tallenteet

Hätäkeskuksen hätävaihteeseen tulleet kaksi hätäilmoitusta on nauhoitettu. Nauhoitteista on selvinnyt millaista tietoa ilmoittajat ovat välittäneet hälytyspäivystäjälle onnettomuudesta.

Hätäkeskuksessa on tietojärjestelmään tallennettu hälytysraportti, jonka osia ovat tehtävänseuranta ja sanomaliikenne. Tehtäväseurannasta selviää tehtyjä hälytyksiä ja ilmoituksia eri organisaatioille ja muille toimijoille. Sanomaliikenteeseen on tallentunut hätäkeskuksen käyttämät viestiyhteydet, mutta ei viestien sisältöjä.

Onnettomuuteen liittyen on hätäkeskuksessa kaksi tehtäväilmoitusta. Tehtäväilmoituksessa numero 47798 on tiedot monitoimihallilta automaattisen paloilmottimen kautta tulleesta palolaitteviasta ja sen aiheuttamista toimenpiteistä hätäkeskuksessa. Tehtäväilmoituksessa numero 47800 on tietoja ensimmäisestä hallilta tulleesta hätäilmoituksesta ja palokuntien, sairaankuljetuksen ja poliisin ajoneuvoyksiköiden hälytysaikatietoja sekä miehistövahvuuksia.

Pronto-tietojärjestelmän hälytysselesteeseen on hätäkeskus kirjannut hälyttämisiin liittyviä tietoja ja pelastustoiminnan johtaja on täyttänyt samaan järjestelmään onnettomuusselesteen, jossa selvitetään onnettomuuden kehittyminen ja pelastustoiminta.

Viranomaisradioverkon radiopuheluiden osalta ei ole tallenteita.

Mustasaaren pelastuslaitos on myös videokuvannut pelastustoimenpiteitä. Videokuvaus on aloitettu lähes heti ensimmäisen pelastustoimen yksikön saavuttua paikalle.

## 2.7 Asiakirjat

Tutkintalautakunta on kerännyt hallin rakentamiseen liittyviä teknisiä ja muita asiakirjoja. Käytössä on ollut rakennushankkeen ohjauksessa käytettyjä asiakirjoja, kuten sopimusasiakirjoja, laaduntarkastusraportteja ja rakennuslupa-asiakirjoja.

Rakennuksen suunnitelmista tutkintalautakunnalla on rakennuksen piirustukset, esistaatiikkaselvitys ja osa rakenne-elementtien ja eri rakenneosien mitoituslaskelmista. Suunnitteludokumentit saatiin rakennesuunnittelijalta. Rakennusvalvonnasta saatiin asema- ja pääpiirustukset.

Seuraavia asiakirjoja ei ole suunnitteluaineistossa:

- teräsrakenteiden työselitys,
- kokoonpanoliitosten (pulttiliitosten) laskelmat koskien orsi- ja jäykisteristikoita,
- rakenne-elementtien hitsausliitosten laskelmat ja mitoitus lähes kokonaan, ja erityisesti vaurioituneiden liitosten osalta,
- rakenteen jäykistämistä koskevat suunnitelmat ja laskelmat suurelta osin, ja erityisesti katon jäykistysristikoiden puristusrasitettujen komponenttien osalta, sekä
- katon teräsohutlevyjen kiinnityksiä koskevat laskelmat ja suunnitelmat.

## 2.8 Suunnittelussa sovellettavat määräykset ja ohjeet

Rakenteeseen vaikuttaa omapaino, tuulikuorma ja lumikuorma, joiden suuruudet on annettu suunnittelun perusteeksi Suomen rakentamismääräyskokoelman (RakMK) ohjeessa B1. Laajemmin kuormituksia on käsitelty Rakennusinsinööriliiton ohjeessa RIL 144-1983, joka perustuu rakentamismääräyskokoelman ohjeeseen. Vuoden 1983 versio oli voimassa hallia rakennettaessa ja sitä käytettiin suunnittelun perusteena. Sitten on julkaistu uusia versioita, joista nyt on käytössä vuonna 2002 julkaistu vastaava ohje.

Ohjeen RIL 144-1983 mukaan laskentakuormat tulee valita siten, että ne vastaavat mahdollisimman tarkasti vallitsevia olosuhteita. Kantava rakenne tulee suunnitella siten, että sillä on riittävä varmuus murtumista vastaan. Lisäksi rakenteella tulee olla riittävä varmuus käyttötarkoitukseen nähden haitallisten muodonmuutosten tai muiden haitallisten vaikutusten syntymistä vastaan. Ohjeen mukaan rakenteen suunnittelussa on otettava myös huomioon valmistuksen, varastoinnin, kuljetuksen sekä rakennustyön aikaiset kuormat ja kuormitustilanteet.

Seuraavassa on esitetty lyhyesti kuormat, jotka rakenteiden suunnittelussa tulisi ottaa huomioon, ja hallin suunnittelussa huomioon otetut kuormat. Kyseisiä kuormia ja erityisesti niiden yhdistelmiä sovelletaan eri teräsrakenteiden suunnitteluun Suomen rakentamismääräyskokoelman osan B7 Teräsrakenteet mukaisesti. Hallin katon kantavan teräsohutlevyn mitoitus on tehty osan B6 Teräsohutlevyrakenteet mukaan.

### Omapaino

Katon omapainon arvon tulee, kuten muidenkin kuormien, edellä esitetyn periaatteen mukaan vastata mahdollisimman tarkasti vallitsevia olosuhteita. Suunnitelmissa on käytetty arvoa  $0,6 \text{ kN/m}^2$  ( $\approx 60 \text{ kg/m}^2$ ), joka vastannee todellisuutta riittävällä tarkkuudella. Omapaino sisältää rakenteiden, katteiden ja LVIS-osien painon.

### Lumikuorma

Lumikuormaa varten kuormitusohjeessa on esitetty kartta, josta näkyy peruslumikuorman suuruus Suomen eri osissa. Mustasaaren seudulla peruslumikuormaksi katolla oli tuolloin määritetty  $1,4 \text{ kN/m}^2$  ( $\approx 140 \text{ kg/m}^2$ ). Kyseistä peruslumikuormaa voitiin käyttää suunnittelun perusteena, kun mitään paikallisia erityisolosuhteita ei ollut tiedossa.

Suunnittelussa on otettava huomioon sekä tasaisen lumikuorman tilanne että kinostuminen. Tasaisen lumikuorman tilanteessa ominaislumikuorma on kuormitusohjeessa määritetty peruslumikuorma  $1,4 \text{ kN/m}^2$ . Kinostuneen lumikuorman ominaisarvo saadaan kertomalla peruslumikuorma kaarikaton muotokertoimella. Muotokerroin oli voimassa olleen ohjeen (RIL 144-1983) mukaan kaarikatolla suurin sillä kohdalla, jossa kattokaltevuus on  $60^\circ$ . Tällöin muotokerroin oli 2,5. Hallin toisella sivulla kattovaurion kohdalla, kun katon jyrkkyys on n.  $30^\circ$  räystäälle asti, ohjeen mukainen muotokerroin oli 1,49. Näin ollen katson yläpuolella olevan katon suunnittelussa olisi voitu käyttää ominaislumikuorman arvoa  $1,49 \cdot 1,4 \text{ kN/m}^2 \approx 2,08 \text{ kN/m}^2$  ( $\approx 208 \text{ kg/m}^2$ ).

Rakenteiden suunnittelussa ja mitoituksessa on kuitenkin otettu lumen muotokerroin huomioon ylisuurena. Suunnitteluohjeen mukainen suurin muotokertoimen arvo  $\mu_{k2} = 2,5$  (vastaten katon jyrkkyyttä  $60^\circ$ ) on otettu hallin katon räystäälle, jossa jyrkkyys on ollut suurimmillaan hieman yli  $40^\circ$ . Näin ollen ominaislumikuorman arvona on räystäällä käytetty arvoa  $3,5 \text{ kN/m}^2$ . Suunnittelussa on päätelty, että muualla katolla lumikuorma on pienempi, joten samoja rakenneseosia voitiin käyttää koko hallissa. Lumikuorman osalta suunnittelussa oli siis käytetty suurempaa kuormaa kuin mitä kuormitusohjeissa on vaadittu.

Mitattu suurin lumikerroksen kohtisuora paksuus kattoa vasten oli 75 cm, ja sen punnittu tiheys oli  $193 \text{ kg/m}^3$ . Todellinen lumikuorma pystysuorassa suunnassa  $30^\circ$  kattokaltevuudella on tällöin  $169 \text{ kg/m}^2$ .

Rakennetta mitoitettaessa ominaislumikuorma kerrotaan vielä osavarmuuskertoimella 1,6. Näin ollen staattinen lumikuorma ei ole ollut niin suuri, että kuormitusohjeiden mukaan suunnitellut ja tehdyt rakenteet voisivat vaurioitua.

Hallin katossa ei päätyjen matalampaa osaa lukuun ottamatta ole sellaisia katvealueita, joissa tulisi ottaa huomioon muita kinostumisesta tai muista syistä johtuvia muotokertoimia.

Myöhemmin julkaistuissa kuormitusohjeissa kaarikaton muotokertoimen jakautuminen katon eri osilla on muuttunut. Kyseinen katto ei kuitenkaan ole kaaren muotoinen, joten sitä varten ei kuormitusohjeissa ole tarkasti sopivia muotokertoimen arvoja.

### **Tuulikuorma**

Kuormitusohjeen RIL 144-1983 mukaan mitoitettaessa rakenteita tuulikuormalle on käsiteltävä erikseen kolmea erillistä kuormitustapausta. Suunnittelijan on kulloinkin erikseen harkittava, mitkä seuraavista kuormitustapauksista tutkitaan:

- a) Rakenne mitoitetaan staattiselle kokonaiskuormalle tuulen kaatavaa momenttia vastaan,
- b) Rakenteen osapinnat mitoitetaan staattiselle tuulenpaineelle, jolla mitoitetaan esimerkiksi rakennuksen vesikaton kiinnitystarve tai seinälle tuulesta aiheutuva taivutusmomentti.
- c) Rakenne mitoitetaan tuulikuorman dynaamisille vaikutuksille (värähtelylle).

Tapaus a) rasittaa kaikkia katon rakenteita erityisesti katon kaltevimmallalla osalla ja vaikuttaa osaan rakenteista samaan aikaan kuin lumikuorma. Tapaus b) mitoitaa kattoristikoiden alapaarteet, mahdollisesti jotkut diagonaalit ja on tarpeen selvitettyä katon stabiliteettia. Tapaus c) on ilmeisen tarpeeton, koska kyseessä ei ole mastomainen rakenne.

Suunnittelun perusteena käytettävät tuulenpaineet ja kertoimet eri maastotyyppisiä ja muita olosuhteita sekä erilaisia rakennerratkaisuja varten on annettu edellä mainitussa

kuormitusohjeessa RIL 144-1983. Tuulenpaineen perusarvona maanpinnan tasossa voidaan Vaasan seudulla pitää noin viiden metrin korkeuteen asti arvoa  $0,49 \text{ kN/m}^2$ .

Pääkannattajien suunnitelmissa on esitetty samassa kuormituspiirustuksessa edellä mainitut erilliset tuulikuormatapaukset a ja b. Koska kumpi tahansa tapauksista saattaa kaarikatolla sen eri rakenneosissa olla mitoittava, ne tulisi kuormitusyhdistelmissä käsitellä erillisinä tapauksina. Kyseisessä hallissa käytetyn tyyppisissä rakenteissa ne tulee ottaa erillisinä huomioon erityisesti katon teräsohutelvyjen, orsirikoiden ja pääkannattajien mitoituksessa, koska katon kaarevuudesta riippuen joidenkin rakenteiden osalta ne voivat samassa kuormitustapauksessa kumota toistensa vaikutuksen.

#### Kuormitustapaus a)

Kuormitustapausta a ei ole otettu pääkannattajan, orsirikoiden tai katon teräsohutelvyjen laskelmissa huomioon. Tuulenpuoleisilla lappeilla tuulikuorma aiheuttaa ohutelvyille ja orsiristikoille samansuuntaisen kuormituskomponentin kuin lumikuorma ja omapaino.

Rakennuksen staattinen kokonaistuulikuorma on suunnitelmissa laskettu hallin päädyn osalta, mutta tuulikuorman kattotason rakenteisiin hallin pituussuunnassa vaikuttavaa osuutta tai päädyn rakenteiden ottamaa osuutta ei ole rakenneanalyysissä tai käsin laskemalla selvitetty.

Katon poikittaisten jäykistysristikoiden (kuva 4) mitoituslaskelmassa on oletettu, että päädyistä hallin kattoon aiheutuva osuus tuulikuormasta jakautuu tasan kaikille neljälle jäykistysristikolle. Se tarkoittaa, että 3/4 päädyn tuulikuormasta on oletettu siirtyvän kyseistä päätyä lähimpänä olevalta jäykistysristikolta orsirikoiden kautta seuraaville pääkannattajille ja edelleen seuraaville jäykistysristikoille. Orsiristikoita ei kuitenkaan ole mitoitettu aksiaalisiin rasituksille. Aksiaalivoimaa ei ilmeisesti ole otettu huomioon niissäkään orsirikoidissa, jotka sijaitsevat lähinnä päätyjä olevissa kehäväleissä, koska ristikon yläpaarre on sama kuin muualla. Tietyt orsirikot kuitenkin osallistuvat puristus- ja veto-voimien päätyristikoiden toimintaan.

#### Kuormitustapaus b)

Rakennuksen eri osapintoihin kohdistuvat paine ja imu tulisi ottaa huomioon edellä mainitussa tuulikuormitustapauksessa b. Katon ohutelvyjen ja orsirikoiden laskelmat on laadittu pelkästään tuulikuormatapaukselle, jossa kattopintaan kohdistuu imua. Pääkannattajat on mitoitettu kuormitustapaukselle, jossa kaaren kuormat ovat tapauksen b mukaisia ja sivuseinillä oleviin pystysauvoihin vaikuttaa tapauksen a mukainen paine.

Hallin kattovaurion tapahtumahetkellä ei juurikaan tuullut, joten tuulikuormien käsittelyyn liittyvillä puutteilla ei ollut välitöntä vaikutusta tapahtuneeseen.

#### **Kuormitusyhdistelyt**

Rakenteisiin kohdistuvat erilliset ominaiskuormat määritetään suunnittelun yhteydessä edellä esitetyllä tavalla kuormitusohjeiden avulla. Sen sijaan kuormitusyhdistelmät, joita

tulee suunnittelussa ja laskelmissa käyttää, saadaan Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeesta B7 Teräsrakenteet, 1996.

Hallin pääkannattajia ja orsiristikoita varten tulee tehdä kuormitusyhdistelyt seuraavista kuormista:

- 1) omapaino
- 2a) tasainen lumikuorma katolla
- 2b) lumen epäsymmetrinen kinostumiskuorma, suurin arvo linjalla 1 (kuva 4)
- 2c) lumen epäsymmetrinen kinostumiskuorma, suurin arvo linjalla 3 (kuva 4)
- 3a) kaatava tuulikuorma vasemmalta, tapaus a
- 3b) kaatava tuulikuorma oikealta, tapaus a
- 3c) tuulen hallin pintaan aiheuttama kuorma, tapaus b, tuuli vasemmalta
- 3d) tuulen hallin pintaan aiheuttama kuorma, tapaus b, tuuli oikealta

Kuormat tulee rakenneosien suunnittelussa ottaa ohjeen mukaan kuormitusyhdistelynä huomioon seuraavalla tavalla:

$$F_d = A + B + 0,5 \cdot C \quad \text{tai} \quad F_d = A + C + 0,5 \cdot B$$

joissa

- $F_d$  = laskentakuormitus murtorajatilassa
- A tarkoittaa rakenteen omaa painoa 1),
- B tarkoittaa yhtä tapauksista 2a), 2b) ja 2c), ja
- C tarkoittaa yhtä tapauksista 3a), 3b), 3c) tai 3d).

Kuormat tulee ennen kuormitusyhdistelyä kertoa ohjeiden mukaisella osavarmuuskerroimella.

Rakenteiden suunnittelussa käytettävä laskentakuormitus tulee valita edellä esitetystä vaihtoehdoista siten, että kullekin mitoitettavalle osarakenteelle saadaan määräävä vaikutus. Orsiristikoiden kiinnityskohdissa tulisi myös tutkia tapaus, missä lumikuorma vaikuttaa vain kehän toisella puolella, koska siitä joissakin kohdissa aiheutuu pääkehään merkittävä vääntörasitus.

Pääkannattajien ja orsiristikoiden suunnittelussa on otettu huomioon vain kuormitustapaukset 1), 2a), 2c), 3c) ja 3d). Pahimmat puutteet ovat kuormitustapausten 3a) ja 3b) jättäminen rakenneanalyysistä pois.

### Käyttörajatilat

Rakentamismääräyskokoelman ohjeen B7 Teräsrakenteet mukaan suunnittelussa tulee ottaa huomioon sekä rakenteiden kestävyys (murtorajatilatarkastelu) että niiden taipumat ja muodonmuutokset (käyttörajatilatarkastelu). Käyttörajatilatarkastelussa tulee ottaa huomioon muun muassa seuraavat seikat:

- siirtymäraja-tila, yleensä taipumarajatilat (suurimmat sallitut taipumat ja siirtymät),
- värähtelyraja-tila (korkeissa rakenteissa),

- kiihtyvyyssrajatila (mahdollisissa törmäyksissä),
- kitkaliitoksen liukuminen.

Koska rakennuttaja ei ole antanut lisävaatimuksia, hyöty- ja luonnonkuormista aiheutuvien taipumien käyttörajatilat staattisella kuormituksella ovat ohjeen B7 mukaan vesika-toille  $L/300$ , missä  $L$  on jänneväli. Orsille ja muille vastaaville rakenneosille on annettu taipumarajatilaksi  $L/200$ . Rakennuksen vaakasuoran siirtymän rajatila on  $H/150$ , missä  $H$  on korkeus. Vaakasiirtymät pitäisi tarkistaa erityisesti hallin pituussuunnassa.

Hallin katon pääkannattajien tai orsivistikoiden osalta ei ole tehty käyttörajatila-tarkasteluja. Niitä ei ole tehty myöskään kattolohkojen asennuksen aikaisten suurimpien sallittujen muodonmuutosten määrittämiseksi.

## 2.9 Muut tutkimukset

Tutkinnan yhteydessä on VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikassa tehty erillinen selvi-tys lumen poistumisesta hallin katolta. Muistio selvityksestä on liitteessä 1.

Liitteen 1 tuloksia on hyödynnetty liitteessä 2 (Orsivistikon ja vaurioituneen liitoksen ra-kenneanalyysit ja mitoitus), jossa on laskettu vaurioituneen liitoksen eri komponenttien kestävyudet ja muita vaurioon vaikuttaneita tekijöitä kuten lumen dynaaminen lisäkuor-mitus.

Lisäksi VTT Tuotteet ja tuotanto on tehnyt tutkimusselostuksen peltäneiden hitsauslii-tosten murtumien tutkinnasta. Tutkintaselostus on liitteessä 3.





### **3 ANALYYSI**

#### **3.1 Onnettomuuden analysointi**

##### **3.1.1 Rakentamis- ja suunnitteluorganisaatio**

###### **Kattorakenteiden suunnittelu**

Merkittävin vaurioon johtanut seikka oli se, että orsiristikon kiinnittämiseen liittyvästä yksityiskohdasta, pääkannattajan yläosaan hitsatusta kiinnityskorvakkeesta tuli suunnitelmassa liian heikko. Heikko yksityiskohta pääsi syntymään, koska kaikkiin rakenneosiin kohdistuvia kuormituksia ei otettu huomioon eikä kaikkien osien lujuuksia tarkistettu. Suunnitteluasiakirjojen osittainen puuttuminen viittaa myös siihen, että kaikkiin yksityiskohtiin ei paneuduttu riittävästi ja suunnittelu ei ollut riittävän huolellista ja täsmällistä.

Suunnittelussa tehty yksittäinen virhe ei saisi johtaa rakenteiden pettämiseen tai onnettomuuteen. Sen estämiseksi tämänkaltaiset virheet tulisi rakentamisorganisaatiossa torjua mahdollisimman tehokkaasti. Lainsäädännön puolesta on mahdollisuuksia ja velvoitteita pyrkiä tunnistamaan ja torjumaan heikkoja rakenteita ja yksityiskohtia, mutta käytännössä järjestelmä ei ole toimiva. Tässä tapauksessa kukaan ei missään vaiheessa kyseenalaistanut tai tarkastanut korvakkeen tai monien muidenkaan rakenneosien hyvyyttä ja virheet pääsivät etenemään aina valmiiseen halliin saakka.

###### **Suunnitelmien ja toteutuksen valvontamahdollisuudet**

Suunnitteluyrityksen pitää valvoa suunnitelmiensa laatua. Sitä varten piirustuksissa on paikka tarkastus- ja hyväksyntämerkinnälle. Merkintöjä ei kuitenkaan kaikissa piirustuksissa ollut. Ilmeisesti yksittäinen suunnittelija oli laatinut suunnitelmat, eikä niitä sen jälkeen kukaan huolellisesti tarkastanut tai hyväksynyt. Tähän on mahdollisesti vaikuttanut suunnittelutoimistojen kova kilpailu, alhaiset hinnat ja siitä edelleen johtuva minimoitu ajankäyttö. Nämä seikat eivät kuitenkaan oikeuta minkäänlaisiin suunnittelun laiminlyönteihin.

Nykyisten rakentamismääräysten mukaan hankkeella tulee olla pääsuunnittelija, joka vastaa suunnitelmien koordinoinnista ja toisiinsa sovittamisesta. Hallia rakennettaessa pääsuunnittelijavaatimusta ei ollut. Näin ollen sellaista pääsuunnittelijaa, joka olisi rakenteiden yksityiskohtia tarkastanut, ei ollut.

Rakennuttaja voi palkata myös valvojan. Tälle hallityömaalle oli palkattu valvoja. Hänen tehtäviinsä kuitenkin kertomansa mukaan kuului lähinnä aikataulujen seuranta ja rakennuksen yksityiskohtien kustannusten seuranta etenkin lisä- ja muutostöiden osalta. Lisäksi hän valvoi rakennuttajan etua esimerkiksi materiaalivalintojen osalta. Hän ei perehtynyt rakennetekniisiin yksityiskohtiin.

Työmaalla toimii aina myös rakennusvalvonnan hyväksymä vastaava työnjohtaja. Vastaavan työnjohtajan päätehtävänä on johtaa rakennustyömaata ja huolehtia, että työ-

maalla kaikki sujuu niin kuin on suunniteltu. Vastaavalla työnjohtajalla on mahdollisuus ja useimmiten myös ammattitaitoa arvioida työmaalla eri työvaiheita ja rakenteiden järjestyttä ja kestävyyttä. Tässä tapauksessa rakenneosien kuormitusten ja sitä kautta kestävyuden arviointi olisi ollut monimutkainen tehtävä, joten siihen hänellä ei ollut mahdollisuuksia perehtyä. Lisäksi rakenteet tulivat valmiina elementteinä suunnitelmien mukaisina terästoimittajalta, joten työmaalla ei niiden valmistukseen osallistuttu.

### **Suunnittelun ohjaus**

Rakennuttaja sisällytti teräsrakenteiden suunnittelun pääurakkaan kuuluvaksi. Pääurakoitsija oli puolestaan esittänyt tarjouksensa ehtona rakennesuunnittelijan. Näin menetellen rakennuttaja ei valinnut suunnittelijaa vaan pääurakoitsija. Urakkasopimuksessa ei ollut rakennesuunnittelua erikseen täsmentävää toimeksiantoa.

Rakennuttajan laatimissa tarjouspyyntöasiakirjoissa tai niiden liitteissä ei ollut tietoja suunnittelijoille rakennushankkeen erityispiirteisiin liittyvistä vaaroista. Suunnittelijoiden tehtäviin ei selkeästi sisällytetty riskitekijöiden kartoittamista ja niitä koskevien tietojen antamista RakVNp:ssä vaaditun työturvallisuusasiakirjan laatimista varten. Tämä johtuu osittain siitä, että rakennuttaja ei tiedostanut em. työturvallisuusasiakirjan laatimisen tarvetta eikä tunnistanut hallin rakennesuunnittelun vaativuutta.

Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan rakennuttaja jätti teräsrakenteiden suunnittelun pääurakoitsijan huolehdittavaksi eikä tältä osin varmistanut sitä, että esim. työturvallisuus otetaan suunnittelussa huomioon, kuten RakVNp:ssä vaaditaan. Toimeksianto suunnittelijoille ei siis sisältänyt riittävästi vaatimuksia turvallisuuden huomioon ottamiseksi rakennesuunnittelussa.

Rakennuttaja ei ollut tehnyt erillistä sopimusta päärakennesuunnittelusta, joten tehtävä ei selvästi kuulunut kenellekään. Rakennuttajan palkkaama projektipäällikkö ei myöskään kertomansa mukaan itse tarkastanut kattorakenteiden suunnitelmia eikä vaatinut niille ulkopuolista tarkastamista. Suunnitelmien vaatimustenmukaisuus jäi kokonaan suunnittelijan oman osaamisen ja huolellisuuden varaan.

Rakennuttaja ei laatinut RakVNp:n edellyttämää työturvallisuusasiakirjaa eikä pyytänyt näin ollen rakennesuunnittelijaltakaan tietoja kattoristikoiden valmistamiseen tai asennukseen mahdollisesti liittyvistä turvallisuusriskeistä.

Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan ainakin teräsristikoiden pitkät jännevälit ja rakenteiden hoikkuus aiheuttivat turvallisuusriskejä. Näistä johtuen turvallisuusasiakirjaan kirjattavia riskitekijöitä, joihin olisi pitänyt varautua suunnittelussa, ristikoiden valmistamisessa sekä asennustyössä, olivat ainakin:

- Kattorakenteiden kantavuuden kannalta kriittiset liitokset
- Pitkien, hoikkien ja painavien teräsristikoiden nostaminen ja työnaikainen tukeminen
- Ristikoiden stabiliteetin varmistaminen asennusvaiheessa

### **Teräsristikoiden valmistus**

Suunnitteludokumentteihin on kirjattu, että hallin suunnittelussa käytetään lähtökohtana aiempaa vastaavaa hallisuunnitelmaa. Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan aiempaa hallia rakennettaessa suunnittelija ja valmistaja olivat ilmeisesti sopineet, että:

- orsistikot tehdään samanpituisina,
- orsistikoiden yläpinta nostetaan samaan tasoon pääkannattimien kanssa, jotta ohutlevyn voi asentaa suoraan ristikoiden päälle, ja
- orsistikot mitoitetaan jatkuvina rakenteina.

Aiemmassa hallissa oli orsistikoiden kiinnityksessä päädytty samantyyppiseen liitosratkaisuun kuin vaurioituneessa hallissa, mutta aikaisemmassa hallissa orsistikoiden ja pääkannattajien väliset korvakkeet olivat katon suuntaiset. Aikaisemmassa hallissa ei ollut katsomoa, joka olisi edellyttänyt pääkannattajien korottamista. Näin ollen siellä ei syntyneet samanlaisia korvakkeiden pituuteen ja kiinnitykseen liittyviä ongelmia.

Katsomon korotetun katon takia hallin rakenteisiin tuli enemmän suunnittelua vaativia yksityiskohtia, koska edellä mainitut rakenneratkaisut haluttiin säilyttää. Myös uudessa hallissa kaikki orsistikot tehtiin saman pituisina. Katsomon kohdalla orsistikoiden kiinnityskorvakkeiden (kuva 7) pituus oli suurempi kuin muualla.

Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan sekä suunnittelija että teräsrakenteiden valmistaja ovat tunnettuja ja kokeneita vastaavien rakenteiden valmistajia, joiden olisi pitänyt huomata rakenteiden erot ja siitä aiheutuvat riskit rakenteiden hitsausliitoksissa. Hitsausliitoksista ei kuitenkaan tehty laskelmia eikä asiasta ilmeisesti keskusteltu riittävästi suunnittelijan ja valmistajan välillä.

Suunnittelijan ja valmistajan yhteistyö ei ole ollut muutosten hallinnan osalta riittävää.

### **Rakennuksen kunnan seuranta ja kunnossapito**

Rakennuttaja, joka oli sama kuin rakennuksen käyttäjä, ei vaatinut suunnittelijoita antamaan kirjallisia ohjeita hallin turvallista käyttöä ja huoltoa varten.

Kohteeseen ei ole laadittu pelastustoimilain mukaista turvallisuussuunnitelmaa.

Tutkinnassa tehtyjen havaintojen mukaan teräsrakenteissa on ollut taipumia jo ennen kattovauriota. Hallin käyttäjä ei ole taipumia havainnut tai ainakaan niihin reagoinut. Kattorakenteiden kuntoa ei ole käytön aikana tarkastettu.

Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan kattorakenteiden riskikohtien tunnistamisella ja niiden kunnan suunnitelmallisella seurannalla olisi todennäköisesti pystytty liitosten vauriot havaitsemaan ja tarvittavat toimenpiteet suunnittelemaan ajoissa. Rakenteiden kunnan seuranta on helposti järjestettävissä, koska ne ovat paljaana näkyvissä. Asianmu-

kaisen kunnossapito-ohjelman laatiminen edellyttää ensin rakenteiden kriittisten kohtien tunnistamista.

### **Rakennusvalvontaviranomainen**

Kunnan rakennusvalvonta valvoo rakentamismääräysten ja hyvien rakentamistapojen noudattamista. Nykyisin hyvin monien kuntien rakennusvalvonnassa ei kuitenkaan rakennesuunnitelmia käydä kunnolla läpi eikä yksityiskohtiin perehdytä. Hallia rakennettaessa rakennepiirustukset yksityiskohtineen toimitettiin rakennustarkastajalle, joka ei kuitenkaan kertomansa mukaan niihin tarkemmin perehtynyt. Hän luotti ammattitaitoisiksi arvioimiinsa suunnittelijoihin ja muihin osapuoliin. Rakennustarkastajalla ei oman arviionsa mukaan ollut ammattitaitoa syvällisesti perehtyä teräsrakenteiden yksityiskohtiin tai tehdä niihin liittyviä laskelmia. Hän ei myöskään pyytänyt asiantuntijoiden apua.

Halli oli kyseisessä kunnassa suuruusluokaltaan poikkeuksellinen hanke, jollaisista rakennusvalvonnalla ei ollut aikaisempaa kokemusta. Lisäksi käytännössä rakennusvalvonnan tehtäviä saattaa yleisesti vaikeuttaa se, että rakennuttajana on suoraan tai välillisesti oma kunta, joka myös viime kädessä vastaa rakennusvalvonnasta. Eturistiriitoja ja kiistoja hankkeen toteuttamisen yksityiskohdista voi syntyä, kun rakennusvalvonnan ylempänä organisaationa ja rahoittajana toimii se taho, jolla on käsissään myös rakennuksen toteuttamistapa ja kustannusten valvonta. Myös tämän hallin tapauksessa kiistaa oli ollut ainakin paloturvallisuuteen liittyvissä kysymyksissä.

Rakennusvalvonnalla ei ole vaativien kohteiden kattavaan tarkastukseen mahdollisuuksia, sillä aika, henkilöstö ja ammattitaito ei usein riitä. Lisäksi niin sanottua omaa valvontaa on rakennus- ja muillakin aloilla lisätty, mikä rakennusalalla merkitsee viranomaisvalvonnan korvaamista rakennuttajavalvonnalla. Eli sen sijaan että viranomainen hyväksyisi ja siten ottaisi vastuuta esimerkiksi rakenteiden hyvyydestä ja vaatimustenmukaisuudesta, vastuu on siirretty hankkeeseen ryhtyvälle eli rakennuttajalle. Viranomainen tällöin ainoastaan valvoo, että rakennuttajalla on edellytykset selvittää kyseisestä hankkeesta, riittävästi ammattitaitoa ja että tämä sitoutuu ottamaan vastuun ja valvoon turvallisuutta ja muita vaadittavia asioita.

### **Rakennusvalvonnan mahdollisuus tarkastuttaa suunnitelmat ulkopuolisella**

Vuonna 2000 voimaan tulleen Suomen rakentamismääräyskokoelman osan A1 mukaan rakennusvalvonnalla on nykyisin oikeus vaatia luvanhakijalta suunnitelmista annettua asiantuntijalausuntoa eli ulkopuolista tarkastusta. Tällöin pyydetään asiantuntijalausuntoa siitä, että täyttääkö suunniteltu ratkaisu tai rakentaminen sille lain nojalla asetetut vaatimukset. Tällainen tarkastus olisi voinut estää tapahtuneen vaurion.

Hallin rakentamisen aikaan kyseistä asiaa ei rakentamismääräyksissä ollut vielä mainittu, mutta asiantuntijalausannon hankkiminen oli kyllä mahdollista. Kuitenkin vielä nykyisinkin menettelyn käyttöön on tutkintalautakunnan käsityksen mukaan liian suuri kynnyks. Määräysten mukaan: *Ulkopuolinen tarkastus tulee kyseeseen silloin, kun rakentamisessa käytetään rakennuksen turvallisuuden, terveellisyyteen tai pitkäaikaiskestävyyteen merkittävästi vaikuttavia suunnittelu- tai toteuttamismenetelmiä, joiden kelpoi-*

*suudesta ei ole varmuutta tai aikaisempaa kokemusta. Tarkastusta tulee edellyttää myös, kun rakentamisessa havaitaan tai voidaan epäillä tapahtuneen sellainen virhe, jonka vaikutuksia tai korjaamista ei voida luotettavasti arvioida tai toteuttaa ilman ulkopuolista selvitystä. Tarkastuksen suorittajan tulee olla riippumaton rakennushankkeessa mukana olevista tahoista. Maankäyttö- ja rakennuslaissa todetaan myös, että ulkopuolisesta tarkastuksesta aiheutuvista kustannuksista vastaa rakennushankkeeseen ryhtyvä.*

Rakennuttaja ei lisäkustannuksia ja lupamenettelyn pitkittymistä välttääkseen yleensä liene halukas teettämään ulkopuolista tarkastusta varsinkaan silloin, jos kokee hankkeeseen nimettyjen suunnittelijoiden olevan riittävän päteviä. Rakennusvalvonta joutuu ilmoittamaan ulkopuoliseen tarkastuksen vaatimiseen johtaneet syyt ja sen, miltä osin tarkastusta edellytetään. Tarkastuksen tarpeellisuuden perusteleva voi olla ilmeisen hankala tehtävä, joka edellyttää rakennustarkastajalta suunnitelmien huolellista läpikäyntiä ja ymmärtämystä. Lisäksi niistä tulisi kyetä tunnistamaan *suunnittelu- tai toteuttamismenetelmiä, joiden kelpoisuudesta ei ole varmuutta tai aikaisempaa kokemusta tai sellainen virhe, jonka vaikutuksia tai korjaamista ei voida luotettavasti arvioida tai toteuttaa ilman ulkopuolista selvitystä.* Tutkintalautakunnan käsityksenä on, että edellä esitetyn perusteella yksittäisen kunnan rakennusvalvonnan on hyvin hankalaa vaatia ulkopuolista tarkastusta, sillä ammattitaito ei usein riitä riskialttiiden yksityiskohtien tai kokonaisuuksien tunnistamiseen ja ulkopuolisen tarkastuksen vaatimuksen perustelevuuteen. Rakennustarkastajilta ei pienissä kunnissa voida edellyttää kaikenlaisten suunnittelu- tai toteuttamismenetelmien ja niiden turvallisuuden ja käyttökokemusten osaamista. Se, että jonkin yksittäisen kunnan rakennusvalvonnassa ei jotain ehkä muualla laajastikin käytettyä rakenneratkaisua ennestään tunneta, ei yleisesti ajatellen liene kohtuullinen ja riittävä syy vaatia ulkopuolista tarkastusta.

### **Työsuojeluviranomaisen toiminta**

Työsuojelupiiri ei tehnyt hallin rakennushanketta koskevia tarkastuksia.

Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan hallin rakentaminen oli myös työturvallisuuden varmistamisen näkökulmasta vaativa kohde. Hankeorganisaation turvallisuustoiminnan puutteiden tunnistaminen ja niiden korjaaminen jo hankkeen valmistelu- tai rakennusvaiheessa olisi saattanut välillisesti estää rakenteiden suunnitteluvirheiden syntymisen tai ainakin virheiden siirtymisen toteutukseen asti. Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan tällaisia työsuojelutarkastajan tunnistettavissa olevia organisatorisia puutteita olivat:

- Työturvallisuusasiakirjaa ei ollut laadittu. Näin ollen rakennushankkeen ominaispiirteistä johtuvia työturvallisuusriskejä ei ollut selvitetty.
- Rakennesuunnittelija ei ollut tarkastanut ristikoiden asennusurakoitsijan laatimaa sanallista asennussuunnitelmaa.
- Rakennesuunnittelija ei ollut esittänyt ristikoiden asennuksen aikaisesta stabiiliteetista laskelmia.

### 3.1.2 Kuormitukset ja rakenteiden kapasiteetti

Tutkinnassa ilmeni, että kattovaurion välitön syy oli orsiristikoiden kiinnitykseen käytettyjen korvakkeiden irtoaminen pääkannattajista ja erityisesti katsomon kohdalle asennetuista lisäkehistä. Tutkinnassa on kuitenkin perehdytty hallin rakenteeseen huomattavasti laajemmin tarkoituksena selvittää, mitkä muut tekijät ovat vaurioon vaikuttaneet tai voineet vaikuttaa. Kyseisen korvakkeen käsittely irrallaan muista rakenneosista ei ole riittävää, sillä kyseisessä melko monimutkaisessa rakennekokonaisuudessa eri yksityiskohdilla on merkittävä vaikutus toisiinsa.

Talviaikaan rakenteisiin vaikuttaa lumikuorma, joka saattaa joissain olosuhteissa olla poikkeuksellisen suuri. Tutkintaa aloitettaessa lumen määrä hallin katolla mitattiin ja sen perusteella todettiin, että lumikuorma ei ylittänyt kuormitusohjeiden mukaisia ominaisarvoja millään katon osalla. Kun lisäksi otetaan huomioon rakenteille edellytettävät varmuuskertoimet, suunnitteluohjeiden periaatteiden mukaan tehdyn rakenteen ei olisi todetuilla lumikuormilla missään tapauksessa pitänyt pettää.

Koska staattinen lumikuorma ei ollut poikkeuksellisen suuri, tutkinnassa selvitettiin, voisiko katolta kattovaurion yhteydessä liukunut lumi aiheuttaa mahdollisesti suurenkin dynaamisen kuormituksen. Lumen liukumisesta tehtiin VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikassa erillinen selvitys, joka on liitteessä 1. Liitteessä 2 esitetyn analyysin perusteella lumen liukumisesta aiheutuva lisäkuormitus voi olla suuruusluokkaa 20 % staattisesta kuormituksesta. Todellisen lumikuorman suuruus dynaaminen lisä huomioituna on näin ollen voinut olla 1,2 kertaa todellinen lumikuorma  $169 \text{ kg/m}^2$  eli  $203 \text{ kg/m}^2$ . Siten lumikuorma dynaamisine vaikutuksineenkaan ei ole ollut niin suuri, että ohjeiden mukaan suunnitellut ja valmistetut rakenteet pettäisivät. Näin on varsinkin silloin, kun otetaan huomioon määräysten mukaiset varmuuskertoimet, joita ominaiskuormissa ei vielä ole mukana. Hallin suunnittelussa on lisäksi suunnitteluasiakirjojen mukaan käytetty ylisuurta kaarikaton muotokerrointa.

Taulukossa 2 on yhteenveto orsiristikoiden ja niiden vaurioituneiden kiinnityskohtien mitoituskuormista eri suunnitteluohjeiden mukaan ja verrattuna onnettomuushetkellä vaikuttaneisiin kuormituksiin. Mitoituskuormat sisältävät osavarmuuskertoimet, joita vaikuttaneissa kuormissa ei ole. Käytettyjen kuormitusarvojen tarkat laskelmat ja voimasäolo on esitetty liitteessä 2. Käytetty kuormitusyhdistelmä on selitetty kohdassa 2.8.

Taulukossa 2 ovat mukana katon taitekohtien väleissä olevat orsiristikolinjat, jotka kannattavat katon tasomaisia osia. Ristikolinjat on numeroitu lähtien harjalta siten, että numerot 1–4 ovat katsomon vastakkaisella puolella ja numerot 5–10 katsomon puolella.

Taulukko 2. Orsiristikoiden kuormitusten vertailu.

Perusteet tai Kuormitusohjeet	Katto- kalte- vuus	Omapaino [kN/m] 1)	Lumi [kN/m] 1)	Tuuli * 0,5 [kN/m] 1)	Kokonais- kuormitus [kN/m]
RIL 144-1983					
Katsomon vastakkaisella puolella					
- ristikkolinja 1	10°	4,25	13,035	0,216	21,720
- ristikkolinja 2	20°	4,05	11,921	1,375	20,647
- ristikkolinja 3	30°	3,70	14,682	2,512	24,237
- ristikkolinja 4	40°	3,15	14,050	3,005	23,005
Katsomon puolella					
- ristikkolinja 5	10°	4,25	13,035	0,216	21,720
- ristikkolinja 6	20°	4,05	11,921	1,375	20,647
- ristikkolinja 7	30°	3,70	14,682	2,512	19,641
- ristikkolinja 8	30°	3,43	13,590	2,164	18,100
- ristikkolinja 9	30°	3,15	12,498	1,836	16,589
- ristikkolinja 10	30°	3,23	12,815	1,681	16,888
Vertailut :					
RIL 144-2002					
- ristikkolinja 7	30°	3,70	23,937	4,704	29,992
- ristikkolinja 10	30°	3,23	20,893	4,106	26,179
Mitoitus- ja todelliset arvot					
Suunnittelijan käyt- tämä mitoitusarvo		2)	2)	-	30,0 2)
Todellinen staattinen kuormitus		3,23 (ei mitattu)	7,424 3)	Lähes 0,0	10,654
Todellinen kuormitus + dyn.lisä		3,23	10,195	Lähes 0,0	13,427

- 1) Taulukon 2 kaikki lukuarvot on laskettu kyseisten orsiristikoiden tasojen suunnissa, eli käytännössä kattoa vastaan kohtisuorassa suunnassa ottaen huomioon orsiristikoiden todellisen välit.
- 2) Orsiristikot ja niiden liitokset on mitoitettu arvolle 30 kN/m. Mitoitusarvon laskelmaa tai sen osatekijöitä ei ole kattavasti esitetty suunnitteludokumenteissa.
- 3) Katon lumikuorma oli vain hieman yli puolet mitoitusarvosta, jolle katsomon katon rakenteet olisi pitänyt mitoittaa: 16,888 kN/m (vaurioituneiden orsiristikoiden linja).

Taulukon 2 arvoista voidaan havaita, että suunnittelijan orsiristikoiden mitoituksessa käyttämä viivakuorma 30 kN/m on useimmille orsiristikoidelle selvästi suurempi kuin mitä hallin rakennusaikana voimassa ollut kuormitusohje olisi edellyttänyt. Se on myös hie- man suurempi kuin mitä ohjeen RIL 144-2002 mukaan nyt pitäisi käyttää. Suunnittelu- laskelmissa ei ole esitetty, mistä kokonaiskuorma 30 kN/m on saatu. Vaurion yhteydes- sä irronneeseen orsiristikoon vaikuttanut staattinen lumikuorma oli vain 7,424 kN/m ja vastaava dynaaminen lumikuorma 10,195 kN/m.

Katsomon katossa orsirikoiden välit ovat pienemmät, mikä on otettu huomioon edellä olevassa taulukossa, ja myös riveillä ”vaurion yhteydessä vaikuttanut kuormitus” ja ”kuormitus + dynaaminen lisä”.

Lumen kattoon aiheuttama kuormitus ei siis ole ollut poikkeuksellisen tai ennalta arvaamattoman suuri, eikä kyseisenä päivänä ollut mainittavaa tuulta, joten vaurion mahdolliseksi selitykseksi jää rakenteen heikkous.

Halliin vaikuttavat ulkoiset kuormitukset vaikuttavat katossa ensisijassa pääkannattajien väliin asennettuihin orsirikoihin, jotka oli kiinnitetty kokoonpanoliitoksella pääkannattajiin ja katsomon kohdalla niiden päällä olleisiin lisäkehiin. Kuormat siirtyvät kyseisten kokoonpanoliitosten kautta pääkannattajille ja edelleen perustuksille. Kun lisäksi orsirikot tukevat ja stabiloivat pääkannattajia, kyseiset liitokset ovat hallin tärkeimmät rakenteelliset yksityiskohdat, joiden toimintakyky ja säilyminen pitää varmistaa. Sen vuoksi liitoksissa tulisi myös käyttää tekniikkaa, jolla katon jatkuva sortuma käytännössä estetään.

Tutkimuksissa on käynyt ilmi, että ilmeisesti pääkannattajista ja niiden päälle katsomon kohdalla asennetuista lisäkehistä repeytyneistä korvakkeista ei mitoituslaskelmia ole tehty lainkaan. Suunnittelijan kertoman mukaan kyseisen yksityiskohdan ilmeinen huonous ja tärkeys on jäänyt jostain syystä suunnitteluvaiheessa huomaamatta. Tutkintalautakunnan selvitysten perusteella liitoksen murtuminen johtui käytetystä liitostekniikasta, liitosten ja liittyvien rakenneosien ja yksityiskohtien huonosta suunnittelusta.

Korvakkeiden hitsaussaumoihin kohdistuu leikkausvoima ja momentti kahdessa eri suunnassa. Ristikon taipumisesta hitsaussaumoihin aiheutuu lisäksi vetovoima. Jännitysjakautumat ovat epäedullisia, koska liitoskorvakkeet on hitsattu putkipalkin uumalevyihin, jotka voivat helposti saada suuria muodonmuutoksia. Uumalevyjä ei ole jäykistetty eikä korvakkeita ole jatkettu parresauvojen läpi. Liitoksessa ei tapahdu voimien mielekästä uudelleenjakautumista siinä tapauksessa, että jännitys hitsin yläreunassa saavuttaa materiaalin myötörajan. Kun hitti alkaa pettää, sen taivutusmomenttia siirtävä osuus lyhenee jatkuvasti eikä rakenteessa ole muita taivutusmomenttia kantavia osia.

Hitsausliitos on tehty pienahitsinä, johon ei käytännössä pystytä valmistuksen yhteydessä kohdistamaan riittävän tehokasta ja monipuolista laadunvarmistusta. Kahdessa kahdeksasta tutkitusta hitsaussaumasta oli laadussa moitittavaa, sillä ne eivät täyttäneet hitsiluokan C laatuvaatimuksia (liite 3). Liitosten puutteiksi hitsiluokan C vaatimuksiin verrattuna havaittiin vajaa hitsautumissyvyys sekä vajaa a-mitta. Pienahitsien riittävä hitsautumissyvyys ei tässä tapauksessa olisi parantanut rakenteen kuormituskestävyyttä riittävästi. Tutkitut liitokset olivat orsirikoiden alapaarteiden kiinnityskorvakkeista.

Vaurio tapahtui juuri katsomon kohdalla sen vuoksi, että lisäkehän kohdalla oli pidempi kiinnityskorvake kuin muualla hallissa. Katsomon kohdalla pääkannattajien päällä oli katon korottamiseen tarkoitettu lisäkehä, johon orsirikot piti kyseisessä kohdassa kiinnittää. Koska oli käytetty samanlaisia orsirikokoita koko hallissa, pääkannattajan paarteita hoikemmasta putkipalkista tehtiin lisäkehiin hitsattiin pidempi korvake. Tällöin hitsausliitokseen ja etenkin sen yläreunaan kohdistui selvästi suurempi kuorma kuin muualla. Mitoituslaskelmissa ei ole käsitelty katsomon kattoon asennettua lisäkehää ja siihen



kohdistuvia kuormituksia lainkaan, mikä osaltaan on todennäköisesti vaikuttanut siihen, että korvakkeenkaan suunnitteluun ei kiinnitetty tarpeeksi huomiota.

Rakenteiden tutkimuksissa, joita on yksityiskohtaisemmin esitetty tutkintaselostuksen liitteessä 2, tuli myös ilmi, että hallin kattorakenteiden yksityiskohtien mitoituslaskelmissa ei ole otettu huomioon kaikkia kuormia. Erityisesti orsivistikoiden mitoituksessa on tehty vakavia virheitä, kun katon eri kohtia ei ole selvitetty erikseen. Laskelmissa olisi pitänyt ottaa huomioon ristikon paikka hallin katossa, eli onko se lähellä harjaa, lähellä räystästä, vai päätyjen lähellä.

Yhteenveto yksityiskohdista, joiden mitoituskuormat ylittävät kestävyysrajan, on esitetty taulukossa 3, jossa katsomon katon mitoituskuorman arvona on käytetty 16,888 kN/m, ja muualla katossa on käytetty suurinta löytynyttä mitoituskuormaa 24,237 kN/m. Kuormituksia on verrattu kullekin yksityiskohdalle tai rakenneosalle suunnitteluohjeen B7 mukaan laskettuun kestävyysrajaan.

*Taulukko 3. Yhteenveto mitoituslaskelmista (liite 2). Liitoksen heikoimmat kohdat ensimmäisinä.*

	<b>Orsivistikon yläpaarteen kiinnitys. Liitoksesta tarkastetut osat ja niiden kestävyys</b>	<b>Mitoituskuorman suuruus verrattuna kestävyysrajaan</b>
1	Pääkannattajan lisäkehän putkiprofiilin uuman repeytymiskestävyys korvakkeen ja putken yläpinnan välillä (katsomon katossa)	Merkittävä ylitys
2	Pääkannattajan lisäkehän putkiprofiilin ja kiinnityskorvakkeen yläpinnan hitsausliitoksen veto/leikkauskestävyys (katsomon katossa)	Merkittävä ylitys
3	Pääkannattajan lisäkehän putkiprofiilin alapinnan puristuskestävyys (katsomon katossa)	Suuri ylitys
4	Pääkannattajan lisäkehän putkiprofiilin leikkauskestävyys pystykuormalle (katsomon katossa)	Ylitys
5	Kiinnityskorvakkeen reunapuristus- ja reunarepeytymiskestävyys	Ylitys
6	Orsivistikon mitoitus, erityisesti päädyissä	Ylitys

Taulukossa sana ylitys tarkoittaa, että mitoituskuorma on suurempi kuin kestävyysraja. Suuri ylitys tarkoittaa, että kyseinen kohta on mitoituskuormalla murtotilassa. Merkittävä ylitys tarkoittaa, että mitoituskuorma on moninkertainen verrattuna kestävyysrajaan.

Kiinnityskorvakkeen heikoin kohta on sen yläpinnan hitsaussauma. Havaintoa tukee liitteessä 2 esitetyn FEM-laskennan tulos, jonka mukaan liitos pystyy kantamaan enintään 15 % korjatusta mitoituskuormasta. Lisäksi havaintoa tukee vauriotapahtuma sekä se, että hallissa oli murtumattomissakin liitoksissa havaittavissa vastaavanlaisia alkavia vaurioita. Putkiprofiilin uuman leikkauskestävyys on ilmeisesti laskettua oleellisesti suurempi siksi, että uuma taipuu ja sitä laskelma ei ota huomioon.

Kattovaurion välttämiseksi olisi pitänyt:

1. arvioida kuormat vaarallisimman kuormitusyhdistelmän mukaisesti,

2. mitoittaa vauriokohtaan liittyvät rakenneosat ja liitoskomponentit ja hitsiliitokset oikein, ja
3. käyttää kokonaan toisenlaista liitososaa, jossa ei ole hauraasti käyttäytyviä yksityiskohtia eikä riskiä valmistusvirheille.

### 3.1.3 Muita havaintoja

Tässä kohdassa käsitellään tutkinnassa esiin tulleita seikkoja, jotka ovat todennäköisesti joko lisänneet kuormia tai heikentäneet rakenteiden kestävyyttä. Näillä seikoilla ei ole todettu olleen välitöntä vaikutusta kattovaurioon.

#### Lumen epätasainen jakautuminen katolla

Lumikuorman valuttua katolta aluksi 1/3 lappeen leveydeltä, jäi katolle tilanne, missä katon pohjoispäässä oli muutama pääkannattajien väli lumettomana. Katsomon katon teräsrakenteiden kannalta pahin tilanne on sellainen, että katolle jäljelle jääneen lumen raja kulkee jonkin pääkannattajan kohdalla. Väännön suhteen joustava kehärakenne katsomon katossa on voinut antaa periksi, jolloin orsivistikon kiinnityskohta, jossa on vain yksi kiinnityspultti, on voinut lumen puolella taipua alas.

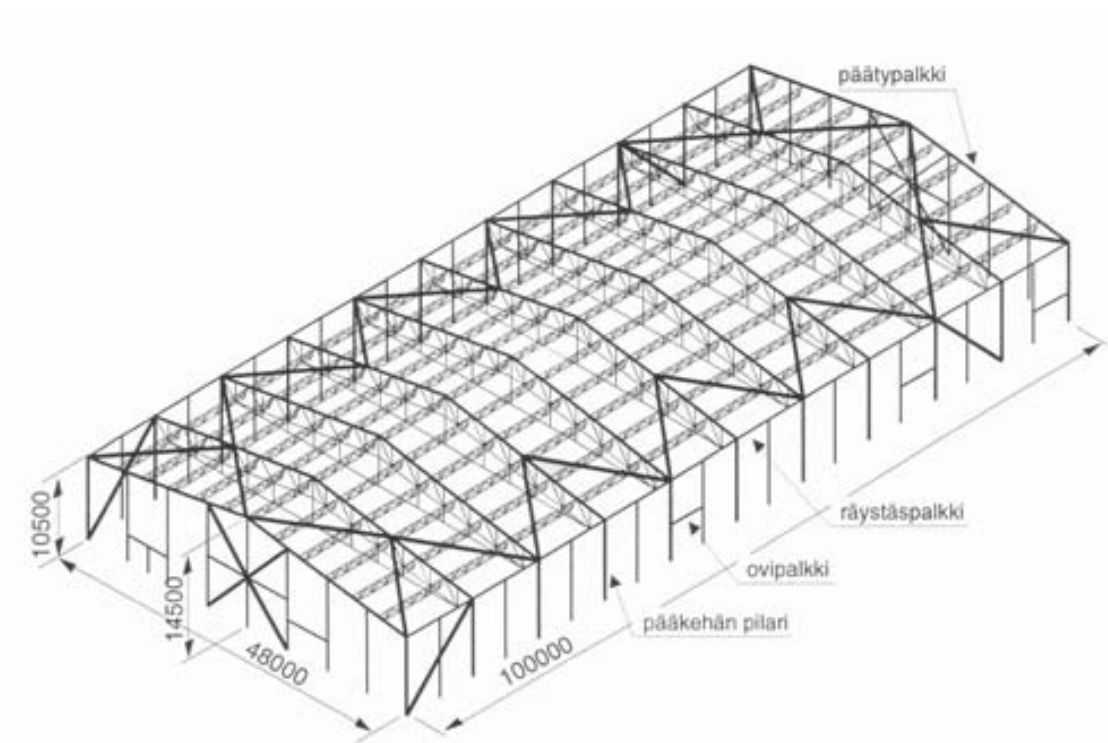
Orsivistikoiden kiinnitysten suunnittelussa olisi näin ollen ollut hyvä ottaa huomioon "shakkilauta-tilanne", jolloin jonkin pääkannattajan toiselta puolelta on lumi valunut pois, ja toisella puolella se on edelleen paikallaan. Tällaista kuormitustilannetta ei ole otettu huomioon suunnittelussa, kuten ei myöskään sitä kuormitusohjeen RIL 144 kohtaa, jonka mukaan puolet lumikuormasta on liikkuvaa.

#### Hallin rakenteen stabiliteetti

Hallin jäykistämistarve johtuu paitsi tarpeesta rajoittaa sivusiirtymiä, myös siitä, että teräsrakenteet ovat tyypillisesti hoikkia ja niiden mitoituksessa erilaisilla stabiliteetti-ilmiöillä on määräävä asema. Riippumatta hallin poikkileikkauksen muodosta, hallirakenteet jäykistetään tyypillisesti kuvassa 15 esitetyillä lisärakenteilla. Kuvassa näkyvät ne tyypilliset teräsrungon rakenneosat, joita tavallisesti kutsutaan kantaviksi rakenneosiksi.

Suunnitteluasiakirjoissa ei ole käsitelty kattotason toimintaa kokonaisuutena. Kattotavalla tarkoitetaan tässä teräsohutelvyä, orsivistikoita, pääkannattajia ja jäykistysristikoita yhdessä, joilla on tarkoitus huolehtia rakennuksen jäykistyksestä. Siihen liittyvät mitoituslaskelmat ja suunnitelmat puuttuvat lähes kokonaan. Myös periaatepiirustukset kuormien johtamisesta perustuksille puuttuvat.

Hallin teräsrakenteen jäykistys on monilta osiltaan virheellisesti tehty. Jäykistykseen aiheuttamia rasituksia ei kaikkien rakenneosien osalta ole otettu laskelmissa huomioon. Yksi tällainen rakenneosa on katon jäykistysristikoissa puristussavvana toimiva orsivistikko, johon räystäiden lähellä kohdistuu jopa puolet päädyn kokonaistuulikuorman kattoon vaikuttavasta voimasta.



Kuva 15. Hallirakennuksen jäykistämisesimerkki. (Rautaruukin Putkipalkkikäsikirja)

Figure 15. Example of bracing of hall-building. (Tube Girder Manual – Putkipalkkikäsikirja - of Rautaruukki)

#### Hallin poikittainen stabiileetti

Hallin poikittainen stabiileetti ja kestävyys on pyritty hoitamaan putkiprofiileista kootuilla pääkannattajaristikoilla, jotka on koottu neljästä tehdasvalmisteisesta elementistä pultti-liitoksilla. Hallin poikittaiset vaakakuormat viedään pääkannattajien perustuksille.

Hallin katossa ei ole pituussuuntaista tasoristikkoa kuten kuvassa 15, jolla voimia olisi mahdollista tasoitaa kehien välillä. Hallin päädyissä ei myöskään ole kuvan 15 mukaisia jäykistysristikoita päätypilareiden väleissä, eli poikittaisia tuulikuormia ei ole tarkoitus siirtää hallin päätyihin ja sitä kautta perustuksille.

Katon teräsohutelvyjä ei piirustusten mukaan ole kiinnitetty pääkannattajiin, sillä kiinnitys on tehty vain orsiristikoihin. Suunnittelijan mukaan katon ohutelvyä ei käytetä kattoa jäykistävänä rakenneosana muutoin kuin, että sen pitäisi toimia yhdistelmä-rakenteisena viistona kattoelementtinä yhdessä aina kolmen samaan pääkannattajan elementtiin liittyvän orsiristikon kanssa, jolloin kyseinen rakenne siirtää katon pinnan suuntaiset lumi-kuormat paremmin hallin pääkannattajille.

Mainitusta yhdistelmä-rakenteesta ei ole toimitettu mitoituslaskelmia, mutta yhdistelmä-rakenteena käyttö on voinut olla perusteena sille, että ohutelvyt on kiinnitetty orsiristikoihin alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen halkaisijaltaan 4,8 mm poraruuvien sijaan halkaisijaltaan 5,5 mm poraruuveilla joka poimusta ja välituilla 460 mm välein eli joka toisesta poimusta.

Hallin pitkälle sivulle puhaltava tuulikuorma ei välttämättä jakaudu kehien kesken tasan. Pääkannattajien erilainen siirtyminen ja siitä aiheutuvat muodonmuutokset synnyttävät muun muassa katon teräsohutellevyjen ja orsiristikoiden kiinnityksiin rasituksia, joita ei ole otettu mitoituksessa huomioon. Ilmiön merkitys lienee vähäinen, mutta muodonmuutokset ohutellevyjen kiinnityksissä ja saumoissa voivat ajan mittaan kasvaa, minkä takia niitä tulisi jatkossa seurata ja ottaa huomioon hallin kunnossapito-ohjeessa.

#### Hallin kattotasossa vaikuttavat voimat

Orsiristikoiden tehtävänä on tukea pääkannattajia kiepahtamiselta ja siirtää tarvittaessa kattotasossa vaikuttavia vaakavoimia kehältä toiselle. Samoilta rakenneosille on näin annettu tehtäväksi sekä kantaa kattokuormia että toimia hallin pääkannattajien kiepahtustukina.

Hallin kattoon vaikuttaa vaakavoimia, jotka aiheutuvat esim. pituussuuntaisista tuulikuormista, toispuoleisesta lumikuormasta, katon pinnan suuntaisesta kitkavoimasta, rakenteen epäkeskeisyydestä tai palotilanteen muodonmuutoksista (lämpöpiteneminen).

Pituussuuntaiset orsiristikot on tuettu kiepahtamisen varalta katon teräsohutellevyn avulla. Katon teräsohutellevyjen mitoitus on tehty POIMU-ohjelman versiolla 1.3, mutta ohutellevyjä tai niiden kiinnityksiä ei suunnitteluasiakirjojen mukaan ole mitoitettu katon tason suuntaisille voimille hallin pituus- tai poikittaissuunnassa. Piirustusten merkintöjen perusteella on kuitenkin syytä olettaa, että poraruuvien mitoitusta on suunnittelussa tarkennettu.

#### Kokonaisstabiliteetti

Kokonaisstabiliteetin osalta poikkisuunnassa pääkannattajat hoitavat stabiliteetin. Pitkittäisessä suunnassa tarkasteltuna hallissa on neljä jäykistysristikkoa, joiden tehtävänä on jäykistää halli pituussuuntaisille rasituksille sekä esistatiikkaselvityksen mukaan estää rakenteen jatkuva sortuma. Jäykistysristikot on suunniteltu neljään kehäväliin hallin räystäältä räystäälle.

Jäykistysristikot eivät kuitenkaan jatku ulkoseinälle linjojen 1 ja 2 välillä (kuva 16). Ristikot eivät toisaalta myöskään jatku perustuksille linjalla 2 (kuva 16) tai linjalla 3 (kuva 17). Lisäksi jäykistyslementtien välisiä orsiristikkoita tai orsiristikoiden paarteiden kiinnityskorvakkeiden liitoksia ei ole mitoitettu kantamaan aksiaalivoimia, eikä siis estämään jatkuvaa sortumaa.



*Kuva 16. Poikittaisen jäykistysristikon päätyminen linjoilla A ja 2.  
Figure 16. Ends of transverse bracing lattice, in lines A and 2.*



*Kuva 17. Poikittaisen jäykistysristikon päätyminen hallin ulkoseinällä linjalla 3.  
Figure 17. End of transverse bracing lattice in exterior wall of hall, in line 3.*

On myös kyseenalaista, että päätyyn puhaltava tuuli jakautuisi tasan kaikille neljälle katon jäykistysristikolle, kuten laskelmissa on oletettu. Jos orsiristikoita ei ole mitoitettu aksiaalivoimille, se on ristiriidassa jäykistysristikoiden mitoitusoletuksen kanssa. On todennäköistä, että tuulenpuoleista päätyä lähin ristikko ottaa suurimman osan, ja muille ristikoille tai muualle hallin kattoon siirtyy vain pieni osa päädyn kokonaistuulikuormasta.

Johtopäätöksenä kokonaisstabiiliteetin osalta voidaan todeta, että hallin katossa tai pitkällä seinillä ei ole mitään erillisiä jäykistysrakenteita, jotka toisivat kattotason jäykistysristikoilta päädyn tuulikuormat perustuksille. Katon jäykistysristikot ovat pääkannattajan ja katsomon kannattajien yläpaarten tasossa.

### **Pääkannattajat**

Hallin pääkannattajien mitoituslaskelmissa on seuraavia puutteita:

1. Pääkannattajien mitoitus perustuu väärään osa-sauvojen nurjahduskäyrään B. Suunnittelun aikaan voimassa olleessa rakentamismääräyskokoelman osassa B7 Teräsrakenteet oli hyväksytty putkiprofiileille nurjahduskäyrä C. Nurjahduskäyrän B käyttö on mahdollisesti joissakin tapauksissa johtanut alimittaisiin sauvoihin.
2. Pääkannattajien asennuksen aikaisista rasituksista ei ole mitoituslaskelmia eikä rakenneanalyysin tuloksia. Kuitenkin pääkannattajien lohkoina tehdyt nostot voivat olla mitoittavia joillekin osasauvoille tai esimerkiksi liitoksille. Rakenteeseen voi nostojen johdosta jäädä jännitystiloja tai muodonmuutoksia, joille niitä ei ole mitoitettu. Pääkannattajien lohkonostoja varten tulisi analysoida rakenteen suurimmat hyväksyttävät muodonmuutokset, joiden suuruutta on nostojen aikana mahdollista valvoa.
3. Pääkannattajien laskelmissa ja rakenneanalyysissä ei ole käsitelty katsomon yläpuolisia korotusrakenteita.

### **Orsiristikot**

Koska katon teräsohutlevy kiinnittyy suoraan yläpaarten päälle, siitä aiheutuu parreja diagonaalisauvoihin taivutusmomenttia, joka on otettu huomioon paarteiden mitoituksessa, mutta ei diagonaalien. Suunnittelija on oletanut, että diagonaalisauvat kiinnittyvät paarteisiin nivelellisesti. Taivutusmomenttia syntyy kuitenkin erityisesti reunimmaiseen diagonaaliin, koska liitos on kiinni paarten pään laippalevyssä. Mitoitusoletuksia ei ole perusteltu laskelmissa.

Ristikkorakenteiden rakenneanalyysi pitää suorittaa kahdessa vaiheessa. Ensin rakenne tulee analysoida mahdollisimman oikein eli tässä tapauksessa niin, että otetaan huomioon diagonaalisauvojen taivutusjäykkyys. Jos diagonaalisauvoihin syntyvät taivutusmomentit ovat pieniä, kuten yleensä siinä tapauksessa, että kuormitus tulee pistekuormina diagonaalien ja yläpaarten liitoksiin, rakenne voidaan perustellusti analysoida uudelleen ilman diagonaalien taivutusjäykkyyksiä. Tällöin osasauvojen mitoitus yksinkertaistuu.

Orsivistikoissa on havaittu seuraavia muita mitoituspuutteita ja ongelmia:

- 1) Ristikoiden osasauvojen mitoitukseen on käytetty ilmeisesti samaa nurjahduskäyrää B kuin pääkannattajien osasauvoille,
- 2) Ristikoiden yläpaarteiden nurjahduspituuksia ei ole perusteltu riittävästi kohtisuorassa suunnassa ristikon tasoa vastaan tai otettu huomioon katon teräsohutlevyjen mitoituksessa,
- 3) Ristikon yläpaarretta ei ole mitoitettu päädyistä tulevalle tuulikuormalle, mikä olisi erityisesti tarpeen päätyjen viereisissä jäykistysväleissä, joissa ristikkoon saattaa kohdistua isoja aksiaalivoimia. Mitoituksessa ei myöskään ole otettu huomioon kuormitusohjeessa (RIL 144, kohta 6.5) mainittuja lisävaakavoimia, jotka aiheutuvat muun muassa rakenteiden epäkeskeisyyksistä ja vinouksista.
- 4) Mitoituslaskelmissa on todettu, että katon imukuorma saattaa ylittää katon omanpainon, mutta orsivistikoiden alapaarteita ei ole mitoitettu tai tuettu kiepahtamisen varalta, koska alapaarteen nurjahduspituutena on perustelematta käytetty 2,8 metriä. Ristikon pituus kehävälillä on 13,5 metriä.
- 5) Diagonaalisauvojen epäkeskeisyyksiä ei ole otettu mitoituksessa huomioon.

#### **Katon teräsohutlevyjen liitos orsivistikoihin**

Katon teräsohutlevyjen liitoksilla orsivistikoihin on rakennuksen toiminnan kannalta ensiarvoisen tärkeä asema ja mitoituslaskelmat ovat siltä osin puutteelliset.

Katon teräsohutlevyjen tehtävänä on:

- kantaa katon omapaino ja lumikuormat ohutlevyn normaalin suunnassa (Poimuhjelmalla on tehty laskelmat),
- Estää katon pituussuuntaisten orsivistikoiden kiepahtaminen (ei laskelmia),
- toimia kuormien tasaajina pääkannattajien välillä poikittaisille tuulikuormille (ei laskelmia)
- siirtää katon viiston pinnan suuntaiset lumen aiheuttamat kitkavoimat kiinnitysruuveille (ei laskelmia), niiden kautta orsivistikoille sivuttaisena leikkausvoimana, ja edelleen kiinnityskorvakkeiden kautta pääkannattajille.

Viimeksi mainittu, lumen pinnan suuntainen komponentti kertyy kitkan takia ohutlevylle ja johtuu sitä kautta ohutlevyjen ja niitä tukevien rakenneosien liitoksille, ja hallin pääkannattajille. Suunnitelmissa ei ole selvitetty, miten kyseinen kuormitus siirtyy pääkannattajille ja perustuksille.

#### **Muut havaitut riskit hallin käyttöäälle**

Koska orsivistikoiden tehtävänä on sekä kannattaa katon omaa painoa ja lumikuormaa että toimia rakennuksen pääkannattajia jäykistävinä rakenneosina (kiepahdustukina), on kantavien rakenteiden osittainkin sortuminen vakava tilanne, joka voi johtaa jatkuvaan sortumaan. Rakenteissa oli havaittavissa eräitä sellaisia yksityiskohtia, joita tulisi hallin tulevaa käyttöä ajatellen pohtia:

- Pääkannattajien paarisauvojen vauriot ja muodonmuutokset orsiristikoiden kiinnityskorvakkeiden liitoksissa katsomon katossa.
- Orsiristikoiden käyttäytyminen vauriokohdissa, ja ristikon sekä teräsohutlevyjen taipumat kattopinnan osana.
- Katon ohutlevyjen kiinnitykset.
- Hallin pituussuuntaiset värähtelyt vaurioitumisen yhteydessä.
- Orsiristikoiden kiinnittämiseen käytettyjen pulttiliitosten kiinnipysymisestä on huolehdittu rikkomalla kierteet. Sillä ei kuitenkaan voida käytännössä varmistua muttereiden kireydestä.

## **3.2 Pelastustoiminnan analysointi**

### **3.2.1 Hätäkeskuksen toiminta ja viranomaisradioverkko**

Kahden hätäilmoituksen tietojen perusteella onnettomuus luokiteltiin kuuluvaksi kohtaan "muu onnettomuus tai tilanne", jolle oli valittavissa vain "suuruusluokka pieni". Hälytysvaste-ehdotus oli tällöin osalähtö. Hätäkeskus suoritti osalähtöhälytyksen ja täydensi sitä yhdellä sairausautolla. Tämän hälytyksen suorittamiseen siitä, kun hätäpuhelu alkoi, kesti lähes kolme minuuttia.

Hätäilmoitustietojen pohjalta olisi kohteeseen pitänyt, kuten kohteesta hätäilmoituksen tehnyt palomies ehdotti, hälyttää heti peruslähtö.

Osalähtöä täydennettiin Vaasan pelastuslaitoksen peruslähdöllä kolme minuuttia osalähtöhälytyksen jälkeen. Sekaannusta hätäkeskuspäivystäjälle aiheutti todennäköisesti se, ettei hälytysvasteessa tälle onnettomuustyyppille ollut muita suuruusluokkia. Tämän onnettomuustilanteen jälkeen on hätäkeskus täydentänyt tämän onnettomuustyyppin hälytysvasteita kokoluokilla keskisuuri ja suuri.

Noin minuutti ennen ensimmäistä hätäilmoitusta onnettomuuskohteesta tuli automaattisen paloilmotuksen kautta palolaittevikailmoitus. Heti sen jälkeen tuli automaattinen palohälytysilmoitus, jonka perusteella kohteeseen tulee hälyttää osalähtö. Palohälytysilmoitusta ei hätäkeskuksessa kuitenkaan havaittu, koska kyseistä kohdetta koskeva palolaitteivian tehtävälmoitus oli auki. Mikäli palohälytysilmoitus olisi havaittu, olisi kohteeseen hälytetty osalähtöhälytys lähes neljä minuuttia aikaisemmin, mitä nyt tehtiin.

Hätäkeskusten tulisikin tarkistaa, onko järjestelmissä edellä esitettyä vastaava puute. Eli paloilmotusten tulisi tulla havaituksi myös siinä tapauksessa, että kyseistä kohdetta koskeva tehtävälmoitus on auki. Onnettomuus- tai tulipalotilanteessa voi selvästikin käydä niin, että ensin hätäkeskukseen tulee palolaitteivika ja vasta sen jälkeen varsinainen hälytyksen aiheuttava palohälytys. Hätäkeskuslaitos on lausunnossaan ilmoittanut, että puute on valtion hätäkeskuksissa korjattu.

Hälytystoimista, alkutoimia lukuun ottamatta, selvisi Pohjanmaan hätäkeskus hyvin.



Viranomaisradioverkon radioliikenteen osalta ei ole nauhoituksia. Onnettomuustutkinassa nauhoitteista olisi suurta apua, mutta niillä on merkitystä myös käyttäjien oikeusturvan kannalta. Nauhoitukset tulisi järjestää niin, että anto-, info- ja suorakanavaliikenne tallentuisi.

### **3.2.2 Pelastustoiminta ja johtaminen**

Pelastustoiminta onnettomuuskohteessa painottui alkuvaiheessa mahdollisten onnettomuuden uhrien etsimiseen. Voimavarat keskitettiin katsomon päälle pudonneen katon osan kohdalle, koska muiden sisäalueiden osalta oli lähes heti ja luotettavasti todettavissa, ettei ketään ollut jäänyt rakenteiden tai lumen alle.

Katsomo-osan raivaus satoi vain osan käytettävissä olleista voimavaroista, joten pelastustoimen johtajan olisi pitänyt määrätä vapaat voimavarat monitoimihallin ulkopuolelle katolta pudonneen lumimassan tutkimiseen. Tätä tarvetta tukee myös se, että ei varmasti tiedetty oliko joku poistunut tiloista sivuovien kautta.

Onnettomuuskohteeseen hälytettiin riittävästi voimavaroja ja tarvittavia resurssisiirtoja suoritettiin, jotta sairaankuljetusvalmius säilyisi.

Pelastustoiminnan johtovastuu oli sovittu pelastuslaitosten kesken etukäteen ja näin se mahdollisti selkeän johtamistoiminnan.

Kokonaisuus huomioiden voidaan katsoa pelastustoimien ja johtamisen onnistuneen hyvin.



## 4 JOHTOPÄÄTÖKSET

### 4.1 Toteamukset

1. Monitoimihallin kattoa putosi alas hallin katsomon kohdalta kahdesta kohdasta yhteensä yli 150 neliömetrin alueelta.
2. Onnettomuudesta ei aiheutunut henkilövahinkoja, koska vaurioalueella ei juuri tapahtumahetkellä ollut ketään. Kaiken kaikkiaan rakennuksessa oli noin 130 henkilöä.
3. Juuri ennen katon vaurioitumista katolta kuului ääntä, jollaista kuuluu, kun lumi liukuu alas katolta. Lumen alastuloääntä oli kuultu joka vuosi, eli lumen putoaminen katolta suurina laattoina oli tavallista.
4. Lumen alastuloäänen kestätyä joitakin sekunteja, kuului ryminää ja kaksi erillistä katon pääkaarien väleissä ollutta teräsristikkoa putosi. Samalla sisään putosi katossa ollutta profiilipeltiä, eristeitä, muovista katemateriaalia sekä lunta.
5. Tutkinnassa on todettu, että lumen liukuessa kattoon kohdistui dynaaminen kuormitus, joka oli suurempi kuin staattinen lumikuorma. Dynaaminenkin lumikuorma oli kuitenkin pienempi kuin mitoituksessa käytetty lumikuorma. Näin ollen lumikuorma ei yksinään selitä kattovauriota eikä lumikuorma ollut poikkeuksellisen suuri.
6. Orsiristikot, joita hallissa oli kaiken kaikkiaan 170 kpl, olivat kiinnitetty pulttiliitoksella pääsääntöisesti pääkannattajan paarteisiin hitsattuihin korvakkeisiin. Katsomon kohdalla pääkaarien päälle oli rakennettu teräksiset korotusosat, jolloin korvakkeet oli hitsattu korotusosiin. Vaurioitumistapa oli se, että korotusosiin kiinnitetyt korvakkeet repeytyivät irti hitsausliitoksestaan.
7. Korvakkeet repeytyivät korotusosasta, koska korvake oli pidempi ja hitsisauman pituus lyhyempi kuin muualla. Pidemmän korvakkeen vuoksi hitsisaumaan kohdistui suurempi taivutusmomentti. Jälkikäteen todettiin, että taipumia oli ollut vastavissa korvakkeissa jo ennen vauriota, mutta kukaan ei ilmeisesti ollut kiinnittänyt niihin huomiota. Rakenteiden kunnan tarkkailua ja kunnossapitoa ei ollut etukäteen suunniteltu.
8. Rakennuslupa hallille oli myönnetty huhtikuussa 1996 ja halli otettiin käyttöön 1997. Rakennuttajana oli kuntayhtymä. Rakennushankkeella oli pääurakoitsija ja sivu-urakoitsijoita sekä näillä edelleen aliurakoitsijoita. Teräsrakenteiden suunnittelun teki erillinen insinööritoimisto teräsrakenteiden toimittajan tilauksesta.
9. Halli toteutettiin pääpiirteissään samalla tavalla kuin yksi aikaisemmin rakennettu halli. Erona aikaisempaan oli muun muassa katsomon vuoksi tehty katon korotus. Siihen liittyen orsiristikoiden kiinnitykseen tarvittiin pidempi korvake, jollaista ei ollut käytetty muissa halleissa. Kyseisen korvakkeen suunnittelussa oli epäonnistuttu siten, että korvakkeen kiinnitys ei kestänyt siihen kohdistuvia kuormituksia.

10. Suunnitelmien ja suunnittelijan kertoman perusteella kyseisen korvakkeen suunnitteluun ei huomattu kiinnittää riittävästi huomiota, minkä seurauksena huono yksityiskohta jäi suunnitelmiin. Korvakkeen mitoitusta ei ollut laskelmilla tarkistettu.
11. Valmistaja ei huomannut korvakkeiden suunnittelun puutteellisuutta eikä kysynyt tarkempia ohjeita valmistukseen. Myöskään rakennuttaja tai rakennusvalvontaviranomainen ei kohdistanut valvontaa ristikoiden tehdasvalmistukseen. Valmistus jäi kokonaan valmistajan osaamisen ja huolellisuuden varaan.
12. Kahdessa kahdeksasta tutkitusta korvakkeesta todettiin puutteita hitsien laadussa.
13. Tutkimuksissa ilmeni myös, että katon pääkaarien välissä olevia ristikoita suunniteltaessa kaikkia ristikoihin kohdistuneita kuormia ei ollut otettu huomioon. Lisäksi hallin jäykistyksessä oli puutteita. Näillä puutteilla ei kuitenkaan ollut välitöntä vaikutusta kattovaurioon.
14. Suunnitelma-asiakirjoissa ei ollut tarkastus- tai hyväksyntämerkintöjä, mikä viittaa siihen, että suunnitelmia ei suunnittelijan lisäksi ollut kukaan kriittisesti tarkastellut. Myöskään rakennusvalvonta, rakennuttaja, rakennuttajan palkkaama valvoja, teräs-rakenteiden toimittaja tai kukaan muukaan ei ollut pyrkinyt varmistamaan suunnitelmien kelvollisuutta.
15. Hätäkeskukselta jäi huomaamatta automaattisen paloilmoittimen kautta tullut palohälytysilmoitus ja hätäilmoitusten perusteella olisi kohteeseen voitu viivytyksettä lähettää suuremmat voimavarat. Muilta osin hätäkeskus toimi hyvin.
16. Pelastustoiminnan alkuvaiheessa varauduttiin siihen, että vaurioalueella saattaa olla vielä henkilöitä. Sisätilojen osalta voitiin puolesta tunnissa varmistua, ettei ketään ollut jäänyt lumen tai rakenteiden alle ja ulkoalue saatiin tutkittua kahdessa tunnissa.

## 4.2 Onnettomuuden syyt

Onnettomuuden välitön syy oli se, että hallin katon pääkannattajien väliin asennettujen ristikoiden kiinnityskorvakkeet irtosivat hitsauksistaan.

Perussyynä oli kyseisen yksityiskohdan puutteellinen suunnittelu, jolloin korvakkeen rakenteeseen ja siihen kohdistuviin kuormiin ei kiinnitetty tarpeeksi huomiota.

Korvakkeen kestävyyttä ei suunnittelussa ollut varmistettu laskelmilla eikä kukaan muu kuin suunnittelija pyrkinyt tarkastamaan suunnitelmia kriittisesti, jolloin yksityiskohdasta tuli liian heikko. Ongelmana tällöin oli se, että yksi pieni virhe pääsi esteettä etenemään koko rakennusprosessin läpi johtaen lopulta katon romahtamiseen.


Tutkinnassa havaittiin puutteita lisäksi pääkannattajien väliin sijoitettuihin ristikoihin kohdistuvien kuormitusten käsittelyssä sekä hallin kokonaisjäykistyksessä. Näillä puutteilla ei kuitenkaan ilmeisesti ole ollut oleellista vaikutusta tapahtuneeseen kattovaurioon.

## 5 SUOSITUKSET


Tutkinnan perusteella laaditut turvallisuussuositukset on esitetty erillisessä osassa. Tämän kattovaurion lisäksi suositusten perusteena on Jyväskylässä 1.2.2003 tapahtuneen messuhallin katon romahtamisen tutkinta.

Helsingissä 21.4.2004

  
Tuomo Karppinen  
puheenjohtaja

  
Tapio Leino  
jäsen

  
Esa Virtanen  
jäsen

  
Kai Valonen  
jäsen