



## Tutkintaselostus

B1/2010Y

# Urheiluhallin katon romahtaminen Järvenpäässä 23.2.2010 ja muita rakennevaurioita kevättalvella 2010

Keilahallin katon romahtaminen Kuopiossa 29.3.2010

Ratsastusmaneesin sortuminen Liedossa 6.3.2010

Tuotantotilan katon sortuminen Teuvalla 11.3.2010

Jäähallin katon paikallinen vaurioituminen Espoossa 24.2.2010

Salibandyhallin katon paikallinen vaurioituminen Helsingissä 6.3.2010

Suurmyymälän lasisen väliseinän vaurioituminen Helsingissä 27.2.2010

Kauppakeskuksen väliseinän rakenteen taipuminen Vantaalla 3.3.2010

Kaupan liimapuupalkin vaurioituminen Raaseporissa 8.3.2010

Päiväkodin kattorakenteen vaurioituminen Espoossa 3.3.2010

Kuolemaan johtanut polttopuiden suojakatoksen romahtaminen Vihdissä 8.2.2010

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**

**Osoite / Address:** Sörnäisten rantatie 33 C **Address:** Sörnäs strandväg 33 C  
FIN-00500 HELSINKI 00500 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 first name.last name@om.fi

**Internet:** www.onnettomuustutkinta.fi

**Henkilöstö / Personal / Personnel:**

Johtaja / Direktör / Director Veli-Pekka Nurmi

Hallintopäällikkö / Förvaltningsdirektör / Administrative Director Pirjo Valkama-Joutsen  
Osastosihteeri / Avdelningssekreterare / Assistant Sini Järvi  
Toimistosihteeri / Byråsekreterare / Assistant Leena Leskelä

Ilmailuonnettomuudet / Flygolyckor / Aviation accidents

Johtava tutkija / Ledande utredare / Chief Air Accident Investigator Markus Bergman  
Erikoistutkija / Utredare / Air Accident Investigator Tii-Maria Siitonen

Raideliikenneonnettomuudet / Spårtrafikolyckor / Rail accidents

Johtava tutkija / Ledande utredare / Chief Rail Accident Investigator Esko Värttiö  
Erikoistutkija / Utredare / Rail Accident Investigator Reijo Mynttinen

Vesiliikenneonnettomuudet / Sjöfartsolyckor / Marine accidents

Johtava tutkija / Ledande utredare / Chief Marine Accident Investigator Martti Heikkilä  
Erikoistutkija / Utredare / Marine Accident Investigator Risto Repo

Muut onnettomuudet / Övriga olyckor / Other accidents

Johtava tutkija / Ledande utredare / Chief Accident Investigator Kai Valonen

---

ISBN 978-951-836-304-3  
ISSN 1239-5323

Multiprint Oy, Vantaa 2011



## TIIVISTELMÄ

Järvenpäässä sattui 23.2.2010 onnettomuus, jossa teräsrakenteisen salibandyhallin katto romahti yllättäen lähes kokonaan. Hallissa oli onnettomuuden aikaan 15 ihmistä, joista kaksi loukkaantui lievästi. Onnettomuuden syynä oli se, että vuonna 2001 rakennetun hallin suunnittelussa oli tehty virheitä. Kuormia oli aliarvioitu ja kestävyiksi oli yliarvioitu. Ongelmaa aiheutui myös siitä, että suunnittelussa oli käytetty rakenteelle huonosti soveltuvaa ristikkoanalogiaa. Lisäksi pilarin ja katokannattajan välinen liitos oli jäänyt mitoittamatta.

Tutkinnassa käsiteltiin lisäksi kymmenen muuta onnettomuutta tai vaaratilannetta kevättalvella 2010. Yksi näistä oli teräsrakenteinen halli Liedossa, joka romahti suunnittelussa tehtyjen virheiden seurauksena. Henkilövahinkoja ei aiheutunut, koska maneesina ollut rakennus romahti yöllä. Sekä Järvenpään että Liedon hallien kanssa samankaltaisia halleja on rakennettu eri paikkoihin suuri määrä, minkä vuoksi tarkastettavia ja mahdollisesti korjattavia kiinteistöjä on paljon.

Kahdessa kattovauriossa oli kyse yli 30 vuotta vanhasta liimapuupalkista. Kuopion keilahallissa romahti osa kattoa yhden palkin petettyä. Liimapuupalkin alimman lamellin sormijatkos petti, koska liimaus oli epäonnistunut. Raaseporissa puolestaan liimapuupalkki halkesi aiheuttaen romahdusvaaran. Katolle oli kinostunut runsaasti lunta, mitä ei rakentamisen aikaisten ohjeiden mukaan ollut velvollisuutta ottaa suunnittelussa huomioon. Osaltaan vaurioon vaikutti myös palkin pään kiinnitystapa, jossa ei ollut otettu huomioon puun kutistumismahdollisuutta puun syitä vastaan kohtisuorassa suunnassa.

Vakava romahdus sattui tuotantotiloissa Teuvalla, jossa naulalevyristikoita petti noin 800 neliömetrin alueelta. Syynä oli ristikkorakenteiden puutteellinen tuenta. Tuenta oli suunniteltu asianmukaisesti, mutta se oli jäänyt toteuttamatta. Tuennan puuttumista ei ollut noin kymmenen vuoden käytön aikana huomattu.

Kahdessa rakennuksessa vaurioitui katon teräsprofiilipellit. Molemmissa tapauksissa katon tiettyihin kohtiin todettiin kinostuneen merkittävä määrä lunta. Toinen rakennuksista oli jäähalli Espoossa, joka oli metsän reunassa mäen juurella. Helsingissä sijaitseva salibandyhalli oli puolestaan aukealle paikalle rakennettu korkea halli. Tällaisilla rakennuspaikoilla näyttäisi olevan vaara suuremmalle kinostumiselle, jota suunnitteluohjeet selkeästi ohjeistavat ottamaan huomioon.

Kahdessa tapauksessa ei ollut todellista romahdusvaaraa, mitä ei kuitenkaan voitu tietää vaurioiden tapahtuessa. Rakennuksista poistuminen ja vaaran selvittäminen oli turvallinen toimintatapa. Näissä tapauksissa kantavien rakenteiden ja rakennuksen sisäpuolisten kevyiden rakenteiden välissä ei ollut riittävää varaa. Havaitut vauriot syntyivät kantavien rakenteiden normaalin taipuman seurauksena.

Polttopuiden suojaamiseen käytetty puurakenteinen katos putosi työntekijän päälle aiheuttaen kuolemaan johtaneet vammat. Rakennelma ei ollut rakennusluvan alainen. Työskentelyolosuhteet olivat riskialttiit, sillä polttopuita otettiin sivusuunnassa kokonaan tukemattoman katoksen alta. Katos oli lumikuorman vuoksi noin tonnin painoinen. Tapaus osoittaa, että oleellisia riskejä voi sisältyä myös sellaisiin rakenteisiin, joille ei ole haettava rakennuslupaa.



Tutkintalautakunta toistaa kaksi aikaisemmin annettua turvallisuussuositusta ja antaa kolme uutta. Lisäksi tutkinnasta nousi esiin kahdeksan muuta huomiota tai ehdotusta. Suosituksissa esitetään systemaattista ja säännöllistä vanhojen rakennusten tarkastusmenettelyä, jota voidaan kutsua esimerkiksi katsastukseksi. Toinen toistettava suositus on rakennusonnettomuuksien ja -vaaratilanteiden tietokannan kehittäminen. Puutteena on se, että esimerkiksi kevättalven 2010 todennäköisesti yli sadasta sortumasta tai vaaratilanteesta ei ole kerätty tietoja, joita voitaisiin käyttää turvallisuuden kehittämistyössä.

Sortuneiden teräshallien tutkinnassa kävi ilmi, että kun rakennuksissa olevat puutteet oli saatu selville, niistä tiedottamiselle ei ollut olemassa hyvää kanavaa. Ei myöskään ollut mahdollista saada koottua tietoa siitä, onko muissa halleissa havaittu samoja puutteita ja onko niitä korjattu. Tutkintalautakunta suosittaa menettelyn kehittämistä tähän tarpeeseen.

Uusien suurten rakennusten osalta tutkintalautakunta suosittaa, että rakennesuunnitelmien ulkopuolinen tarkastus vaadittaisiin kaikkiin sellaisiin rakennuksiin, jotka on tarkoitettu suurille henkilöimäärille.

Lisäksi suunnittelussa huomioon otettavia kinostuskuormia esitetään pohdittavaksi uudelleen. Erityisesti tulisi selvittää, että olisiko syytä ottaa aikaisempaa paremmin huomioon suuri kinostusmahdollisuus ympäröivään maastoon nähden korkealla olevilla ja toisaalta mäen alla olevilla katoilla.

## **SAMMANDRAG**

### **TAKKOLLAPS VID IDROTTSHALL I TRÄSKÄNDA 23.2.2010 OCH ANDRA KONSTRUKTIONSSKADOR UNDER VÅRVINTERN 2010**

I Träskända inträffade 23.2.2010 en olycka där taket på en innebandyhall av stålkonstruktion överraskande kollapsade nästan helt. Vid olyckan befann sig 15 människor i hallen och av dessa skadades två lindrigt. Orsaken till olyckan var att fel hade gjorts vid konstruktionen av hallen som uppfördes år 2001. Lasterna hade underskattats och hållfastheten överskattats. Ett problem utgjordes även av att fackverksanalogi som inte var lämpligt för strukturen hade använts vid konstruktionen. Dessutom hade ingen dimensionering av förbandet mellan pelare och takstol gjorts.

I undersökningen behandlades dessutom tio andra olyckor eller tillbud under vårvintern 2010. En av dessa olyckor var en hall av stålkonstruktion i Lundo som kollapsade på grund av fel som gjordes vid konstruktionen. Inga personskador uppstod eftersom byggnaden, som var ett ridhus, kollapsade på natten. Ett stort antal hallar av samma konstruktion som hallarna i Träskända och Lundo är byggda på olika platser i landet. Därför finns det ett stort antal fastigheter som bör inspekteras och eventuellt åtgärdas.

Två taksador avsåg limträbalkar som var över 30 år gamla. I Kuopio kollapsade en del av taket på en bowlinghall när en balk gav efter. Fingerskarven i den understa lamellen i limträbalken gav efter på grund av en misslyckad limning. I Raseborg sprack en limmad träbalk vilket orsakade fara för kollaps. Stora snömängder hade samlats på taket. Enligt föreskrifterna vid tiden för uppfö-

randet fanns ingen skyldighet att beakta detta i konstruktionen. Balkfotens infästningssätt bidrog till skadan. Vid infästningen beaktades inte trävirkets krympning i fibrernas tvärriktning.

En allvarlig kollaps inträffade i en produktionslokal i Teuva där spikplåtsfackverk gav efter i ett område på 800 kvadratmeter. Orsaken var bristfällig stötning av fackverkskonstruktionerna. Stötningen var korrekt konstruerad men hade inte genomförts i praktiken. Avsaknaden av stötning hade inte upptäckts under cirka tio års användning.

I två byggnader skadades takets stålprofilplåtar. I båda fallen konstaterades att en betydande mängd snö hade samlats på vissa områden av taket. Den ena byggnaden var en ishall i Esbo som var uppförd vid foten av en skogbevuxen backe. En innebandyhall i Helsingfors var en hög byggnad uppförd på en öppen plats. Faran för drivbildning verkar vara större när byggnader uppförs på sådana platser och konstruktionsföreskrifterna ger tydliga anvisningar om att detta bör beaktas.

I två fall fanns ingen faktiskt risk för kollaps vilket man emellertid inte kunde känna till när händelsen inträffade. Utrymningen av byggnaderna och en utredning av faran var ett säkert handlings-sätt. I dessa fall saknades tillräckligt utrymme mellan de bärande konstruktionerna och de lätta konstruktionerna inne i byggnaden. De upptäckta skadorna uppstod till följd av konstruktionernas normala nedböjning.

Ett skärmtak av trä avsett som skydd för ved föll ned på en arbetstagare och orsakade dödliga skador. För konstruktionen krävdes inget byggnadstillstånd. Arbetsförhållandena var riskabla eftersom veden togs ut i sidoriiktning under taket som helt saknade stötning. Taket vägde cirka ett ton till följd snölasten. Detta fall visar att även konstruktioner som inte kräver byggnadstillstånd kan innehålla väsentliga risker.

Undersökningskommissionen upprepar två tidigare utfärdade säkerhetsrekommendationer och utfärdar tre nya. Vid undersökningen framkom åtta andra anmärkningar eller förslag. I rekommendationerna föreslås ett systematiskt och regelbundet kontrollförfarande för äldre byggnader. Detta förfarande kan till exempel kallas besiktning. En annan rekommendation som bör upprepas är att en databas över byggnadsolyckor och -tillbud utvecklas. En brist är att inga uppgifter som skulle kunna användas för utvecklingen av säkerheten har samlats in till exempel om de sannolikt över hundra fall av kollapser och tillbud som inträffade under vårvintern 2010.

Vid undersökningen av stålhallarna framgick att ingen effektiv kanal fanns för att informera om resultaten när bristerna i byggnaderna hade klarlagts. Det var inte heller möjligt att få samlad information som visar om samma brister har observerats i andra hallar och om bristerna har åtgärdats. Undersökningskommissionen rekommenderar att ett förfarande för detta utvecklas.

För nya stora byggnader rekommenderar undersökningskommissionen att en kontroll som inte ingår i byggnadsplanerna krävs för alla sådana byggnader som är avsedda för ett stort antal människor.

Dessutom föreslås att de drivbildningslasten som ska beaktas vid byggkonstruktionen övervägs på nytt. Särskilt viktigt är att utreda om det finns skäl att i större omfattning ta hänsyn till stor drivbildning vid tak som ligger högt i förhållande till omgivande terräng och tak som ligger vid foten av en sluttning.

## SUMMARY

### COLLAPSE OF A SPORTS HALL ROOF IN JÄRVENPÄÄ ON 23 FEBRUARY 2010, AND OTHER STRUCTURAL FAILURES IN EARLY 2010

On 23 February 2010 an accident occurred in Järvenpää, due to the sudden, almost wholesale collapse of a steelwork roof on a floorball hall. At the time of the accident, 15 persons were present in the hall, two of whom sustained minor injuries. The accident was caused by errors in the design of the hall, which was constructed in 2001. Loads were underestimated and load-bearing capacities overestimated. Further problems were caused by the use of a truss analogy in the design, which was poorly applicable to the structure. Furthermore, the design of the joint between the pillar and truss was not dimensioned.

The scope of the investigation was extended to include 10 other accidents and incidents which occurred in early 2010. One of these pertained to a hall with a steel construction, situated in Lieto, which collapsed due to design errors. No one sustained injuries, since the building, used as a riding manege, collapsed overnight. Because many halls similar to those in Järvenpää and Lieto have been constructed in various locations, a high number of properties need be inspected and possibly repaired.

Glulam beams over 30 years old were involved in two roof failures. The roof of a bowling hall in Kuopio partially collapsed when a single beam failed. Due to unsuccessful gluing, the finger joint in the beam's bottom layer had failed. In Raasepori, a glulam beam cracked, causing a danger of collapse. A great deal of snow had been drifted on the roof, a factor which, according to the guidelines in force at the time of construction, was not considered relevant to this design. A contributory factor to the failure was the mounting method of the beam head, which did not allow for timber shrinkage perpendicular to the grain direction.

A severe collapse occurred in a production facility in Teuva, where plate-connected trusses failed across an area of 800 square metres. This was due to insufficient support of the truss structures. While the support had been designed appropriately, it had not been implemented properly. This had not been detected during approximately ten years of use.

The profile steel-sheet roofing on two buildings was damaged. In both cases, it was found out that significant amount of snow had drifted at certain points. One of the buildings was an icehall in Espoo, constructed on forest terrain at the foot of a hill. The floorball hall in Helsinki was a tall building constructed on open terrain. It would seem that sites like these are more exposed to the risk of drifting snow, a factor which the design guidelines state should be taken into account.

In both cases, although there was no effective danger of collapse, this could not have been known at the moment of occurrence. It was safe to exit the buildings and assess the potential danger. In these cases, there was inadequate spacing between load-bearing structures and the non-load bearing interior structures. The discovered failures were due to normal bending of the load-bearing structures.



A canopy used to shelter firewood collapsed onto an employee, causing fatal injuries. This structure was not subject to a building permit. The working conditions posed inherent risks, since firewood was being taken out in a horizontal direction under an unsupported canopy. Due to the snow load, the canopy weighed approximately one metric ton. As this case demonstrates, structures not subject to a building permit can also involve fundamental risks.

The investigation commission decided to reiterate two safety recommendations issued previously and to issue three new ones. Moreover, the investigation gave rise to eight further remarks and proposals. The recommendations propose that a systematic and regular inspection procedure be established for old buildings, which could be termed an inspection, for example. The second recommendation reiterated calls for the development of a database for building-related accidents and incidents. A current problem lies in the fact that no information has been collected, for example, on the more than one hundred collapses and incidents which probably occurred during early 2010. Such information could be exploited in safety enhancement work.

An investigation of the collapsed steelwork halls revealed that, once defects in the buildings had been identified, no appropriate communication channel was available. Nor was it possible to obtain properly assembled information on whether similar defects had been detected or repaired in other halls. The investigation committee recommends that a procedure be developed to this end.

With respect to large new buildings, the investigation commission recommends that a third-party review of the structural design be required, in the case of buildings designed to accommodate large numbers of people.

Furthermore, the investigation commission recommends that the design requirements set for loads caused by drifted snow be re-considered. In particular, it should be investigated whether more careful account might be taken of the following during the design phase: the possibility of proportionally greater snow drifts on roofs significantly higher than the surrounding terrain or located at the foot of a hill.

## ALKUSANAT

Pääosin salibandyn pelaamiseen käytetyn urheiluhallin katto romahti Järvenpäässä 23.2.2010. Hallissa olleista 15 henkilöstä kaksi loukkaantui lievästi.

Onnettomuustutkintakeskus asetti 1.3.2010 tutkintalautakunnan tutkimaan tapahtunutta. Tutkintalautakunnan puheenjohtajaksi nimettiin johtava tutkija DI Kai Valonen ja jäseniksi kehityspäällikkö DI Tapio Leino ja tutkija VTM Kari Ylönen.

Seuraavien viikkojen aikana tapahtui useita muita kattovaurioita, joita päätettiin käsitellä samassa tutkinnassa. Työn laajentumisen vuoksi tutkintalautakuntaan nimettiin uusiksi jäseniksi erikoistutkija DI Markku Korttesmaa ja erityisasiantuntija DI Seppo Suuriniemi. Uusien jäsenten työ kohdistui muiden kuin Järvenpään onnettomuuden tutkintaan. Tapio Leino ei ole tutkinnan riippumattomuuden varmistamiseksi osallistunut siihen tutkintatyöhön, joka koski Helsingin salibandyhallin ja Espoon jäähallin vaurioita.

Järvenpään paikkatutkinta tehtiin yhdessä Keski-Uudenmaan poliisin teknisen rikostutkintakeskuksen tutkijoiden kanssa. Tutkintaan antoivat apua myös Keski-Uudenmaan pelastuslaitos ja Rajavartiolaitos. Hitsausliitoksia koskeva tutkimus teetettiin VTT:llä. Myös muualla sattuneiden tapauksien tutkintaan saatiin apua pelastuslaitoksilta ja poliisin teknisiltä rikostutkimuskeskuksilta. Teknisiä tutkimuksia eri tapauksissa teetettiin VTT:llä, Tampereen teknillisellä yliopistolla ja A-Insinöörit Suunnittelu Oy:ssä. Talven 2010 lumitilanteesta saatiin lausunto Suomen ympäristökeskukselta.

Tutkintalautakunta esittää tässä tutkintaselostuksessa laajimmin Järvenpään onnettomuuden tapahtumat ja taustatekijät. Muista kevättalven tapauksista laadittu kuvaus on selvästi lyhyempi. Analyysi- ja Johtopäätökset -osioissa vedetään yksittäiset tapaukset yhteen ja pohditaan niiden keskeisimpiä yhteisiä tekijöitä. Tärkeimpänä osana tutkintaa ovat turvallisuussuosituksen, joita toteuttamalla vastaavanlaisia tapauksia voitaisiin välttää.

Onnettomuustutkinnan tarkoituksena on turvallisuuden parantaminen, joten syyllisyys ja vahingonkorvauskysymyksiä ei käsitellä. Tutkintaselostusta ei ole kirjoitettu sisällön ja tyylin osalta siten, että se olisi tarkoitettu käytettäväksi oikeudenkäynnissä. Tutkintaselostuksessa esitetyt johtopäätökset ja turvallisuussuosituksen eivät muodosta olettamusta syyllisyydestä tai vahingonkorvausvelvollisuudesta.

Tutkintaselostusluonnos on ollut lausunnolla ympäristöministeriössä, sisäasiainministeriön pelastusosastolla, sosiaali- ja terveysministeriössä, Suomen ympäristökeskuksessa, Suomen Kuntaliitossa, Rakennusinsinöörien liitossa, Rakennusteollisuus RT:ssä, Teräsrakenneyhdistyksessä, Metsäteollisuus ry:ssä, Tapaturmavakuutuslaitosten liitossa ja Rakennustarkastusyhdistyksessä. Lisäksi luonnosta ovat saaneet kommentoida tapahtumakuntien rakennusvalvontaviranomaiset ja kunkin tapauksen keskeisimmät asianosaiset.

Tutkintaselostus on internetissä osoitteessa [www.onnettomuustutkinta.fi](http://www.onnettomuustutkinta.fi). Tutkinta-aineisto on taltioitu Onnettomuustutkintakeskukseen.





## SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	3
SAMMANDRAG.....	4
SUMMARY .....	6
ALKUSANAT .....	8
1 URHEILUHALLIN KATON ROMAHTAMINEN JÄRVENPÄÄSSÄ 23.2.2010.....	12
1.1 Yleiskuvaus.....	12
1.2 Tapahtumien kulku.....	13
1.3 Pelastustoiminta ja poliisin toiminta.....	16
1.4 Olosuhteet.....	16
1.5 Onnettomuudesta aiheutuneet vahingot .....	17
1.6 Rakennus.....	18
1.6.1 Rakenteen kuvaus.....	18
1.6.2 Hallin suunnittelu ja toteutus.....	19
1.6.3 Havainnot katon romahtamisen jälkeen.....	21
1.6.4 Rakenteen yksityiskohtien tutkinta.....	26
1.6.5 Näytteiden tutkinta.....	29
1.6.6 Romahdusta edeltäneet havainnot .....	29
1.7 Analyysi.....	30
1.8 Vaurion syyt .....	31
1.9 Vastaavien onnettomuuksien estäminen.....	32
2 MUITA KATTOVAURIOITA .....	33
2.1 Keilahallin katon romahtaminen Kuopiossa 29.3.2010.....	33
2.1.1 Tapahtumat ja pelastustoiminta.....	33
2.1.2 Rakennus ja rakenteen kuvaus .....	34
2.1.3 Tapahtuman syyt .....	39
2.1.4 Porin keilahalli .....	40
2.1.5 Vastaavien onnettomuuksien estäminen .....	41
2.2 Ratsastusmaneesin sortuminen Liedossa 6.3.2010.....	41
2.2.1 Tapahtumat ja pelastustoiminta.....	41
2.2.2 Rakennus ja rakenteen kuvaus .....	42
2.2.3 Tapahtuman syyt .....	43
2.2.4 Vastaavien onnettomuuksien estäminen .....	46
2.3 Tuotantotilan katon sortuminen Teuvalla 11.3.2010.....	46

2.3.1	Tapahtumat ja pelastustoiminta.....	46
2.3.2	Rakennus ja rakenteen kuvaus .....	47
2.3.3	Tapahtuman syyt.....	48
2.3.4	Vastaavien onnettomuuksien estäminen .....	48
2.4	Jäähallin katon paikallinen vaurioituminen Espoossa 24.2.2010 .....	49
2.4.1	Tapahtumat ja pelastustoiminta.....	49
2.4.2	Rakennus ja rakenteen kuvaus .....	49
2.4.3	Tapahtuman syyt.....	50
2.4.4	Vastaavien onnettomuuksien estäminen .....	51
2.5	Salibandyhallin katon paikallinen vaurioituminen Helsingissä 6.3.2010.....	51
2.5.1	Tapahtumat ja pelastustoiminta.....	51
2.5.2	Rakennus ja rakenteen kuvaus .....	52
2.5.3	Tapahtuman syyt.....	53
2.5.4	Vastaavien onnettomuuksien estäminen .....	53
2.6	Suurmyymälän lasisen väliseinän vaurioituminen Helsingissä 27.2.2010.....	54
2.6.1	Tapahtumat ja pelastustoiminta.....	54
2.6.2	Rakennus ja rakenteen kuvaus .....	54
2.6.3	Tapahtuman syyt.....	54
2.6.4	Vastaavien onnettomuuksien estäminen .....	54
2.7	Kauppakeskuksen väliseinän rakenteen taipuminen Vantaalla 3.3.2010 .....	55
2.7.1	Tapahtumat ja pelastustoiminta.....	55
2.7.2	Rakennus ja rakenteen kuvaus .....	55
2.7.3	Tapahtuman syyt.....	56
2.7.4	Vastaavien onnettomuuksien estäminen .....	56
2.8	Kaupan liimapuupalkin vaurioituminen Raaseporissa 8.3.2010 .....	57
2.8.1	Tapahtumat ja pelastustoiminta.....	57
2.8.2	Rakennus ja rakenteen kuvaus .....	58
2.8.3	Tapahtuman syyt.....	59
2.8.4	Vastaavien onnettomuuksien estäminen .....	59
2.9	Päiväkodin kattorakenteen vaurioituminen Espoossa 3.3.2010.....	59
2.9.1	Tapahtumat ja pelastustoiminta.....	59
2.9.2	Rakennus ja rakenteen kuvaus .....	60
2.9.3	Tapahtuman syyt.....	60
2.9.4	Muita vastaavia onnettomuuksia .....	61
2.9.5	Vastaavien onnettomuuksien estäminen .....	61
2.10	Kuolemaan johtanut polttopuiden suojakatoksen romahtaminen Vihdissä 8.2.2010 .....	61
2.10.1	Tapahtumat ja pelastustoiminta.....	61

2.10.2	Rakennus ja rakenteen kuvaus .....	62
2.10.3	Tapahtuman syyt .....	62
2.10.4	Vastaavien onnettomuuksien estäminen .....	63
2.11	Kevättalven 2010 sortumien ja vaaratilanteiden määrän arviointi .....	63
2.12	Lumitilanne kevättalvella 2010 .....	66
3	ANALYYSI .....	69
3.1	Talven 2010 rakenneaurioiden analysointi .....	69
3.2	Pelastustoiminnan analysointi .....	73
4	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	75
5	TOTEUTETUT TOIMENPITEET .....	76
6	SUOSITUKSET .....	77
6.1	Olemassa olevien rakennusten turvallisuudesta huolehtiminen .....	77
6.2	Rakenteissa havaitun turvallisuuspuutteen korjaaminen ja palaute .....	77
6.3	Erytymenettelyn kehittäminen .....	78
6.4	Rakennusonnettomuuksien tietokanta .....	78
6.5	Kinostusalueiden määrittäminen .....	79
6.6	Muita huomioita ja ehdotuksia .....	79
	LÄHDELUETTELO .....	81

#### LIITTEET

- Liite 1. Järvenpään urheiluhallin kuormat
- Liite 2. Järvenpään urheiluhallissa havaitut muut suunnitteluvirheet ja puutteet
- Liite 3. Tutkintaselostusluonnoksesta saadut lausunnot

#### VERKKOLIITTEET

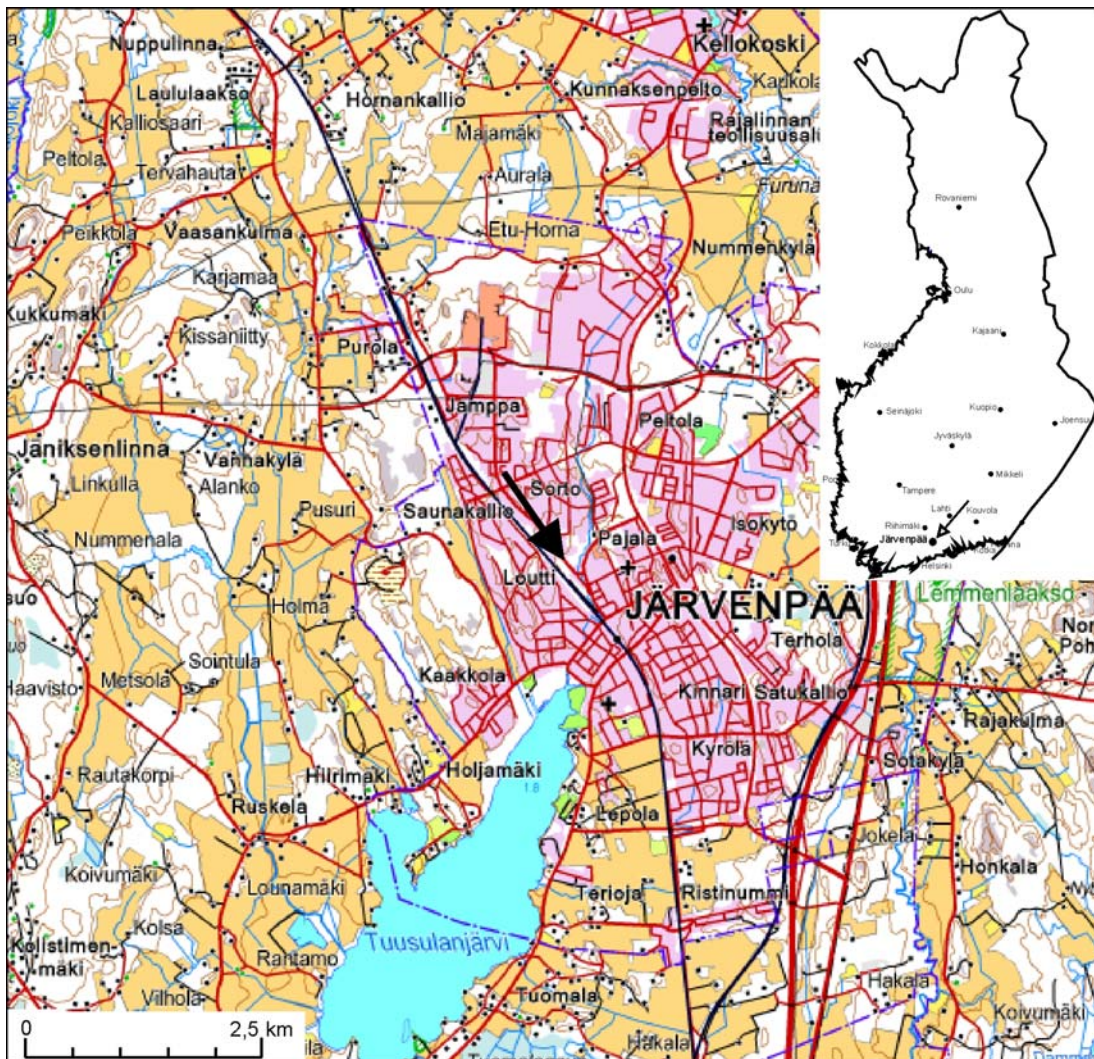
- Verkkoliite 1. Järvenpään urheiluhallin pääkannattajien liitosten mitoitus
- Verkkoliite 2. Järvenpään urheiluhallin ristikkorakenteiden mallinnus
- Verkkoliite 3. Järvenpään urheiluhallin hitsausliitosten tutkinta, VTT-R-05508-10
- Verkkoliite 4. Teuvan tuotantotilan naulalevyn vetokoe
- Verkkoliite 5. Helsingin salibandyhallin poimulevylle tehdyt kokeet

(Julkaistu Onnettomuustutkintakeskuksen internet-sivuilla [www.onnettomuustutkinta.fi](http://www.onnettomuustutkinta.fi))

# 1 URHEILUHALLIN KATON ROMAHTAMINEN JÄRVENPÄÄSSÄ 23.2.2010

## 1.1 Yleiskuvaus

Järvenpäässä tapahtui 23.2.2010 onnettomuus, jossa urheiluhallin katosta kaksi kolmasosaa sortui äkillisesti. Onnettomuuden tapahtuessa hallin sisällä oli 15 henkilöä, joista kaksi loukkaantui lievästi.



Kuva 1. Tapahtumapaikka. (Kartta: KTJ/Oikeusministeriö/MML)

Bild 1. Olycksplats.

Picture 1. Place of the accident.



*Kuva 2. Onnettomuushalli. Kuva on otettu onnettomuutta seuraavana päivänä.*

*Bild 2. Hallen där olyckan inträffade. Bilden är tagen dagen efter olyckan.*

*Picture 2. The hall involved in the accident. Photographed on the day after the accident.*

## 1.2 Tapahtumien kulku

Urheiluhallin ovet avattiin onnettomuuspäivänä kello 10. Paikkakunnalla oli hiihtoloma-  
viikko, ja asiakasmäärä oli normaalia pienempi.

Onnettomuuden tapahtuessa kello 13.23 hallissa oli 15 henkilöä. Kaksi hallin henkilö-  
kuntaan kuuluvaa miestä oli eteläpäädyssä olevan pääoven vieressä vastaanotto- ja  
kahviloissa. Heidän lähellään oli virvoitusjuomayhtiön laiteasentaja. Neljä poikaa oli  
pelaamassa salibandyä pääovelta katsoen hallin oikealla puolella olleella salibandyken-  
tällä pääoven puoleisessa päädyssä. Yksi mies oli juuri tullut salibandykentälle sen kes-  
kiosaan. Hänen pelikaverinsa oli vielä pukuhuoneessa. Sulkapallokentillä oli kuusi mies-  
tä pelaamassa pareittain kentillä 2, 3 ja 5.

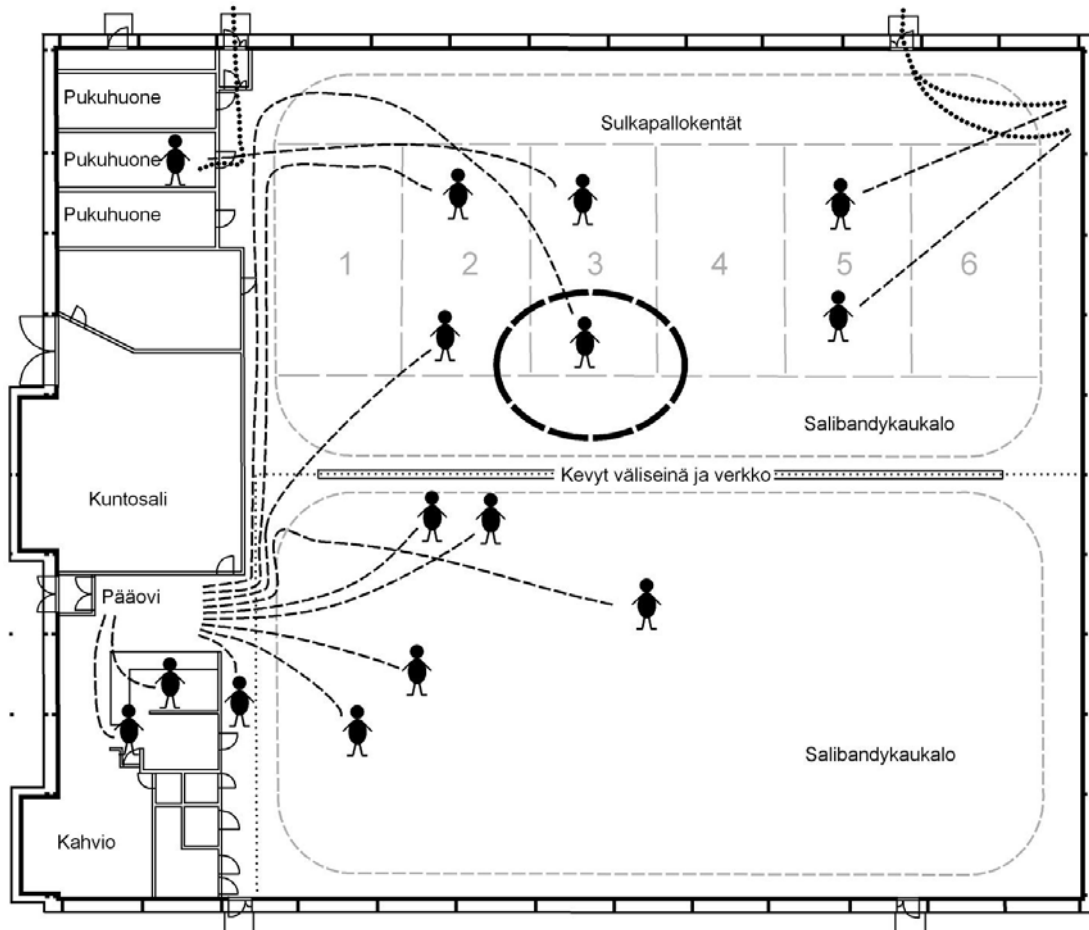
Hallissa sisällä olleiden mukaan hallin katon keskiosasta sulkapallokenttien puolelta  
kuului kova pamaus. Kaikki pelikentillä olleet kuulivat äänen. Pamauksen jälkeen oli ollut  
parin sekunnin tauko, jonka jälkeen kuului toinen vastaavanlainen pamaus ja hallin katto  
alkoi painua alas.

Hallin keskiosan katto romahti alas muutamassa sekunnissa. Hallin molemmat päädyt  
jäivät pystyyn. Hallissa olleiden mukaan sortuma näytti alkaneen pääovelta katsoen hal-  
lin keskilinjan vasemmalta puolelta, vähän rakennuksen keskiosasta pääovelle päin.

Kahviossa ja salibandykentällä olleet kahdeksan henkilöä poistuivat suoraan lähistöllä  
olleen pääoven kautta. Sulkapallokentällä 5 olleet kaksi henkilöä väistivät putoavaa kat-  
toa hallin takapäädyn suuntaan. He yrittivät poistua sulkapallokenttien puoleisesta va-  
rauloskäynnistä, mutta ovi ei auennut, joten he päättivät jäädä odottamaan pelastuslai-  
toksen tuloa.

Pukuhuoneen ovella ollut henkilö vetäytyi takaisin pukuhuoneeseen ja soitti hätäkeskukseen. Yksi sulkapallon pelaajista juoksi samaan pukuhuoneeseen.

Sulkapallokentällä olleet kolme henkilöä juoksi kuntosalin seinän viereen ja jäi osittain katosta putoavien tavaroiden alle. Kaksi heistä loukkaantui, mutta kaikki pystyivät poistumaan kontaten ja kävellen pääoven kautta omatoimisesti.



Kuva 3. Henkilöiden sijainnit ja poistumisreitit. Katkoviiva tarkoittaa kiireellistä ja välitöntä poistumista ja pisteviiva pienellä viiveellä tapahtunutta kiireetöntä poistumista. Hallissa olleet havaitsivat sortuman alkaneen kuvan keskiosaan merkityssä kohdassa.

Bild 3. Personernas positioner och utrymningsvägar. Den streckade linjen visar brådskande och omedelbar utrymning. Den prickade linjen visar utrymning med viss fördröjning utan brådska. De personer som befann sig i hallen observerade att kollapsen började vid den punkt som är utmärkt i bildens mittparti.

Picture 3. The position of persons and escape routes. Urgent, immediate escape is denoted with a dashed line and unhurried exit, with a minor delay, with a dotted line. Persons present in the hall detected the beginning of the collapse at the points marked in the middle section of the photograph.

Urheiluhallin katon romahtaminen Järvenpäässä 23.2.2010  
ja muita rakennevaurioita kevättalvella 2010



**Kuva 4.** Hallin katto painui lattiaan asti hallin keskilinjalla (kuvassa vasemmalla), mutta seinän viereen jäi tilaa. Kuva on kadun puoleisesta osasta. (Kuva: poliisi.)

**Bild 4.** Hallens tak böjdes ned till golvet vid hallens centrumlinje (till vänster i bilden) men vid väggarna fanns utrymme. Bilden visar den del som vetter mot gatan.

**Picture 4.** The hall's roof collapsed all the way to the floor, along the hall's mid-axis (on the left-hand side in the photograph) but there was free space next to the wall. The photograph depicts the street-side section.



**Kuva 5.** Halli ja sen ympäristö helikopterista kuvattuna. Alaosassa on Järvenpään lukio ja yläosassa päärata. Pohjoinen on kuvassa oikealla. (Kuva: rajavartiolaitos.)

**Bild 5.** Bild av hallen och dess omgivning fotograferad i en helikopter. Undre delen visar gymnasiet i Träskända och övre delen huvudjärnvägen. Norr är åt höger i bilden.

**Picture 5.** The hall and its environment photographed from a helicopter. In the lower part, Järvenpää High School and, in the upper part, the main railway line, are pictured. In the photograph, north lies in a rightwards direction.

### 1.3 Pelastustoiminta ja poliisin toiminta

Itä- ja Keski-Uudenmaan hätäkeskus sai ensimmäisenä hallin sisältä ulos tuleen laiteasentajan tekemän hätäilmoituksen kello 13.24.03. Ilmoituksen mukaan hallin katto oli juuri romahtanut alas. Ilmoittaja pystyi kertomaan tarkan katuosoitteen. Noin neljän minuutin pituisen puhelun aikana soittaja arvioi sisälle mahdollisten jääneiden määräksi 1–4 henkilöä. Kaikkiaan hätäkeskukseen tuli neljä hätäilmoitusta, joista yksi tuli hallin sisältä pukuhuoneesta olleelta.

Hätäkeskuspäivystäjä valitsi tehtävätyypiksi *räjähdyks/sortuma - suuri* ja hälytti Keski-Uudenmaan pelastuslaitoksen määrittelyn mukaisesti komppanialähdön kello 13.24.57. Komppanialähtö tarkoitti tässä tapauksessa sitä, että onnettomuuspaikalle hälytettiin kymmenen pelastusyksikköä ja lisäksi tukiyksiköitä. Sairasautoja hälytettiin kymmenen.

Ensimmäisenä paikalle tuli kello 13.30.21 pelastusyksikkö Järvenpään paloasemalta, joka on 1,5 kilometrin päässä onnettomuuspaikalta. Palomiehet opastivat hallin sisällä vielä olleet kaksi miestä turvallista reittiä ulos radan puolella takakulmassa olleen oven kautta. Oven avaamiseen tarvittiin rautakankea. Muille kiireellisille pelastustoimille ei ollut tarvetta.

Poliisista paikalle tuli useita yksiköitä sekä järjestyspoliisista että tutkinnasta. Tekniseen tutkintaan osallistui sekä Keski-Uudenmaan että Itä-Uudenmaan tekninen rikostutkimuskeskus. Tutkintalautakunnalla on ollut käytössään poliisin ottamat valokuvat.

### 1.4 Olosuhteet

Urheiluhallissa oli tavanomainen arkipäivä sillä poikkeuksella, että asiakasmäärä oli hiihtolomaviikon vuoksi jonkin verran pienempi kuin muulloin vastaavaan vuodenaikaan. Hallissa oli onnettomuuden aikaan yhteensä 15 henkilöä, joista yksitoista oli pelikentillä.

#### Sääolosuhteet

Onnettomuuden aikaan tuuli koillisesta ja tuulen nopeus oli noin 7 metriä sekunnissa. Aamupäivällä tuulen nopeus oli alhaisempi. Sää oli täysin pilvinen ja ulkoilman lämpötila oli noin –10 astetta. Sää oli lauhtumassa, sillä varhain aamulla lämpötila oli ollut alle –20 astetta. Ilmanpaine laski aamuyöstä alkaen ja oli onnettomuuden aikaan 993 hPa. Ilman suhteellinen kosteus oli hieman alle 90 %.

#### Katon lumikuorma

Talven aikana oli ollut poikkeuksellisen pitkä pakkasjakso. Lämpötila Järvenpäässä oli pysytellyt kahden kuukauden ajan pakkasella, eikä lumi ollut liukunut katolta alas kertaakaan tänä ajanjaksona. Lunta ei myöskään ollut poistettu katolta.

Tutkintalautakunnan jäsen ja yksi poliisimies mittasivat katolla olleen lumen paksuuden noin kolmen tunnin kuluttua onnettomuudesta. Mittaukset tehtiin pelastuslaitoksen puomitikasautosta painamalla mittatikku kohtisuoraan katon lapetta vasten. Kussakin kohdassa mittauksia suoritettiin useita kertoja halkaisijaltaan noin puolen metrin alueelta.



Katon pinta kaivettiin näkyviin molemmilta lappeilta yhdestä paikasta. Katon pinnalla ei ollut jäätä. Suurin osa lumesta oli tiiviiksi pakkautunutta. Tiiviin lumen pinnalla oli muutama senttimetri uutta lunta.

Lumen massan määrittämiseksi kolmannen mittauspaikan kohdalta otettiin eri lumen kerroksia mahdollisimman hyvin edustava näyte 50 litran vetoiseen astiaan. Lumen massaksi vaaka näytti 15,5 kg, josta lumen keskimääräiseksi tiheydeksi saatiin 310 kg/m<sup>3</sup>.

Kadun puoleisella lappeella lunta oli laajalla alueella noin 35–40 cm, josta edellä esitetyn lumen keskimääräisen tiheyden perusteella lumikuorma oli suuruusluokkaa 100–130 kg/m<sup>2</sup>. Räystäään ja harjan lähellä lumen määrä oli tätä vähäisempi.

Radan puoleisella lappeella lunta oli mitatulla alueella noin 45–55 cm, josta edellä esitetyn tiheyden avulla saadaan lumikuormaksi 140–170 kg/m<sup>2</sup>. Kohdassa, jossa onnettomuuspaikalta otetuista kuvista mittaamalla näyttäisi lunta olleen noin 70 cm, lumikuorma on voinut olla yli 200 kg/m<sup>2</sup>.

Suomen ympäristökeskuksen vesistömallijärjestelmän mukaan lumikuorma Tuusulanjärven alueella oli onnettomuuspäivänä keskimäärin 123 kg/m<sup>2</sup>. Edellisen vuorokauden aikana se oli kasvanut 14 kg/m<sup>2</sup>.

## 1.5 Onnettomuudesta aiheutuneet vahingot

Sisällä olleista henkilöistä kaksi loukkaantui lievästi<sup>1</sup>. Usean henkilön silmiin ja hengityselimiin meni puhallusvillapölyä.

Halli tuhoutui korjauskelvottomaksi. Uuden vastaavanlaisen hallin rakentamiskustannukset ovat hallin omistajan mukaan noin 2,5 miljoonaa euroa.

Onnettomuudesta ei aiheutunut ympäristövahinkoja.

---

<sup>1</sup> Loukkaantumisten määrittelyssä käytetään vakiintunutta ilmailuonnettomuustutkimuksen käytäntöä, joka perustuu kansainvälisen siviili-ilmailusopimuksen liitteeseen 13. Kuolleeksi määritellään henkilö, jonka onnettomuudessa saama vamma johtaa kuolemaan 30 päivän kuluessa onnettomuudesta. Vakavasti loukkaantunut on henkilö, jolla on:

- vamma, joka vaatii yli 48 tunnin mittaista sairaalahoitoa, joka alkaa seitsemän päivän kuluessa vamman saamisesta
- luunmurtuma (lukuun ottamatta vähäisiä murtumia sormissa tai varpaissa taikka nenässä)
- vakavaa verenvuotoa tai vakavia hermo-, lihas- tai jännevammoja
- sisäelinvammoja
- toisen tai kolmannen asteen palovammoja tai palovammoja, joiden laajuus on yli 5 % ihosta
- tartuntaa aiheuttaville aineille altistumisesta aiheutunut tulehdus
- säteilyvamma
- syövyttävälle tai myrkyllisille aineille altistumisesta aiheutunut vamma.

Lievästi loukkaantunut on henkilö, jolla on yllä lueteltuja vähäisempiä vammoja, jotka kuitenkin vaativat hoitoa sairaalan ensiavussa, onnettomuuspaikalla tai lääkärin vastaanotolla tai aiheuttavat sairaspöissaoloja.

## 1.6 Rakennus

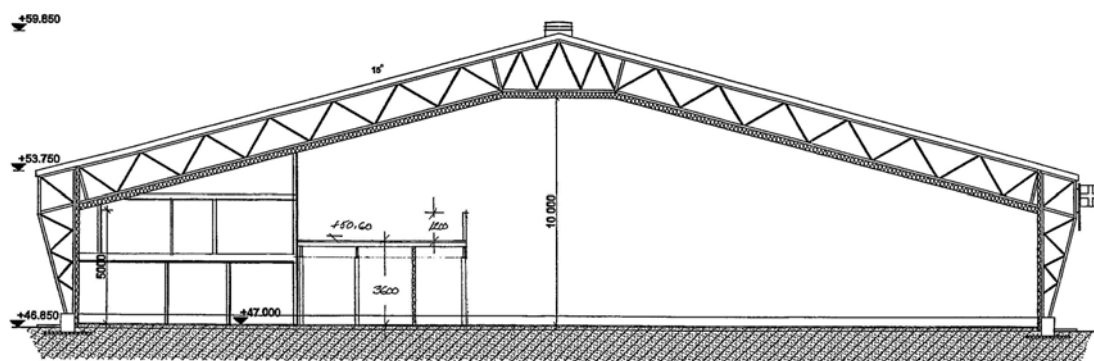
Urheiluhalli oli rakennettu vuonna 2001. Hallissa oli kuntosali, kabinetti- ja saunaosasto, toimistohuone, varastohuone, yleisö vessat, lämmönjakohuone, ilmanvaihtokonehuone kahvio sekä kaksi salibandykenttää, joista toisen sisällä oli kuusi sulkapallokenttää. Tiiloissa toimi autokoulu muutamana päivänä viikossa.

Hallin omistajan mukaan suurin sallittu henkilömäärä hallissa oli 1 400 henkilöä, jonka mukaisesti hallissa oli järjestetty yli tuhannen hengen tilaisuuksia. Hakemusta kokoon-  
 tumistilaksi ei rakennusvalvontaviranomaisen mukaan ollut tehty eikä suurinta sallittua  
 henkilömäärää ollut virallisesti määritelty. Keskeiseksi poistumistieksi oli rakentamisvai-  
 heessa suunniteltu suuret laakaovet. Niiden sisäpuolelle oli kuitenkin rakennettu ka-  
 peammin ja osin sisäänpäin avautuvin ovin varustettu kuntosali, jolle rakennuslupa haeti-  
 tiin jälkikäteen. Kuntosalin rakentamisen jälkeenkin paloturvallisuusmääräysten mukaan  
 laskettu suurin sallittu henkilömäärä olisi ollut selvästi yli tuhat.

### 1.6.1 Rakenteen kuvaus

Rakennuksen pituus oli 52,5 metriä, leveys 42,5 metriä ja harjakorkeus noin 12,5 metriä. Hallin sisäkorkeus sivuseinien kohdalla oli 5 metriä ja hallin keskilinjalla 10 metriä. Hallissa oli harjakatto, jonka kaltevuus oli 15 astetta.

Kantavana runkona oli 14 teräsrakenteista 2-nivelkehää, jotka koostuivat ristikkoraken-  
 teisista pilarielementeistä, harjaelementistä ja kahdesta kattoa kannattelevasta 1,5 met-  
 riä korkeasta ristikkoelementistä. Pilariosat olivat seinien ulkopuolella. Pääkannattajien  
 kokonaispituus ja samalla hallin jänneväli, jolta kertyy lumikuormaa, oli noin 45 metriä  
 (kuva 6). Kehäväli oli neljä metriä. Harjan kohdalla alapaarteiden päällä oli rakennuksen  
 ullakon pituinen kulkusilta.



Kuva 6. Hallin leikkauskuva.

Bild 6. Sektion av hallen.

Picture 6. Cross-section of the hall.

Rakennuksen päädyissä oli tikapuita muistuttavat vierendeel-päätypilarit. Kattotasossa oli päädyissä jäykistysristikot. Kattopintaa kannattelivat 150 mm korkuiset teräshattuorret. Teräsorsien pituudet vaihtelivat yksiaukkoisesta (4 metriä) kaksiaukkoisiin (8 metriä).

Alakattoa tukivat puiset alaspäin käännetyt T-orret, jotka toimivat myös ristikoiden kiepahdussiteinä. T-orret oli ripustettu ristikkojen alapaarteeseen hitsatuista teräslapuista läpipulttiliitoksen avulla. Katon ulkopinta oli muovipintaista teräsohutlevyä, jonka profiilin korkeus oli 31 mm. Myös sisäkatto oli ohutlevyä. Yläpohjan lämmöneristys oli ristikoiden alapaarten tasossa.

Seinät olivat vain itsensä kantavia paneelielementtejä, joiden pinnat olivat teräsohutlevyä ja niiden välissä oli villaeriste. Elementin paksuus oli 125 millimetriä. Pitkillä seinälinjoilla oli yksi vaakasuuntainen tukipalkkilinja. Lattia oli maanvarainen teräbetonilaatta. Laatan päällä oli pelialustana saumattu muovimatto. Lattiavalun alla oli teräskehärakenteisiin kuuluvat vetotangot.

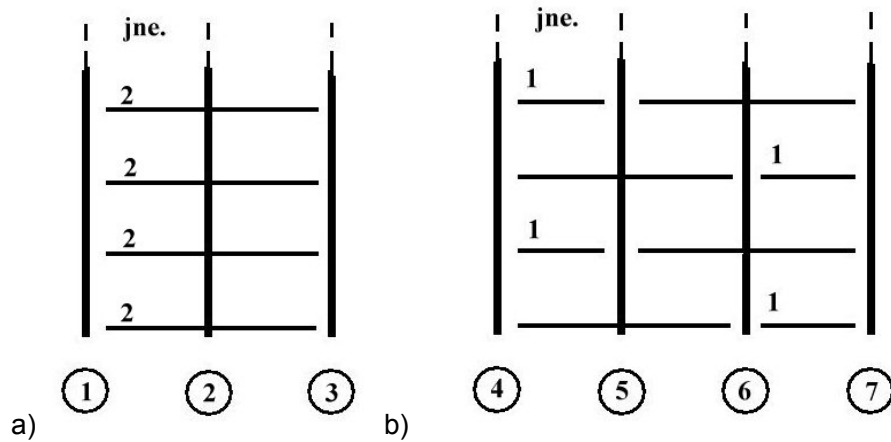
### 1.6.2 Hallin suunnittelu ja toteutus

Hallin omistajana oli kolmen yksityishenkilön omistama urheiluhallitoimintaa harjoittava yritys. Omistajat tilasivat hallin pystytettynä kotimaiselta hallitoimittajalta vuonna 2000. Hallien toimittaminen oli kyseisen toimittajan pääliiketoimintaa, jota se oli tehnyt enenevässä määrin perustamisajankohdasta eli vuodesta 1989 lähtien. Yritys oli toimittanut rakenteeltaan vastaavanlaisia halleja satoja. Yrityksen omistusjärjestelyt ovat sittemmin muuttuneet, ja hallien rakenne on pääosin erilainen.

Toimittajan suunnittelijat huolehtivat rakennesuunnittelusta pois lukien perustussuunnittelu, jonka teki alihankintana toinen suunnitteluyritys. Teräsrakenteet suunnitelleella suunnittelijalla oli konetekniikan diplomi-insinöörin koulutus ja Teräsrakenneyhdistyksen myöntämä teräsrakennesuunnittelijan pätevyys. Hän oli suunnitellut tällaisia halleja yli 15 vuoden ajan.

Teräsrakenteet valmisti hallitoimittajan konepajapiirustusten mukaisesti kotimainen konepaja. Pystytyksen teki alihankintana eri yritys. Näiden eri yritysten yhteistyö oli jatkuva, joten vastaavalla tavalla on rakennettu lukuisia muita halleja. Hallitoimittajalla oli tarjolla erikokoisia halleja asiakkaan toiveiden mukaan. Kukin halli suunniteltiin erikseen, vaikka aikaisempia suunnitelmia käytettiin hyödyksi. Kuitenkin esimerkiksi samankokoisia maneeseja toimitettaessa samoja suunnitelmia saatettiin käyttää sellaisenaan. Joissakin tapauksissa aikaisempia rakennesuunnitelmia korjattiin kertoimien avulla, kun esimerkiksi lumikuormavaatimus oli rakennuspaikan sijainnista johtuen erisuuruinen.

Teräsrakenteiden pystytystapa oli sellainen, että kehät koottiin maassa mahdollisimman isoiksi kokonaisuuksiksi, jonka jälkeen ne nostettiin lohkoina ylös ja liitettiin ruuviliitoksilla. Alapaarteissa käytettiin kahta paksuudeltaan 24 mm ja lujuusluokaltaan 10.9 olevaa ruuvia. Kattoa tukevana rakenteena käytettiin hallin päätyjen alueella (esimerkiksi kehien 1–3 väleissä, kuva 7a) 2-aukkoisia hattuorsia. Keskimmäisten lohkojen alueella (esimerkiksi kehien 4–7 välit, kuva 7b) käytettiin 1- ja 2-aukkoisia orsia limitettyinä siten, että lumikuorma jakautui kehille tasan. Eri lohkojen väliin (esimerkiksi kehäväli 3–4) asennettiin yksiaukkoiset hattuurret. Asennustavalla voitiin minimoida korkealla tehtävän työn osuus.



Kuva 7. Katto-orsien sijoittelu pääkannattajakehien väleihin ylhäältä katsottuna: a) päädyissä ja b) keskellä.

Bild 7. Placeringen av takbjälkarna i mellanrummet mellan huvudtakstolarnas ramar sett uppifrån: a) vid gavlarna och b) i mitten.

Picture 7. The location of the rafters between the main support frames, viewed from above: a) at the gables and b) in the middle.

Kuva 8 esittää erään toisen vastaavanlaisen hallin asennustapaa. Siinä näkyy sekä kolmen (päätylohko) että neljän kehän muodostamia lohkoja, jotka on nostettu pystyyn. Lohkojen väleihin ei ole vielä asennettu kaikkia 1-aukkoisia hattuorsia.



Kuva 8. Vastaavanlaisen hallin asennustapa.

Bild 8. Monteringsmetod för en liknande hall.

Figure 8. Mounting method in a similar hall.

Järvenpään hallin pääkannattajien rakenneanalyysi oli tehty ei-kaupallisella 2D-ristikkoanalogiaan perustuvalla tietokoneohjelmalla. Siinä kaikki sauvaelementit kuvattiin päistään nivelellisinä vetoa ja puristusta kestävinä putkipalkkeina. Ohjelmaan ei syötetä

solmupisteiden koordinaatteja vaan sauvojen alkua- ja loppupisteiden numerot sekä sauvan pituuden x- ja y-komponentit. Nämä lähtötiedot ovat laskennan kannalta riittävät, mutta epähavainnolliset ja lähes mahdottomat tarkastaa. Ohjelma ei sisällä rakenneosien tai liitosten mitoitusvaatimusta vaan se tehtiin käsin. Suunnittelussa tehdyssä rakenneanalyysissä ei ole käsitelty sauvojen taivutusta, vääntöä, epäkeskeisyyksiä tai rakennuksen pituussuuntaisia rasituksia tai kuormia. Näitä ilmiöitä on osin käsitelty käsin laadituissa mitoituslaskelmissa. Ristikkoanalogian käyttöä on käsitelty tutkintalautakunnan verkkoliitteessä 2.

Rakenteen omana painona oli suunnittelussa käytetty arvoa  $0,3 \text{ kN/m}^2$  ja lumikuormana normien mukaan Järvenpäässä sovellettavaa arvoa  $2,0 \text{ kN/m}^2$ . Romahtaneen hallin suunnitelmat koskivat ilmeisesti alun perin eri hallia, koska pilareiden ristikon jako-osia oli suunnitelmassa seitsemän, kun niitä oli todellisessa rakenteessa kuusi. Lähes kaikkien sauvojen nurjahduspituudet oli esitetty suunnitelmissa todellisia lyhyemmiksi.

Rasitetuin pääkannattajakehä oli päädyistä seuraava kehä hallin molemmissa päissä, koska se oli 2-aukkoisten orsien keskituki. Sen kehän kuormituksia laskettaessa olisi pitänyt ottaa huomioon keskitukivaikutus, jonka vuoksi kuormitus oli tasaisesti jakautuneeseen kuormaan verrattuna 1,25-kertainen. Sitä ei ollut otettu huomioon, mutta sortuma ei tapahtunut näiden kehien alueella.

### **Rakennusvalvonta**

Rakentamisen viranomaisvalvonnasta vastasi Järvenpään rakennusvalvonta. Rakennusvalvonta piti rakennusta suuren koon ja rakenteiden vuoksi sellaisena, että valvonnassa oli syytä olla tarkempi kuin valvottaessa sellaista rakennushanketta, jossa jänneväli oli lyhyempi ja rakenne tutumpi. Rakennusvalvontaviranomainen vaati tavanomaisen asiakirjojen lisäksi rakennushankkeeseen ryhtyvältä teräsrakennesuunnittelijan pätevyystodistuksen ja teräsrakennetoimittajan laatutodistuksen. Rakennusvalvonta sai nämä asiakirjat.

Rakennusvalvonnan ensisijaisena pyrkimyksenä oli varmistaa rakennushankkeessa mukana olleiden pätevyys niin, että näillä oli edellytykset täyttävään rakentamiseen. Rakentamisen aikainen valvonta perustui pääosin vastaavan työnjohtajan pitämään rakennustyöpöytäkirjaan, jota rakennusvalvonnan mukaan pidettiin huolellisesti. Rakennusvalvonta piti myös joitakin katselmuksia, joista rakenteisiin liittyi rakennekatselmus. Sen merkinnät olivat vähäiset, eikä romahdukseen johtaneita puutteita havaittu. Katselmukset olivat luonteeltaan lyhyitä käyntejä työmaalla, joissa rakentamisen vaihe todetaan silmämääräisesti ja muun muassa rakennustyöpöytäkirjan perusteella tarkastellaan mahdollisia puutteita tai ongelmia.

### **1.6.3 Havainnot katon romahtamisen jälkeen**

Rakennuksen päädyt ja kaksi niistä seuraavaa kehävälä jäivät pystyyn (kuva 9). Sortuman tähän rajautumiseen todennäköisesti vaikutti se, että rakennuksen päädyistä alkoivat 2-aukkoiset hattuorret, joista kaikki päättyivät sortumissauman kohdalle. Sortuman puolelle jatkuvat hattuorret olivat yksiaukkoisia, ja ne jäivät roikkumaan toisesta päästään.



Kuva 9. Halli ylhäältä päin kuvattuna. (Kuva: pelastuslaitos 12.3.2010.)

Bild 9. Bild av hallen tagen ovanifrån.

Picture 9. The hall photographed from above.

Katon junaradan puoleinen lape (kuvassa 9 takana) jäi katon sortuessa kadun puoleisen lappeen alle. Kehät olivat symmetrisiä, joten taaempi lape näyttää sortuneen edellä. Se viittaa sortuman alkukohdan sijaintiin radan puolella. Samaan viittaa radan puoleiselta lapeelta mitatut suuremmat lumen paksuudet.

Sortuneen rakennuksen purkutöiden aloitus viivästyi, ja se tehtiin huhtikuun 2010 puolivälissä. Rakennuksen purkutöiden yhteydessä tarkastettiin pilarin ja alapaarteen väliset liitokset, kattorakenteet sekä eristeiden ja katon ohutlevyjen purkamisen jälkeen lopuksi myös itse kattokannattajat. Rakennuksen rungossa todettiin seuraavia vaurioita:

- Rakennuksen pilareissa sisäpaarteen profiili oli monissa pilareissa puristunut kasaan kattokannattajan ja pilarin diagonaalien väliltä (kuva 10), ja pilari oli taittunut kyseisen liitoksen kohdalta.
- Kattokannattajan diagonaaleja oli repeytynyt parreputkista pienahitsin sivusta. Osa paarteen pinnasta oli leikkautunut irti (kuva 11).
- Kattokannattajien diagonaaliliitoksissa näkyi myötövaurioita ja erilaisia plastisia muodonmuutoksia (kuva 12).
- Kattokannattajien hitsausliitoksissa oli joitakin alimittaisia tai puutteellisia hitsejä, joista osat ovat irronneet, mutta joista ei kuitenkaan voi todeta sortuman alkaneen (kuva 13).
- Katon hattuorsissa oli sortumissaumojen kohdilla reunarepeytymiä, kiinnitysruuvien katkeamisia ei voitu havaita.

Kaikki kattokannattajien alapaarteiden pulttiliitokset olivat ehjiä, ja pulttien lujuusluokka oli kaikissa tarkastetuissa pulteissa 10.9. Joissakin alapaarrelliitoksissa havaitut vauriot hitseissä voivat olla syntyneet katon sortumisesta ja lattiaan iskeytymisestä. Myös ylös jääneiden kehien pilareissa oli havaittavissa kuvan 10 mukaisia kokoonpuristumia.

Rakenteista ei havaittu pilarien nurjahtamista ja kiepahtamista, sillä kaikki kehät olivat kohdillaan omassa tasossaan. Myöskään kattokannattajien kiepahtamisia (nurjahtamista sivusuuntaan) tai yksittäisten sauvojen nurjahtamisia ei havaittu. Poikkeuksena tähän olivat vauriot, joiden voitiin päätellä johtuvan katon putoamisesta ja iskeytymisestä maahan. Muita pääkannattajien hitsausliitosten pettämisiä ei havaittu kuin niitä, jotka olivat seurausta katon putoamiselle.



*Kuva 10. Useimmat pilarit olivat puristuneet kasaan sen ja alapaarteen välisestä liitoksesta.*

*Bild 10. Vid de flesta pelare hade förbandet mellan pelaren och underramstången tryckts ihop.*

*Picture 10. Most pillars were damaged under pressure, at the juncture between the pillar and the tie beam.*



*Kuva 11. Paarteista repeytyi irti diagonaaleja siten, että pala paarretta (tumma reikä) leikkautui irti ja jäi kiinni diagonaalin päähän. (Ari Rinne © 2010)*

*Bild 11. Diagonalerna revs lös från ramstängarna så att en del av ramstängens (mörkt hål) skars loss och satt fast vid diagonalens ände.*

*Picture 11. Diagonals were shorn off the tie beams, separating a beam section (the dark hole), which remained attached to the end of a diagonal.*



*Kuva 12. Paarreputken vaurioitunut diagonaaliliitos myötökuvioineen. Liitoksen vapaaväli oli 12–15 mm.*

*Bild 12. Ramstängens skadade diagonalförband med flytningsmönster. Förbandets fria mellanrum var 12–15 mm.*

*Picture 12. A damaged diagonal joint of the tie beam, with its yield shapes. The joint was free-spaced at 12–15 mm.*





*Kuva 13. Vaurioitunut jatkoshitsausliitos pääkannattajan yläpaarteessa harjan kohdalla.*

*Bild 13. Skadat svetsförband i takstolens överramstång vid takåsen.*

*Picture 13. A damaged extension weld on the rafter of the main support frame, close to the ridge.*



*Kuva 14. Katon putoamisesta aiheutuneita vaurioita alapaarteen liitoksessa.*

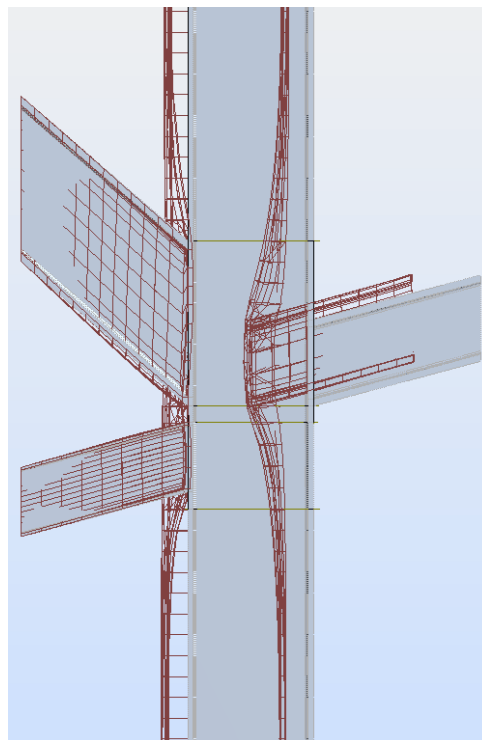
*Bild 14. De skador som orsakats av fall av taket på underramstångs förband.*

*Picture 14. The damage caused by the fall of the roof at the tie beam joint.*

#### 1.6.4 Rakenteen yksityiskohtien tutkinta

##### Pääkannattajan alapaarteen ja pilarin välinen liitos

Onnettomuuden jälkeen oli havaittavissa, että pääkannattajan alapaarteen ja ristikkopilarin sisäpaarteen välinen liitos oli vaurioitunut. Alapaarteet olivat painaneet usean pilarin sisäpaarteen putkiprofiilin kasaan (kuvat 10 ja 15). Pääkannattajan alapaarteen putkiprofiilin mitat olivat 100x100x8 mm ja pilarin putkiprofiilin koko 150x150x6,3 mm. Alapaarre oli hitsattu putkiprofiilin pintaan. Suunnilleen samaan kohtaan liittyvät myös ristikkopilarin kaksi diagonaalia (kuvat 10 ja 15). Liitoksesta ei ollut mitoituslaskelmia eikä liitoksissa ollut jäykistelevyjä.



Kuva 15. Ristikkopilarin sisäpaarteen ja kattokannattajan alapaarteen liitos. Alapaarre on kuvassa oikealla.

Bild 15. Förbandet mellan fackverkspelarens innerramstäng och takstolens underramstäng. Underramstängen visas till höger i bilden.

Picture 15. The connection between the pillar and the tie beam of the truss. The tie beam is shown on the right-hand side of the picture.

Suurin alapaarteessa esiintynyt puristusvoiman laskenta-arvo oli tutkintalautakunnan tekemän rakennemallin mukaan noin 1 200 kN. Tämä suurin kuormitus syntyi tilanteessa, jossa kattoon kohdistui suurin normeissa määritelty kuorma.

Rautaruukin putkipalkkikäsikirjan mukaan laskien alapaarteen ja putkipilarin liitoksen kestävyys oli 98,7 kN, jolla kuormalla rajoittavaksi tekijäksi tuli putkipilarin pinnan myötääminen. Myötötilanteessa staattisesti määräämättömässä rakenteessa voimat kuitenkin jakautuvat uudelleen. Liitoksen kestävyysien laskenta on esitetty verkkoliitteessä 1.



Tutkintalautakunta laati liitoksesta lisäksi rakennemallin, jonka avulla arvioitiin pilarin putkiprofiilin joustoa. Näin selvitettiin sitä, mitä vaikutusta putkiprofiilin kokoonpuristumisella oli pääkannattajan alapaarteen puristusvoimaan. Kokoonpuristumista mallinnettiin vaakajousella, jolle määriteltiin liitoksen alkujäykkyyttä kuvaava jousivakio.

Tarkastelun tuloksena oli, että putkipalkin kokoonpuristumisella ei ollut merkittävää vaikutusta pääkannattajan alapaarteen puristusvoimaan. Siten pilarin ja alapaarteen liitoksen kestävyyttä oli mahdollista tutkia erikseen, kuten putkipalkkikäsikirjan mukaisessa tarkastelussa oli tehty. Tarkastelussa voitiin todeta, että liitoksen kestävyys oli huomattavasti todellista puristusvoimaa alempi.

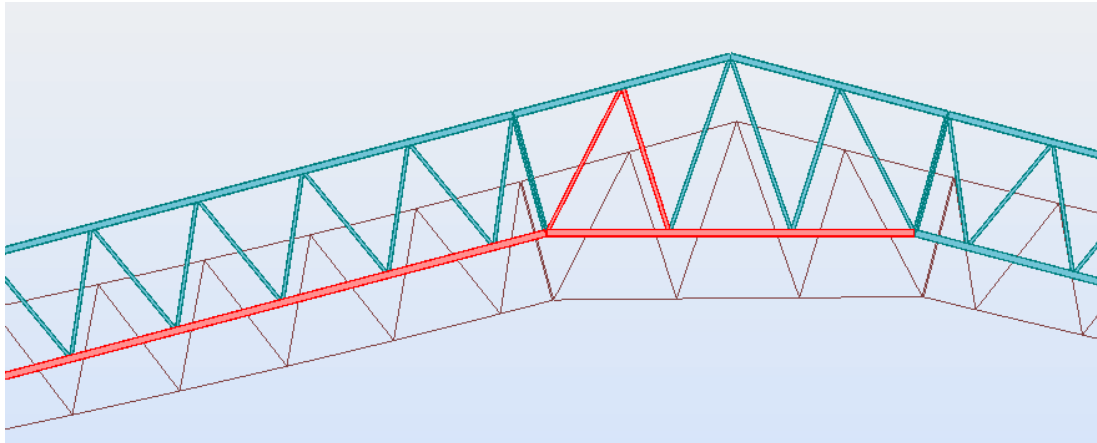
### Pääkannattajan diagonaalien liitokset

Edellä kuvattu pilarin sisäpaarteen putkiprofiilin painuminen kasaan aiheutti muutosta kattokannattajan ja pilarin väliseen kulmaan. Kulmamuuutos aiheutti 45 metrin pituiseen kattokannattajaan lisää taipumista ja muutoksia rakenneosien rasituksiin. Tätä taipumista ei ollut otettu huomioon teräsrakenteiden suunnittelussa. Tutkintalautakunnan rakennemallin mukaiset rasitetuimmat pääkannattajan kohdat on esitetty punaisella kuvassa 16.

Tutkintalautakunnan rakenneanalyysin mukaan pilariprofiilin kokoonpuristumisen vaikutus pääkannattajan harjan kohdan taipumaan oli suhteellisen pieni, jos putkipilarille arvioitu jousivakio säilyy vakiona. Todellisuudessa pilarin kokoonpuristumisjäykkyys muuttuu putken pinnan myötäessä. Taulukossa 1 on kokeiltu eri jousivakioiden vaikutusta pääkannattajan diagonaaleissa vaikuttaviin voimiin.

Taulukko 1. Pilarin kokoonpuristumisen vaikutukset pääkannattajassa.

Laskelmissa sovellettu piliiri/alapaarteliitoksen jäykkyys	Pääkannattajan harjan taipuma [mm]	Alapaarteen vetovoima putkessa 100x100x3		Harjalelementin diagonaalien rasitukset	
		Lappeella [kN]	Harjalem. [kN]	50x50x3 [kN]	60x60x3 [kN]
Alkuperäinen ideaalinen kokoonpuristumaton rakenne	15,7	303	184	-136	119
Pilarin ja alapaarteen välissä alkujäykkyys k	17,7	321	200	-141	122
Liitoksessa käytetty jousivakiolle arvoa k/2	18,6	339	216	-146	126
Liitoksessa käytetty jousivakiolle arvoa k/10	25,2	465	332	-179	149



*Kuva 16. Katon pääkannattajan eniten rasitetut diagonaalit ja paarteet (punaisella).*

*Bild 16. De mest belastade diagonalerna och ramstängarna (utmärkta med rött) i takstolen.*

*Picture 16. The diagonals and tie beam of the main support frame, under severe stress (in red).*

Kattokannattajan alapaarteet lappeen puolivälistä harjalle oli tehty rakenneputkesta 100x100x3. Muualla ainepaksuutena oli ollut joko 6 tai 8 mm. Kattokannattajan diagonaaleista neljäsoset oli tehty putkiprofiileista 60x60x3, esimerkiksi kuvassa 16 oikealle laskeva punainen diagonaalisauva. Noin puolet diagonaaleista oli tehty 50x50x3 putkiprofiileista, esimerkiksi kuvassa 16 oikealle yläviistoon nouseva punainen diagonaali. Loput oli tehty isommista putkiprofiileista.

Diagonaalien pituudella oli oleellinen vaikutus niiden kestävyteen nurjahduksen suhteen. Kattokannattajan tasakorkealla osalla diagonaalien nurjahduspituutena voitiin käyttää arvoa 1,67 metriä. Kun diagonaalisauvojen teräsmateriaali oli teräslajia S355, saatiin 60x60x3 mm diagonaalisauvojen vetokestävyudeksi 241 kN ja puristuskestävyydeksi 170 kN. Vastaavasti 50x50x3 mm diagonaalisauvojen vetokestävyudeksi saatiin 199 kN ja puristuskestävyydeksi 111 kN. Harjaelementissä diagonaalit olivat pidempiä, ja niiden puristuskestävyys on pienempi.

Diagonaalit liittyivät hitsausliitosten välityksellä yläpaarteeseen ja alapaarteeseen. Edellä esitetyt diagonaalien kestävydet antoivat lähtökohdan arvioida diagonaalien liitosten kestävyksiä. Rautaruukin putkipalkkikäsikirjan mukaan lasketut liitosten kestävydet on esitetty taulukossa 2. Laskelmat ovat verkkoliitteessä 1.

*Taulukko 2. Putkiliitosten kestävydet, kun paarteeseen liittyy diagonaalit 50x50x3 ja 60x60x3. Paarteen ainepaksuus on 3 mm.*

Murtotapa	Kestävyys [kN]
Paarteen pinnan myötö	64,9
Paarteen leikkauslävistyminen	135,6

Taulukon 2 kestävyysarvoista nähdään, että ohuiden diagonaalisauvojen liitokset oli tehty tavalla, jossa liitoksen kestävyys oli selvästi pienempi kuin itse diagonaalisauvan nurjahduskestävyys.

Diagonaalien ja paarteiden välisissä liitoksissa diagonaalien vapaaväli (kuva 12) oli noin 15 mm, mikä on pienempi kuin Rautaruukin putkipalkkikäsikirjan mukaan tulisi olla. Pieni vapaaväli korostaa liitoksen herkkyyttä paarteen pinnan leikkautumiselle, jolloin liitoksen kestävyys voi olla paljon laskettua huonompi. Kuvassa 12 näkyy paarteen pinnan myötökuviota niissä tapauksissa, missä paarteen pinnan myötö ei ole johtanut irtileikkautumiseen.

Niissä kohdissa, joissa diagonaali kiinnittyi alapaarteen jatkoksen viereen, paarteen pintaan ei ollut mahdollista syntyä tyypillistä myötökuviota eikä myötökestävyyden laskentakaava ole voimassa. Alin muu mahdollinen kestävyysarvo koskee paarteen pinnan leikkauslävistymisen kestävyttä, joka on taulukon 2 mukaisesti 135,6 kN.

### 1.6.5 Näytteiden tutkinta

Tutkintalautakunta otti haltuunsa purkutyön yhteydessä teräsrakenteista kolme alapaarteen liitosta, kolme hitsattua jatkoskohtaa harjalta, yhden irronneen diagonaalien pään, yhden alapaarteen jatkoskohdan, yhden hattuorren kappaleen ja kolme yläpaarteen sormiliitosta. Näytteet toimitettiin VTT:lle, jonka hitsausliitoksia koskeva tutkimusselostus on verkkoliitteenä 3. Tutkimuksen mukaan hitsausliitoksissa oli vakavia hitsausvirheitä eikä hitsien voida sanoa edustaneen hyvää konepajakäytäntöä. Näytteiden tutkinnassa havaittiin muun muassa seuraavia seikkoja:

- vaurioituneita päittäishitsattuja putkipalkkien jatkohitsausliitoksia, joiden havaittiin murtuneen hitsausliitoksen kohdalta täysin tai lähes täysin auki
- vaurioituneita pienahitsattuja sormi/nivelliitoksia ja diagonaaliliitoksia, joissa hitsausliitosten havaittiin murtuneen täysin
- lievästi vaurioituneita pienahitsattuja diagonaaliliitoksia, joissa havaittiin putkipalkin hitsin läheisyydessä deformatuneen plastisesti ja hitsin säröilleen, ilman että hitsi oli murtunut irti
- vaurioituneita pienahitsattuja sormi/nivelliitoksia, joista putkipalkki oli repeytynyt irti, mutta itse hitsausliitos ei ollut murtunut.

Hitsausvirheet eivät selitä sortumaa tai ole olleet suoranaisesti syynä tapahtuman alkamiseen, koska murtumat hitsausliitoksissa on voitu paikkatutkinnassa päätellä syntyneen sortuman seurauksena.

### 1.6.6 Romahdusta edeltäneet havainnot

Rakennuksessa oli havaittu aikaisempina vuosina teräsrakenteiden maalin irtoamista, seinäelementtien pullistumista, runsasta veden kondensoitumista yläpohjaan ja yhden pilarin pullistumista ilmeisesti sisään joutuneen veden jääytymisen vuoksi. Näillä ongelmilla ei ollut vaikutusta sortumaan. Varoittavia ääniä tai sortumaa ennakoivia teräsrakenteiden myötäämisiä tai repeämiä ei ollut havaittu.

## 1.7 Analyysi

Rakenteen omana painona suunnittelussa käytetty arvo  $0,3 \text{ kN/m}^2$  ei vastannut todellista tilannetta. Se vastasi suuruusluokaltaan kattopinnan, orsien ja muiden rakenteiden massaa, mutta siinä tapauksessa teräskehien ja päädyissä alakaton tasossa olevien jäykistysristikoiden paino jäi suunnitelmissa ottamatta huomioon. Lisäksi alakaton kuormitus oli kohdistettu väärin. Katon orsien mitoituksessa ei ollut otettu huomioon kaikkia rasituksia, ja tuulikuormien käsittely oli ollut puutteellista.

Rakenteen kestävyksiä puolestaan oli yliarvioitu siten, että lähes kaikkien sauvojen suunnitelmissa esitetyt nurjahduspituudet olivat todellisia lyhyemmät. Pääkannattajien mitoituksessa ei ollut otettu huomioon alapaarteiden nurjahtamista sivulle, minkä voi päätellä orsien pitkistä väleistä (2,4 metriä). Kestävyksiä oli lisäksi yliarvioitu 10–15 prosentin verran, koska suunnittelussa on käytetty kylmämuovatuille teräsprofiileille soveltumattoman nurjahdusluokan taulukkoarvoja.

Suunnittelussa käytetty ristikkoanalogia johti siihen, että kehien rakenneanalyyseissä ei ollut otettu huomioon ylä- ja alapaarteina toimivien putkipalkkien jatkuvuutta ja siten taivutusmomentteja. Niveliksi suunnitelmissa kuvattujen liitosten ongelmana oli se, että niiden toimimista nivelellisesti ei ollut varmistettu.

Yksittäinen merkittävä ongelma oli se, että pilarin ja kattokannattaja välinen liitos oli jäänyt mitoittamatta (kuvat 10 ja 15). Liitoksen kestävyys oli merkittävästi siihen kohdistuvia voimia pienempi, joten liitos myöti.

Diagonaalisauvojen liitosten kestävyudet olivat pienempiä kuin diagonaalisauvan nurjahduskestävyudet, joten rakenteen ensimmäinen vaurio tapahtui todennäköisesti liitoksessa. Rakenteessa ei ollut sen jälkeen riittävää tukea eikä kuormilla ollut mahdollisuutta uudelleenjakautumiseen.

Liitoksia oli vaurioitunut siten, että osa paarteiden pinnasta oli leikkautunut irti. Sen aiheuttanut diagonaalissa vaikuttanut suuri aksiaalivoima (vetovoima) ja vähäinen taivutusmomentti. Todennäköisimmin irtileikkautumiseen vaikutti liitoksen suuri jäykkyys siellä, missä diagonaalien etäisyys toisistaan oli pieni sekä siellä, missä olivat paarteiden pulttiliitoksilla toteutetut jatkoskohdat. Näissä kohdissa paarteiden yläpinta ei päässyt taipumaan ja joustamaan. Erityisesti paarteiden jatkoskohdissa liitos oli erittäin jäykkä, jolloin diagonaalissa vaikuttava vähäinenkin todellinen taivutusmomentti saattoi johtaa leikkausmurron alkamiseen. Diagonaalien ja paarteiden pinnan irtileikkautuminen vastaa havaintoja äkillisestä vauriosta ja siitä aiheutuneesta äänestä.

Edellä esitetty diagonaaliliitoksen leikkautumiseen liittyvän kestävyuden arvo  $135,6 \text{ kN}$  vastaa diagonaalissa vaikuttavaa rasitusta, jos katolla olisi täysi lumikuorma. Sortumatilanteessa lumikuorma oli pienempi. Todellinen kestävyysarvo on ilmeisesti ollut olennaisesti pienempi, koska laskentakaavassa oletetaan paarteiden jatkuvan samalla tavoin molempiin suuntiin. Silloin diagonaalissa mahdollisesti vaikuttavaa taivutusmomenttia ei tarvitse ottaa huomioon. Leikkausläviväistykestävyys oli joka tapauksessa liian pieni kestämään todellisia rakennuksen katolla vaikuttaneita kuormituksia.

Tutkinnan aikana nousi esiin pohdintaa lämpötilaerojen vaikutuksista rakenteisiin. Sortuma tapahtui talvella, jolloin kantavat rakenteet olivat osin kylmässä ullakkotilassa ja osin lämpöeristeessä. Lämpötilaero rakenteen eri osissa oli kuitenkin selvästi pienempi kuin sisä- ja ulkolämpötilojen erotus, ja kaikki rakenteen osat lyhenevät kylmän sään vaikutuksesta. Muista kuormituksista aiheutui selvästi isompia jännityksiä ja muodonmuutoksia kuin lämpötilaeroista. Talviaikainen kylmyys ei lisännyt alapaarteen vaurioherkkyyttä, koska se aiheutti alapaarteeseen vetoa siellä, missä lumikuormasta aiheutui puristusta. On epätodennäköistä, että lämpötilaeroilla olisi ollut oleellista vaikutusta tapahtumaan, koska lämpötilaeroista aiheutuvat lisäjännitykset ovat olleet vähäisiä. Tätä tukee se, että paikatutkinnassa todetut vauriot olivat niissä kohdissa, joissa rakenne ei täyttänyt ohjeissa esitettyjä vaatimuksia.

### 1.8 Vaurion syyt

Rakennesuunnittelussa oli tehty virheitä aliarvioimalla kuormia, yliarvioimalla kestävyyskykyä ja käyttämällä matalalle ristikolle huonosti soveltuvaa ristikkoanalogiaa. Suunnittelussa oli jäänyt mitoittamatta pilarin ja kattokannattajan välinen liitos. Myös kattokannattajan diagonaalien ja paarteiden välisten hitsausliitosten ja putkipalkin ainesvahvuuden mitoittaminen oli puutteellista.

Sortumaan johtanut vaurioituminen alkoi muodonmuutoksina pääkannattajakehän eri osissa, ja jatkui siten, että pääkannattajan diagonaaleja leikkautui irti alapaarteen pinnasta. Rakennuksen sortuminen johtui todennäköisesti diagonaalien liian suurista rasituksista, joita lisäsi putkipilarien sisäpaarteiden kokoon painuminen. Liitosten liian pieni kestävyys ja rasitukset pääkannattajan diagonaalisauvoissa aiheuttivat ohutseinäisen alapaarreputken pinnan irtileikkautumisen niissä kohdissa, joissa diagonaali liittyi alapaarteen jatkoksen viereen eikä paarteen pinta joustanut ja toiminut sitkeästi. Sitkeästi toimiva rakenne ei välttämättä sorru, mutta näin suunnitellussa rakenteessa yhdenkin liitoksen vaurioituminen ja irtoaminen laajenee laajamittaiseksi sortumaksi.

Rakennusvalvontaviranomainen tunnisti rakennuslupamenettelyn yhteydessä, että tämän suurehkon teräsrakenteisen hallin toteuttajien kelpoisuudesta tulisi varmistua tavallista tarkemmin. Suunnittelijan pätevyystodistuksen ja teräsrakennetoimittajan laatutodistuksen vaatiminen ei kuitenkaan riittänyt varmistamaan turvallista lopputulosta. Ulkopuolista tarkastusta ei vaadittu eikä sitä todettu, että yhden henkilön tuottamille suunnitelmille ei ollut ollut minkäänlaista tarkastusmenettelyä. Hallitoimittajan toimintamallina oli toistaa samoja rakenneratkaisuja kaikissa kohteissa, ja vastaavankaltaisia puutteita on todettu myös muissa halleissa.

Hitsausliitoksissa havaittiin puutteita, mutta niillä ei ollut suoranaista vaikutusta tapahtumaan.

## 1.9 Vastaavien onnettomuuksien estäminen

Suunnittelussa tapahtuvia virheitä voidaan pyrkiä havaitsemaan ja korjaamaan suunnittelun aikana erilaisilla tarkastusmenettelyillä. Sellaisia ovat esimerkiksi suunnittelevan yrityksen sisäiset menettelyt kuten valvotun laatujärjestelmän käyttö tai maankäyttö- ja rakennuslaissa (132/1999) mainittu ulkopuolinen tarkastus. Lisää riskiä puutteellisista rakenteista syntyy silloin, kun samat rakenteet toistuvat useissa rakennuksissa.

Uudistuotannon turvallisuuden varmistamisen lisäksi on kiinnitettävä huomiota olemassa olevaan rakennuskantaan, johon sisältyy onnettomuusriskejä. Näiden tunnistamiseen ja korjaamiseen ei ole muita vaihtoehtoja kuin rakennusten tarkastaminen. Siihen tulisi kuulua myös suunnitelmien tarkastus.

Rakennusvalvonta voidaan ymmärtää opastavaksi toiminnaksi, mutta myös mahdollisuudeksi tunnistaa erityisiä riskejä. Rakennusvalvontaviranomaisella ei yleisesti ole mahdollisuuksia perehtyä suunnitelmiin, joten valvonta on keskittynyt eri osapuolten pätevyiden selvittämiseen. Pätevyyksien selvittämisen lisäksi valvonnassa tulisi kiinnittää huomiota siihen, että suunnitelmien tarkastamiseksi on olemassa toimiva ja uskottava menettely. Erityisesti silloin, kun rakennushankkeeseen ryhtyvä ei ole ammattimainen rakennuttaja, sille pitäisi antaa selkeä viesti, että viranomaisvalvonta ei ole tae turvallisuudesta lopputuloksesta.



## 2 MUITA KATTOVAURIOITA

### 2.1 Keilahallin katon romahtaminen Kuopiossa 29.3.2010

#### 2.1.1 Tapahtumat ja pelastustoiminta

Maanantaina 29.3.2010 kello 15.49 Kuopion keilahallin kattoa romahti alas muutamassa sekunnissa 270 m<sup>2</sup>. Romahtanut osa oli keilaratojen päällä lähellä keilaratojen koneistoa. Hallissa oli sisällä kaksi henkilökuntaan kuuluvaa ja 11 asiakasta, jotka kaikki pystyivät poistumaan hallista nopeasti ja turvallisesti, eikä kukaan heistä loukkaantunut.

Pohjois-Savon hätäkeskus sai ilmoituksen tapahtuneesta kello 15.50.22. Ilmoittaja ei ollut varma siitä, oliko rakennuksen sisään jäänyt henkilöitä. Hätäkeskus hälytti kohteeseen Pohjois-Savon pelastuslaitoksen Kuopion paloaseman työvuoron ja hieman myöhemmin myös yhden sopimuspalokunnan.

Pelastuslaitoksen yksiköiden tultua paikalle selvisi varsin nopeasti, ettei kukaan ole jäänyt romahtaneet katon alle, eikä kiireellisiä pelastustoimenpiteitä tarvittu.

Onnettomuudesta ei aiheutunut henkilövahinkoja. Hallin korjaaminen maksoi noin 375 000 euroa (alv 0 %).



*Kuva 17. Kuopion heilahalli ylhäältä päin kuvattuna. Keilakoneistot ovat kuvassa oikealla olevassa itäpäädyssä. (Kuva: poliisi.)*

*Bild 17. Bowlinghallen i Kuopio fotograferad ovanifrån. Bowlingmaskineriet finns vid östra gaveln till höger på bilden.*

*Picture 17. The bowling hall in Kuopio photographed from above. The bowling equipment is situated at the eastern end, on the right-hand side of the photograph.*

## 2.1.2 Rakennus ja rakenteen kuvaus

Kuopion keilahalli on rakennettu vuonna 1973. Halli koostuu noin 30 m leveästä ja noin 44 m pitkästä halliosasta ja siihen liittyvistä sivutiloista, joissa on muun muassa puku-huoneet ja kahvio.

Keilahallin katon pääkannattajina oli kahdeksan 29,9 m pitkää liimapuista harjapalkkia, joiden välit keskeltä keskelle olivat 4,85 m. Liimapuupalkkien korkeus päissä oli 1 100 mm ja harjan kohdalla 1 860 mm. Harjan kaltevuus oli 1:20. Palkkien leveys oli 210 mm.

Pääkannattajien päällä olivat yksiaukkoiset vaneriumapalkit 600 mm välein. Rakennesuunnitelmien mukaan vaneriumapalkit oli kiinnitetty pääkannattajiin ja toisiinsa päitäisjatkoksissa kulmaraudoilla L 40x80x4 mm. Kiinnikkeinä olivat kansiruuvit 10x50 mm. Toteutetussa rakenteessa kiinnitys oli tehty suunnitelmasta poiketen nauloilla.

Katosta sortui toinen pääkannattaja keilakoneiston puoleisesta päästä lukien. Pääpalkin lisäksi katosta putosi alas lähes kokonaan sortuneen palkin kummallakin puolella oleva katto. Kattoa sortui yhteensä noin 270 m<sup>2</sup>.

Paikkatutkinnassa havaittiin, että rikkoutuneen palkin alimmaisen lamellin sormijatkos oli murtunut suunnilleen jännevälin puolivälistä sormijatkoksen liimauksen pettäessä. Tästä vaurio oli edennyt seuraavaan alalamellin ja sen yläpuolella olevan lamellin sormijatkokseen.

Koska liitoksen sormet eivät olleet katkenneet, niin liitos on ollut ainakin sormien pituuden verran auki, kun palkin alareuna on osunut lattiaan. Palkin toinen pää jäi sitä kannattaneen pilarin varaan. Toinen pää putosi pilarin päältä, halkesi noin korkeuden puolivälistä murtuneeseen sormijatkokseen saakka, taittui pituusakselin ympäri ja oli lappeellaan siten, että sekä palkin ylä- että alareuna olivat hallin lähintä päätyä kohti. Mitään palkin kiepahtamiseen viittaavaa paikkatutkinnassa ei havaittu.



*Kuva 18. Murtokohta palkin alimmassa lamellissa. Sormet eivät olleet katkenneet ja palkin alareuna oli kääntynyt sivulle. Kuvassa näkyvät sormet ovat lamellin sivussa. (Kuva: poliisi.)*

*Bild 18. Brottstället i balkens understa lamell. Fingrarna hade inte brutits av och balkens underkant hade vridits åt sidan. Bilden visar fingrarna på lamellens sida.*

*Picture 18. The fracture point in the bottom layer of the beam. The fingers were not broken and the base of the beam was bent to one side. The fingers depicted in the photograph are situated on the vertical side of the layer.*



*Kuva 19. Palkin pohjoispää jäi tuelle. (Kuva: poliisi.)*

*Bild 19. Balkens norra ände blev kvar på stödet.*

*Picture 19. The beam's northern end remained resting on the support pillar.*



*Kuva 20. Tuelta pudonnut palkin eteläpää taittui palkin pituussuunnassa. (Kuva: poliisi.)  
Bild 20. Balkens södra ände som hade fallit av stödet bröts i balkens längdriktning.  
Picture 20. The southern end of the beam dislodged from the support and was folded lengthwise.*



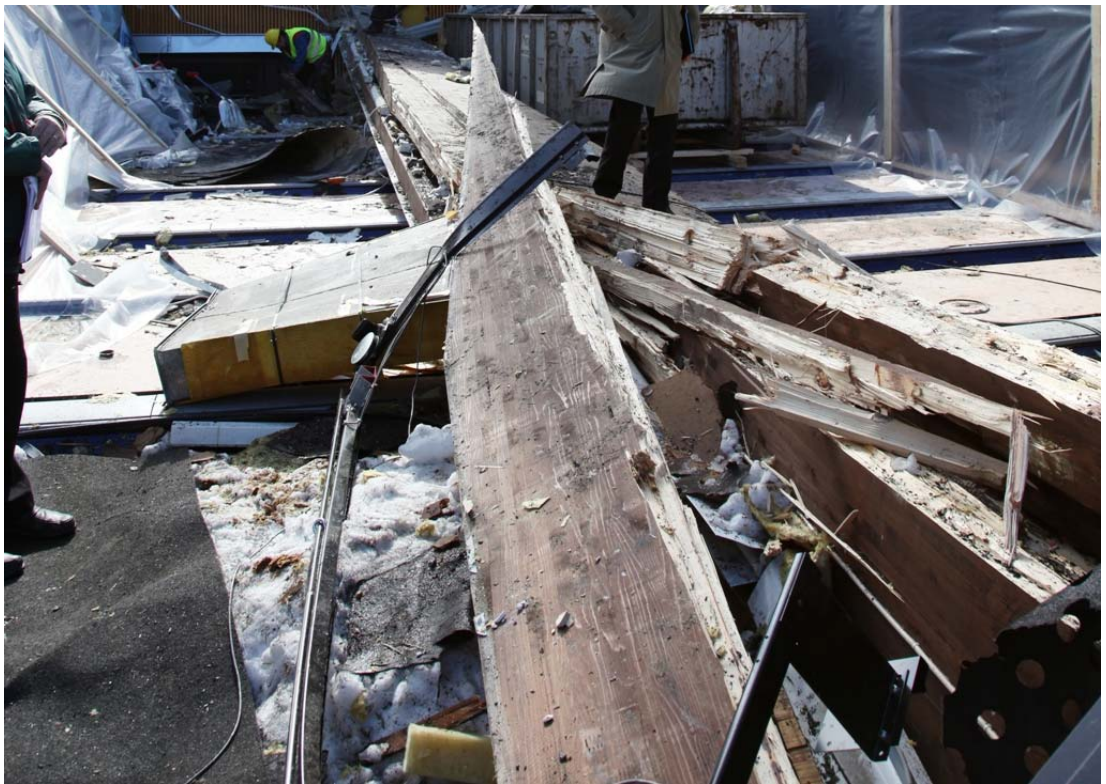
*Kuva 21. Pudonnut palkki oli tuettu kuvassa näkyvän puupilarin päälle. (Kuva: poliisi.)  
Bild 21. Den balk som hade fallit bars upp av den träpelare som bilden visar.  
Picture 21. The dislodged beam was supported by the wooden pillar shown in the photograph.*



*Kuva 22. Puun murtuminen palkin alareunan rengasvaarnakiinnityksen alueelta. (Kuva: poliisi.)*

*Bild 22. Sönderbrutet virke i undre kanten av balken vid förbandet med slitsad ringbricka.*

*Picture 22. Wood fracture at the ring dowel mounting on the beam's underside.*



*Kuva 23. Irronnut harjaosa, jonka yläreuna on käänntynyt itäpäättyyn päin. (Kuva: poliisi.)*

*Bild 23. Den del av takåsen som hade lossat och vars överkant hade vridits mot östra gaveln.*

*Picture 23. The dislodged ridge section, with the upper side folded towards the eastern gable.*

Pudonnut palkki oli ruuvattu päästään kiinni seinään ja kiinnitetty alareunastaan rengasvaarnalla. Tästä kiinnityksestä johtuen palkin alareunaan syntyi repeämiä sen kiertyessä ja pudotessa. Pään ruuvit olivat taipuneet alaspäin, mikä osoittaa, että palkki oli pudonnut alaspäin eikä se ollut taipunut sivulle.

Palkin harjaosa oli repeytynyt irti 14 metrin pituudelta. Harjan kohdalla repeytyneen osan korkeus oli noin 400 mm.

Tutkinnassa havaittiin kahden ehjäksi jääneessä palkin alimmissa lamelleissa suunnilleen jännevälillä keskellä murtuman alkuja. Toinen oli aivan sormijatkoksen vieressä (sormijatkoksen liimaus näytti olevan kunnossa) ja toinen poikkeuksellisen oksaisessa kohdassa.



*Kuva 24. Paikalleen jääneen palkin alimmissa lamelleissa sormijatkoksen vieressä havaittu halkeama. (Kuva: poliisi.)*

*Bild 24. Spricka som observerades i fingerskarven i den understa lamellen i den balk som var kvar på plats.*

*Picture 24. A crack detected next to the finger joint in the bottom layer of the beam, which was not dislodged.*

### **Pääkannattajan laskennallinen tarkastelu**

Pääkannattajat on mitoitettu todennäköisesti rakentamisajankohtana voimassa olleiden ohjeen puurakenteiden ohjeen RIL 63 mukaan. Rakennepiirustuksissa liimapuiden lujuusluokaksi on annettu liimapuu, jonka uloimmat lamellit ovat lujuusluokkaa LT400 ja



sisälamellit lujuusluokkaa LT300. Näin tehtiin valtaosa liimapuupalkeista hallin rakentamisaikana. Mitoituslaskelmia ei ole käytettävissä.

Mitoituksen tarkistus tehtiin käyttäen rakentamisaikana voimassa olleita kuormitusnormeja RIL 59 ja puurakenteiden normeja RIL 63.

Kattorakenteen omapainoksi arvioitiin  $0,9 \text{ kN/m}^2$ . Lumikuormana käytettiin arvoa  $1,8 \text{ kN/m}^2$  ( $=180 \text{ kg/m}^2$ ) ja tuulikuormana arvoa  $0,18 \text{ kN/m}^2$ . Näistä laskettuna palkille tuleva kuorma on  $14 \text{ kN/m}$ .

Normien mukaisesta määräävästä kuormituksesta aiheutuu palkkiin  $15,1 \text{ MPa}$  taivutusjännitys,  $1,33 \text{ MPa}$  leikkausjännitys ja  $149 \text{ mm}$  taipuma. Vastaavat suurimmat sallitut arvot ovat: taivutusjännitys  $17,3 \text{ MPa}$ , leikkausjännitys  $1,34 \text{ MPa}$  ja taipuma  $148 \text{ mm}$ . Taipuma on laskettu rakentamisajan kimmokertoimella, joka on suurempi kuin nykyään käytettävä. Tästä syystä taipuma on voinut olla todellisuudessa laskettua suurempi, sillä ei kuitenkaan ole vaikutusta liimasaumojen kestävyYTEEN.

Toisin sanoen palkki on alkujaan mitoitettu siten, että leikkausjännitys ja taipuma ovat suurimman sallitun luokkaa. Sen sijaan suurin taivutusjännitys on pienempi kuin suurin sallittu ilmeisesti kattokaltevuuden vuoksi.

Sortumahetkellä lumikuormaksi mitattiin tapahtumapaikalla  $1,4 \text{ kN/m}^2$ . Kun käytetään tätä lumikuormaa ja jätetään tuulikuorma ottamatta huomioon, saadaan yhdelle palkille tulevaksi kuormaksi  $11,2 \text{ kN/m}$ . Tällöin taivutusjännitys on  $12 \text{ MPa}$  ja leikkausjännitys  $1,06 \text{ MPa}$  eli selvästi suurimpia sallittuja jännityksiä pienempiä.

Harjan kohdalla vaikuttaa tapahtumahetken kuormilla  $10,1 \text{ MPa}$  taivutusjännitys, josta palkkiin syntyy syitä vastaan kohtisuora vetojännitys. Tämä vetojännitys voisi aiheuttaa harjaosan irtoamisen. Ainoa käytettävissä oleva vetojännityksen kaava on Eurokoodi 5:ssä. Sen mukaan taivutusjännitystä  $10,1 \text{ MPa}$  vastaavaksi vetojännitykseksi syitä vastaan kohtisuorassa suunnassa saadaan  $0,101 \text{ MPa}$ , joka on kuitenkin vain noin puolet rakentamisajankohdan sallitusta jännityksestä.

### 2.1.3 Tapahtuman syyt

Havaitut murtumat tai murtuman alut Kuopion keilahallissa tapahtuivat pienillä kuormilla, jotka olivat vain noin puolet normien mukaisesta ominaismurtokuormasta.

Poliisin onnettomuuspäivänä suorittaman mittauksen mukaan katon lumikuorma oli noin  $1,4 \text{ kN/m}^2$ . Katolta oli talven aikana saatujen tietojen mukaan luotu lunta. Tähän viittaa myös onnettomuuden jälkeen rakennuksen vieressä olleet lumikinokset. Suomen ympäristökeskuksen lausunnon mukaan rakennuksen olemassaolon aikana vuosina 1974–2009 on ollut 13 talvea, jolloin lunta on Kallaveden alueella ollut enemmän kuin onnettomuustalvena.

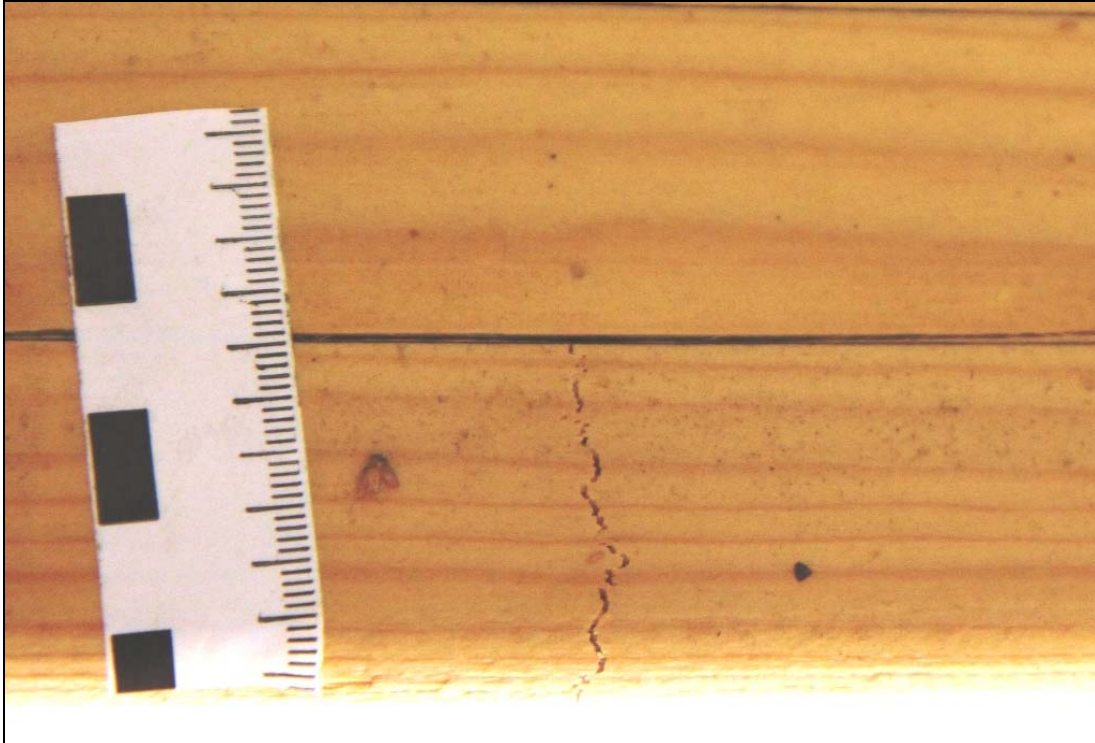
Välitön sortuman syy oli sortuneen liimapuupalkin alimman lamellin sormijatkoksen epäonnistuneen liimauksen pettäminen suunnilleen jännevälän keskialueella.

Palkit ovat käytön aikana olleet kelvollisissa olosuhteissa, mihin viittaa se, että niissä on vain vähän halkeamia. Tämä puolestaan viittaa siihen, etteivät palkit ole joutuneet käytön aikana suurien kosteusvaihtelujen alaiseksi. Palkeille on tehty kuntotarkastus (halkeamatarkastus) 29.8.2006. Pöytäkirjan mukaan silloin havaitut halkeamat eivät näyttäneet vaarallisilta.

#### 2.1.4 Porin keilahalli

Porin keilahalli on rakennettu vastaavilla piirustuksilla samana vuonna kuin Kuopion halli. Tutkintalautakunnan kehotuksesta Porin hallin omistaja teki yhdessä viranomaisen kanssa rakenteiden tarkistuksen, ja tarkastuksessa löytyi vaurio yhden palkin alimmista lamelleista. Palkin alin lamelli oli katkennut likimain jännevälän puolivälistä (kuva 25). Vaurio ei ollut edennyt seuraavaan lamelliin.

Vuonna 2000 rakennuksen katolle oli asennettu ilmastointikonehuone tukirakenteineen. Rakenne tukeutui kolmeen palkkiin, joista yksi oli nyt vaurioituneeksi havaittu palkki. Muutostyön yhteydessä ilmastointikonehuoneen vaikutukseksi palkkien taipumiin oli mitattu noin 60 mm. Tästä arvosta voidaan laskea, että konehuoneen aiheuttama lisäkuorma kasvatti palkin taiputusjännityksiä noin 50 % alkuperäisistä. Alkuperäiset jännitykset on laskettu rakenteiden omalla painolla ja todennäköisesti lumikuormalla 1,4 kN/m<sup>2</sup>.



Kuva 25. Porin keilahallin yhden palkin alin lamelli oli katkennut. (Kuva: poliisi.)

Bild 25. Den understa lamellen i bowlinghallen i Björneborg hade brustit.

Picture 25. The bottom layer of a single beam was broken in the Pori bowling hall.



Ilmastointikonehuoneen paino selittää osaksi alimman lamellin katkeamisen. Alin lamelli on ollut kuitenkin heikompi kuin sen yläpuolella ollut lamelli, koska vaurioituminen ei ole jatkunut.

## 2.1.5 Vastaavien onnettomuuksien estäminen

Sortumattomissa palkeissa havaitut vauriot voidaan havaita tarkastamalla palkkien alapintoja. Alapintojen tarkastuksesta pitää saada ohjeet liimapuurakenteiden tarkastusohjeisiin.

## 2.2 Ratsastusmaneesin sortuminen Liedossa 6.3.2010

### 2.2.1 Tapahtumat ja pelastustoiminta

Liedossa sijainnut ratsastusmaneesi sortui 5.–6.3.2010 välisenä yönä. Maneesi oli rakennettu kahdessa vaiheessa siten, että vanhempi osa oli teräsrunkoinen ja uudempi puurunkoinen. Teräsrunkoisen osan pääkannattajat pettivät siten, että maneesin katto putosi lähes kokonaan maahan saakka. Puurakenteisen osan kantavat seinät kaatuivat maahan saakka ja niiden varassa ollut naulalevyristikkorakenteinen katto tuli seinien mukana lattialle saakka säilyen lähes ehjänä.



*Kuva 26. Liedossa sortunut ratsastusmaneesi.*

*Bild 26. Ridhus i Lundo som kollapsade.*

*Picture 26. The riding manege which collapsed in Lieto.*

Osa sortunutta teräsrunkoista maneesia näkyy kuvassa 26 vasemmalla ja alas pudonnutta uudempaa naulalevyristikkoraketta oikealla.

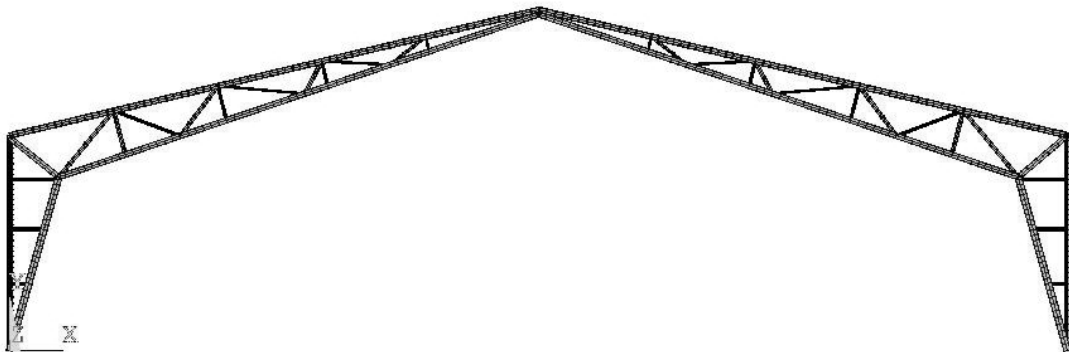
Rakennuksessa ei ollut ihmisiä eikä eläimiä. Tapahtumalla ei ollut silminnäkijöitä eikä onnettomuudesta tehty ilmoitusta hätäkeskukseen.

Maneesin molemmat osat sortuivat käyttökelvottomaksi. Vahingot olivat satoja tuhansia euroja.

### 2.2.2 Rakennus ja rakenteen kuvaus

Maneesin noin 20 vuotta sitten rakennettu osa oli teräsrunkoinen ja äskettäin valmistunut laajennusosa puurunkoinen. Teräsrunkoisen osan pituus oli noin 50 m. Sen pääkannattajina toimivat 9 m välein olevat teräsristikoista muodostuvat kolminivelkehät, joiden jännemitta oli noin 24 m. Pääkannattajan rakenneperiaate selviää kuvasta 27, joka on tuotettu tehdyn tarkistuslaskennan yhteydessä.

Tutinnan aikana tutustuttiin maneesin toimittajan samaan aikaan rakentamaan kahteen lähes vastaavaan rakennukseen, joista selvisi muun muassa katon jäykistävien vaijerirakenteiden periaate (kuva 28).



*Kuva 27. Maneesin pääkannattajana toimineen kolminivelkehän rakenneperiaate.*

*Bild 27. Konstruktionsprincipen för den treledsram som utgjorde takstol i ridhuset.*

*Picture 27. Structural layout of the space frame with three nodes, which constituted the manege's main support frame.*

Pääkannattajien varassa olivat Z-orret ja niiden päällä profiilipelti. Kattotasoa rakennuksen pituussuunnassa jäykistävänä rakenteena olivat rakennuksen ulkonurkista ensimmäisten ristikoiden yläpaartein likimäärin puoleen väliin kulkevat vaijerit. Osa yhden nurkan vaijeria näkyy kuvassa 28. Samassa kuvassa on havaittavissa myös, että ristikon katto-osan puristetut alapaarre ja seinäosan sisäpaarre ovat ilman vaakatukeyta sivulle taipumisen estämiseksi. Ulkoseinänä oli teräksisten W-orsien varaan tehty lauta-  
vuoraus.



*Kuva 28. Lähinnä ulkoseinää oleva pääkannattaja ja siihen kiinnittyvä katon jäykistysvaijeri.*

*Bild 28. Takstolen närmast ytterväggen och den förstärkningsvajer för taket som var fäst i denna.*

*Picture 28. The main support frame closest to the exterior wall, with the related roof stiffening cable.*

Puurakenteinen laajennus oli tehty vanhan osan toiselle pitkälle sivulle siten, että kokonaisuus oli L-kirjaimen muotoinen. Sen katon kannattajina toimivat noin 17 m pitkät nauhallevyristikot, jotka olivat vanhan osan pitkän sivun suuntaisia. Laajennusosa oli pituudeltaan 25 metriä. Vanhan osan seinä oli avattu uuden osan liittymiskohdasta, ja ristikon seinäosa oli jäänyt ilman sivuttaistukea.

### 2.2.3 Tapahtuman syyt

Tehdyissä tarkasteluissa todettiin teräsrakenteisen osan suunnitelmissa muun muassa seuraavia puutteita:

- kattotason jäykistys rakennuksen pituussuuntaisista tuulikuormista, pystyrakenteiden vinoudesta ja ristikon kiepahdustuennasta syntyville rasituksille ei ollut riittävä
- rakennuksen ulkoseinissä ei ollut jäykisteitä vaakakuormien perustuksille siirtämistä varten
- ristikoiden puristetut katto-osan alapäärre ja seinäosan sisäpäärre olivat tukematta paarteiden sivusiirtymisen eli ristikoiden kiepahtamisen estämiseksi.

Sortuneita teräsrakenteita tarkastettaessa todettiin, että ristikon katto-osan yläpäärre oli kiinnitetty ristikon seinäosaan leikkausliitoksena käyttäen neljää Ø 16 mm pulttia. Näiden leikkauskapasiteetti oli käyttötilan rasitusten tasolla eli vain vähän yli puolet vaadittavas-

ta. Liitoksen periaate näkyy kuvassa 29. Kuvan keskellä on pääkannattaja, jonka toisen puoliskon vastaava liitos on pettänyt. Tällöin sen harjakohta on painunut alas lattialle vetäen mukanaan myös kuvassa näkyvän ristikon toisen puoliskon harjakohdan.



*Kuva 29. Ehjänä säilynyt ristikon katto-osan ja seinäosan liitos.*

*Bild 29. Oskadat förband mellan fackverkets takparti och väggpartiet.*

*Picture 29. Undamaged joint between the frame's wall and roof sections.*

Sortuneen ratsastusmaneesin ja myös muiden tarkastettujen samaan aikaan rakennettujen kohteiden rakenteissa oli havaittavissa ruostumista, joka osaltaan myös alensi rakenteiden kantokykyä. Tästä esimerkki on kuva 30, joka esittää ristikon kaatuneen seinäosan ja perustuksen liittymiskohtaa. Ruostetta oli sekä teräsristikossa että peruspulteissa.

Puurakenteisen laajennusosan suunnitelmien tarkastelussa todettiin seuraavia puutteita:

- rakennusvaiheiden liittymiskohdassa oli esitetty kiinnitettäväksi vanhan osan pituussuuntaiseen seinään puiset vinositeet, mutta vinositeiden kiinnitysnaulaus oli jäänyt määrittämättä
- purettuun seinän kohtaan jääneen ristikon seinäosan vaakatuentaa ei ollut esitetty suunnitelmissa
- laajennusosan aiheuttama lumen kinostuminen vanhalle katolle oli jäänyt huomioon ottamatta.

Ainakin osa tässä tapahtuman syyt -kohdassa mainituista tekijöistä on vaikuttanut kohteen sortumaan. Sortumistapa oli teräsrakenteisten pääkehien pettäminen ja katon puutoaminen lattialle. Kolminivelristikoissa oli havaittavissa katto-osan ja seinäosan välisen liitoksen pettäminen, mistä on esimerkkinä kuvassa 31 näkyvä ristikon seinäosa.



*Kuva 30. Ratsastusmaneesin rakenteissa oli runsaasti ruostetta.*

*Bild 30. I ridhusets konstruktioner förekom rost i riklig omfattning.*

*Picture 30. The structures of the riding manege displayed extensive corrosion.*



*Kuva 31. Lähes pystyyn jäänyt kolminivelristikon seinäosa, josta katto-osa on irronnut pulttiliitosten petettyä.*

*Bild 31. Treledsfackverkets väggparti som lämnat kvar nästan vertikalt där takpartiet har lossnat när bultarna gav efter.*

*Picture 31. The wall section of the three-node frame, which remained almost in position. The roof section was dislodged when the bolt connections failed.*

Teräshallin seinien suuntaiset siirtymät olivat varsin rajallisia, eikä teräsrakenteisen osan pituussuuntaisen stabiliteetin peittämisestä ollut havaittavissa merkkejä (kuvat 26 ja 31). Puurakenteisen osan seinät kaatuivat ilmeisesti teräshallin sortuman jälkeen.

Lumikuorma maassa Aurajoen vesistöalueella oli tapahtuman aikaan Suomen ympäristökeskuksen havaintojen mukaan noin 80 kg/m<sup>2</sup>.

#### **2.2.4 Vastaavien onnettomuuksien estäminen**

Vastaavien sortumien estämiseksi tulisi tarkastaa vastaavan tyyppiset hallit. Tarkastuksen käynnistämiseksi tutkintalautakunta toimitti ympäristöministeriölle kesällä 2010 kirjeen, jossa korostettiin sitä, että hallien omistajien tulisi saada tieto niiden mahdollisista turvallisuuspuutteista. Jatkossa tulisi varmistaa, että yllä mainitulla tavalla toteutettujen kohteiden turvallisuuden varmistamiseksi tarkastustoimenpiteet toteutetaan riittävän kattavasti.

Nykyään rakennettavien vastaavien rakennusten suunnitelmien ja rakentamisen toimivuuden vastuu on rakentamista koskevien määräysten mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvällä. Heillä on kuitenkin yleensä hyvin vähän kokemusta rakentamisesta eivätkä he pysty välttämättä arvioimaan, ketkä ovat päteviä suunnittelijoita ja rakenteiden toimittajia. Lisäksi näissä kohteissa on tyypillistä, että rakennuttaja tekee perustukset ja mahdollisesti myös muita rakenteita omatoimisesti ilman ammattimaista työnjohtoa. Näin ajaututaan tilanteeseen, että kohteesta puuttuu tämänhetkisten rakennusalan viranomaisohjeiston tuntema päätoteuttaja, jonka tehtävä on toimia rakentamiskokonaisuuden toteutuksen koordinoijana.

Uusien kohteiden osalla tulisi varmistaa, että paikalliset rakennusvalvontaviranomaiset huolehtivat rakentamismääräysten edellyttämällä tavalla siitä, että kohteita ovat suunnittelemassa ja rakentamassa pätevät osapuolet ja rakennushankkeeseen ryhtyvällä on käytössään myös pätevä rakennustyön valvoja.

### **2.3 Tuotantotilan katon sortuminen Teuvalla 11.3.2010**

#### **2.3.1 Tapahtumat ja pelastustoiminta**

Iltapäivällä 11.3.2010 sortui Teuvalla tuotantotilan kattoa noin 800 m<sup>2</sup> alueelta. Vielä iltapäivän alussa alueella työskenteli useita henkilöitä, mutta onnettomuuden tapahtuessa kaikki olivat poistuneet paikalta, viimeiset juuri ennen sortumaa. Sortuma-alueella olisi voinut olla enimmillään 30–40 henkilöä.

Paikalle hälytetty pelastuslaitos varmisti, ettei henkilövahinkoja ollut syntynyt. Sortuman kokonaisvahingot olivat yli 300 000 €.



### 2.3.2 Rakennus ja rakenteen kuvaus

Sortunut halli oli valmistunut noin 10 vuotta sitten. Rakennuksen kantavana pystyrakenteena toimivat teräsbetonipilarit, joiden varassa oli ulkoseinälinjoilla kantavat teräsbetonipalkit. Niiden varaan oli asennettu jännemitaltaan lähes 21 metriä pitkät naulalevyristikot. Kattoristikoiden päällä oli vesikatteen alustana harva laudoitus ja vesieristyksenä profiilipelti. Yläpohjan lämmöneristys oli kattoristikoiden alapaarretasossa olleessa alakatossa. Katon kokonaislaajuus oli noin 1 150 m<sup>2</sup>, ja siitä sortui noin kaksi kolmasosaa.

Onnettomuudessa pettivät pääkannattajina olleet naulalevyristikot. Ristikoita oli tyypillisesti rikkoutunut kahdesta eri kohdasta:

- suhteellisen lähellä ristikon tukea kohdasta, jossa oli puristettu diagonaali ilman nurjahdussiteitä
- ristikon alapaarteesta jänteen keskialueelta naulalevyjatkoksen kohdalta siten, että puu oli murtunut naulalevyn vierestä tai naulalevy oli katkennut paareppuiden liittymiskohdasta.

Rakennesuunnittelija oli esittänyt kattoristikoiden sijoittelun runkokaaviossa ja toimittanut ristikoiden mittatiedot ristikkosuunnittelijalle. Niissä ei ollut mainintaa katon kuormista, ja ristikkosuunnittelija oli mitoittanut kaikki ristikot paikkakunnan peruslumikuormalle 1,8 kN/m<sup>2</sup>. Kattoristikoiden yläpaarretason jäykistämisestä ei ollut esitetty rakennesuunnitelmaa, mutta ristikkopiirustuksessa oli rakentamisajankohdan mukainen tyypillinen maininta ”yläpaarteen maksimiruodeväli ...”, mikä käytännössä tarkoittaa yläpaarteen nurjahdustuentäväliä. Myös ristikoiden puristettujen diagonaalien nurjahdustuentatarve on esitetty ristikkopiirustuksessa.

Kattorakenteita tarkasteltaessa todettiin, että sieltä puuttui huomattava osa ristikoiden sauvojen suunnitelluista nurjahdussiteistä. Kuvasta 32 nähdään, että ristikon katkeamiskohdan oikealla puolella olevia oikealle laskevia eli puristettuja diagonaaleja ei ole tuettu riittävästi nurjahdustamisen estämiseksi. Tehdyssä tarkistuslaskennassa todettiin, että puristettujen diagonaalien nurjahdustukien puuttuminen pudotti ristikoiden kantavuuden pahimmillaan noin viidennekseen suunnitellusta kantavuudesta. Tämä tarkoittaa, että katon sortuminen voi alkaa kokonaiskuormalla, joka on alle 1,0 kN/m<sup>2</sup>.

Sortuman yhteydessä tuli lumi lähes kokonaan alas katolta, eikä katolla ollut lumimäärää voitu arvioida mittauksin. Yrityksen edustajan mukaan katolta oli poistettu lunta talven aikana. Yleinen havainto tuolla alueella oli, että lunta ei ollut maastossa erityisen paljon. Suomen ympäristökeskuksen mukaan Teuvanjoen vesistöalueella oli tuolloin maassa noin 100 kg/m<sup>2</sup> lumikuorma.

Sortuneen katon vieressä on korkeampia rakennuksen osia. Ne ovat muodostaneet katolle kinostumisalueita, jotka pitäisi ottaa huomioon suunnittelussa. Sortuma lähti ilmeisesti liikkeelle ristikkoalueen päädyistä, jossa lumen kinostuminen oli ilmeistä. Ristikoista tehdyn tarkistuslaskennan mukaan suunnitelmien mukaisesti tuetun ristikon kantavuus vastasi rakentamisajan määräyksiä ja ohjeita kinostumattoman lumen alueella.

Sortuman yhteydessä katkesi joistakin ristikoista alapaarre naulalevyjatkoksen kohdalta (kuva 32). Ehjänä säilyneistä jatkoksista otettiin koekappaleita, jotka testattiin Tampereen Teknillisellä Yliopistolla. Kokeiden mukaan jatkoksen lujuus oli suunnittelussa vaaditulla tasolla. Koetulokset ovat verkkoliitteessä 4.



*Kuva 32. Teuvalla sortuneen tuotantotilan ylös jääneitä kattoristikoita.*

*Bild 32. Kvarvarande takfackverk i den produktionslokal i Teuva som kollapsade.*

*Picture 32. Trusses remaining in place in the production facility which collapsed in Teuva.*

### 2.3.3 Tapahtuman syyt

Ristikoiden puristettujen sauvojen nurjhdussiteiden puuttumista voidaan pitää sortuman ensisijaisena syynä. Ristikoinen vaurioituminen alkoi ilmeisesti alueelta, jossa oli lumen kinostumaa. Kinostumista voidaan pitää osatekijänä sortumaan.

### 2.3.4 Vastaavien onnettomuuksien estäminen

Tutkinnan aikana on tullut esille, että tieto naulalevyristikoiden puristettujen sauvojen nurjhdustuennan tarpeesta ei aina mene työmaalle saakka tai työmaalla ei pystytä tulkitsemaan saatua tietoa oikein. Sama havainto on ollut aikaisemminkin esimerkiksi kevättalven 2006 rakennusonnettomuuksien tutkinnan yhteydessä. Vuoden 2006 tutkintalautakunnan suosituksissa esitettiin olemassa oleville kohteille katsastusmenettelyä rakenteiden turvallisuuden varmistamiseksi. Uusien kohteiden osalta suositettiin, että kohteet, joissa on jännemitaltaan yli 15 m:n naulalevyristikkoja, määritellään rakentamismääräyskokoelmassa vaativuusluokkaan AA. Tällöin hankeen toteuttajien pätevyys nousee. Tämä suositus on ilmeisesti toteutumassa vuonna 2011 Suomen rakentamismääräyskokoelman osan A2 uusimisen yhteydessä.



## 2.4 Jäähallin katon paikallinen vaurioituminen Espoossa 24.2.2010

### 2.4.1 Tapahtumat ja pelastustoiminta

Jäähallin katon niin sanotun Gerber-rakenteisen akustorei'itetyn profiilipeltikaton ulokeosia petti 24.2.2010 katon toisen lappeen keskiosalla. Katosta osittain irronneet profiilipellin osat jäivät roikkumaan kattorakenteiden varaan (kuva 33).



*Kuva 33. Katon vaurioituneita profiilipeltejä. (Kuva: Espoon kaupunki.)*

*Bild 33. Takets skadade profilplåtar.*

*Picture 33. Damaged profile metal-sheet roofing.*

Vauriohetkellä jäähalli ei ollut urheilukäytössä. Alueella työskenteli vielä iltapäivän alussa useita henkilöitä mutta kaikki olivat poistuneen paikalta – viimeiset juuri ennen vaurion havaitsemista. Paikalle ei hälytetty pelastuslaitosta, koska vaurion havaitsemishetkellä halli oli tyhjä. Halli asetettiin heti käyttökieltoon.

Onnettomuudesta ei aiheutunut henkilövahinkoja. Vaurion taloudelliset vahingot olivat noin 400 000 euroa, jotka muodostuivat katon korjaamisesta.

### 2.4.2 Rakennus ja rakenteen kuvaus

Jäähallissa juniorit harrastavat jääkiekkoa ja taitoluistelua sekä aikuiset kaukalopalloa harrastusmielessä. Sarjapelejä tai kilpailuja hallissa ei järjestetä. Hallin suurin henkilömäärä on 580, mutta käyttötarkoituksesta johtuen näin suuri paikalla olijoiden määrä on harvinaista.

Jäähalli on rakennettu 1996–97, jolloin olemassa ollut tekojäärata katettiin. Hallin kantavana päärunkona toimivat teräksiset mastopilarit ja niiden varaan tukeutuvat teräsristikot, joiden jännemitta on noin 39 m ja keskinäinen väli 6 m. Näiden varassa ovat yläpohjan profiilipellit siten, että joka toisen ristikkovälin pellit jatkuvat ristikon ohi ulokkeena noin 900 mm ja niiden päihin tukeutuvat joka toisen ristikkovälin lyhemmät profiilipellit. Profiilipellin päällä ovat höyrynsulku-, lämmöneristys- ja vesieristysrakenteet. Halli on harjakattoinen siten, että katon kaltevuus on  $11,3^\circ$ , eikä se edellytä nykyistenkään kuormitusohjeiden mukaan lumen kinostuksen huomioonottamista.

Halli sijaitsee mäenrinteen juurella ja metsän reunassa, jolloin katolle kinostuu tuulen mukanaan kuljettamaa pakkaslunta. Kuvasta 34 voi havaita, että ainakin osalla kattoa oli hyvin paljon lunta. Mittausten mukaan lunta oli jopa yli  $5 \text{ kN/m}^2$ , kun rakentamisaikaiset – ja myös nykyiset – rakentamismääräykset ja -ohjeet eivät yksiselitteisesti määrittele suunnittelussa käytettävää lumikuormaa suuremmaksi kuin  $1,8 \text{ kN/m}^2$ . Suomen ympäristökeskuksen mukaan lunta oli Espoonjoen vesistöalueella maassa tuolloin noin  $115 \text{ kg/m}^2$ .



*Kuva 34. Suurella osalla kattoa oli hyvin paksu lumikerros. (Kuva: Espoon kaupunki.)*

*Bild 34. En stor del av taket var täckt av ett mycket djupt snöskikt.*

*Picture 34. Most of the roof was covered by a very thick layer of snow.*

### 2.4.3 Tapahtuman syyt

Vaurion syy oli lumikuorma, joka oli enimmillään noin kolminkertainen suhteessa kantavien rakenteiden suunnitteluperusteisiin.

#### 2.4.4 Vastaavien onnettomuuksien estäminen

Sekä suomalaiset että myös Eurocodeihin perustuvat kuormitusmääräykset ja -ohjeet määrittelevät kaarikatoille muodostuvat lumen kinostumisen. Yhdestä harjasta muodostuvalla katolla riittää kuitenkin enimmilläänkin lumikuorman perusarvo. Harjakattojen kinostumismahdollisuus – esimerkiksi kattokaltevuuden mukaan – tulisi määrittellä kuormitusohjeisiin. Samoin maastonmuotojen vaikutus, eli rakennusta korkeamman mäen juurella tehtävän rakennuksen katolle syntyvä kinostuminen, tulisi ottaa mukaan kuormitusohjeisiin. Myös rakennuksen vierellä oleva sitä korkeampi puusto aiheuttaa kinostumista katolle. Erityisesti myöhemmin kasvavaan puustoon on vaikea varautua.

Kiinteistöjen omistajien tulisi tunnistaa kinostumisen riski ja olla tietoinen siitä, mille lumikuormalle katot on suunniteltu. Heidän tulisi myös tarkkailla kinostuneen lumen määrää ja poistaa lunta, mikäli sen määrä ylittää suunnittelussa käytetyn arvon.

#### 2.5 Salibandyhallin katon paikallinen vaurioituminen Helsingissä 6.3.2010

##### 2.5.1 Tapahtumat ja pelastustoiminta

Lauantaina 6.3.2010 ennen turnauksen alkua havaittiin noin klo 8.40 salibandyhallin katossa paikoin katon uumareitettujen profiilipeltien kokoon puristumisia kaksiaukkoisten kattopeltien välitukien alueella (kuva 35) ja lisäksi taipumia joillakin alueilla, jossa pelti ulottui tuen yli ulokkeena.



*Kuva 35. Katon ohutlevy painui kasaan keskituen kohdalla. Tuennat on tehty vaurion jälkeen.*

*Bild 35. Tackets tunnplåt trycktes ihop vid centrumstödet. Stöttningen har utförts efter skadan.*

*Picture 35. The thin-sheet roofing damaged under pressure at the mid-support. Shoring was erected after the accident.*

Paikalle kutsuttiin pelastuslaitos. Rakennuksesta evakuoitiin kaikki siellä olleet yli 40 henkilöä. Katosta kuului vielä evakuoinnin jälkeenkin ääniä, jotka kertoivat vaurioiden jatkumisesta.

Hallin katolta oli poistettu jonkin verran lunta jo ennen vauriota, ja lumenpoistoa jatkettiin vaurion jälkeen. Kohteen rakennesuunnittelija laati vaurioituneiden rakenteiden tuenta-suunnitelman ennen lumenpoistotöiden jatkamista. Osa tuennoista näkyi kuvassa 35.

Lähistöllä oli louhintatyömaa, jonka tärinöitä mitattiin louhintatyön aikana. Yksi mittauspiste oli hallin seinustalla. Mittausraportin mukaan määritellyt raja-arvot eivät ylittyneet ja tärinöiden voidaan katsoa olleen louhintatyölle tavanomaisia. Suurimmat arvot olivat kolme päivää ennen onnettomuutta. Räjähäyksiä ei ollut vauriopäivänä.

Vahingot olivat yli 600 000 euroa. Tapahtuma ei aiheuttanut henkilövahinkoja.

### 2.5.2 Rakennus ja rakenteen kuvaus

Salibandyhalli sijaitsee varikkorakennuksessa, joka on rakennettu vuosina 2007–08. Hallin kantava päärunko muodostuu teräspilareista ja niiden varassa olevista 22 metriä pitkistä teräsristikoista. Ristikoiden keskinäinen etäisyys on 9,33 m ja ne tukevat sekundäärikannattimina toimivia ansaristikoita, joiden keskinäinen väli on 5,5 m. Näiden päällä ovat uumareitetyt kaksiaukkoiset 128 mm korkeat profiilipellit sekä katon hyörynsulku-, lämmöneriste- ja vedeneristysrakenteet.

Kohteen rakennesuunnittelija on esittänyt yläpohjapiirustuksessa kattorakenteen pysyväksi kuormaksi 1,5 kN/m<sup>2</sup> ja lumikuormaksi 2,0 kN/m<sup>2</sup> pääosalla kattoa sekä joillekin alueille kinostumiskuormia maksimissaan 4,0 kN/m<sup>2</sup>. Profiilipeltien suunnittelija oli suunnitellut pellit käyttäen pysyväälle kuormalle arvoa 0,5 kN/m<sup>2</sup> rakennesuunnittelijan määrittelemän 1,5 kN/m<sup>2</sup> sijasta.

Syntyneet vauriot sijaitsevat katon reuna-alueella, jossa katon suunnittelussa ei ole otettu huomioon lumen kinostumista. Räystääs kohoaa siellä 1,4–1,8 m kattotason yläpuolelle. Tällöin suunnittelun perusteena olleiden ohjeiden mukaan lumen kinostumiskerroin on 1,4–1,8 eli lumen aiheuttama kuorma 2,8–3,6 kN/m<sup>2</sup> ja kinostumisalueen leveys vastaavasti 0,8–1,6 m. Suomen ympäristökeskuksen tekemät lumimäärän mittaustulokset osoittivat, että kinostuminen ulottui paljon kauemmaksi räystäästä kuin rakentamisajan suunnitteluohjeet edellyttivät. Lumen mittaustuloksia ei ole otettu räystäään läheltä, eli kohdasta, jossa lumikuorma oli ilmeisesti suurimmillaan ja jossa vauriot tapahtuivat. Muutaman metrin päässä sortuma-alueelta olleessa mittauskohdassa lunta oli 256 kg/m<sup>2</sup>. Runsaaseen kinostumiseen vaikutti ilmeisesti osaltaan myös se, että rakennus sijaitsee maastossa suhteellisen korkeassa kohdassa ja sen läheisyydessä ei ole muita yhtä korkealle ulottuvia rakennuksia. Suomen ympäristökeskuksen mukaan lumikuorma Vantaanjoen suuosalla oli tapahtuman aikaan maassa noin 125 kg/m<sup>2</sup>.

Kaksiaukkoiset profiilipellit on jatkettu 500 mm limityksin ja ruuvein tavoitteena saada pellitys useampiaukkoiseksi jatkuvaksi rakenteeksi.



Profiilipeltien poikittaislujuutta tutkittiin kokein Tampereen Teknillisellä Yliopistolla. Kokeiden tulosten mukaan jatkuvana toimivan profiilipellin välituen poikittainen puristuskestävyys kohteen mukaisen rakenteen päällä on 16,51 kN/m. Tämä tukireaktio syntyy jatkuvan rakenteen keskituella likimäärin katon kokonaiskuormalla 3,0 kN/m<sup>2</sup> ja jatkuvan rakenteen ensimmäiselle jatkuvalla tuella kuormalla 2,7 kN/m<sup>2</sup>. Profiilipellin mitoituslaskelemissa 0,8 mm paksun pellin keskitukien reaktiot vaihtelivat likimäärin välillä 20–24 kN/m. Kokeen antamaan alhaiseen lujuuteen vaikutti osaltaan se, että yksi reikäriivi oli suoran uumaosan alapuolisen taitoksen alapuolella, mikä ei liene alun perin ollut tarkoitus. Koeraportti on luettavissa verkkoliitteessä 5.

### 2.5.3 Tapahtuman syyt

Kinostunut lumi yhdessä katon oman painon kanssa aiheutti katolle suuremman kuorman kuin profiilipelti pystyi keskituella kantamaan. Tätä voidaan pitää profiilipellin kokoon painumisen syynä. Tilanteeseen oli johtamassa pellin suunnittelussa käytetty poikittaislujuuden liian suuri arvo yhdessä liian pienien mitoituskuormien kanssa.

Läheisellä louhintatyömaalla tehdyillä räjäytyksillä ei tutkintalautakunnan käsityksen mukaan ollut vaikutusta vaurioon.

### 2.5.4 Vastaavien onnettomuuksien estäminen

Havaittu kinostumisalue oli paljon suurempi kuin nykyiset kuormitusohjeet edellyttävät. Tämän vuoksi kuormitusohjeissa annettuja kinostumisalueen leveyksiä tulisi kasvattaa. Erityisesti Eurokoodeihin perustuvassa ohjeessa RIL 201-1-2008 on kinostumisalueen leveys ainoastaan kaksi kertaa rakennusosien korkeusero riippumatta liittyvien rakennusmassojen korkeamman osan leveydestä eikä koskaan enempää kuin 6 m.

Rakenteiden suunnitteluprosesseja on viime vuosina hajautettu useille osapuolille esimerkiksi tuoteosatoimitusten myötä. Usein tuotteiden suunnitteluperusteet määräytyvät erilaisten testien ja koestusten avulla. Näin joudutaan tilanteeseen, että kohteen pääraKENNESUUNNITTELIJALLA samoin kuin muillakaan ulkopuolisilla ei ole osaamista eikä mahdollisuutta arvioida kohteeseen suunniteltujen rakenteiden toimivuutta. Lisäksi erilaisia tuotteita viedään erityisesti Euroopan Unionin alueella tulevina vuosina entistä enemmän maasta toiseen. Tulisi kehittää menettelyt, jolla varmistetaan, että tuotteiden toimivuus olisi varmistettavissa myös sen maan mitoitusmenetelmillä, johon niitä viedään. Myös tässä kohteessa käytettiin ulkomaisia profiilipeltejä, joiden alkuperäinen mitoitus ei perustunut suomalaiseen mitoituskäytäntöön.

## **2.6 Suurmyymälän lasisen väliseinän vaurioituminen Helsingissä 27.2.2010**

### **2.6.1 Tapahtumat ja pelastustoiminta**

Helsingissä sijaitsevan suurmyymälän ei-kantava lasiseinä taipui sivulle 27.2.2010 ilta-päivällä. Taipuman seurauksena seinän lasihin muodostui halkeamia. Paikalle hälytettiin pelastuslaitos, joka antoi klo 15.30 evakuointimääräyksen. Lumenpoisto katolta oli aloitettu 25.2.2010 ja lumenpoisto jatkui myös vaurion jälkeen. Lumenpoistoa tekevä henkilöstö oli todennut jonkin verran katon pystysuuntaista liikettä eli painumista katolla liikuttaessa. Lumenpuhdistosten edettyä riittävän pitkälle kauppa avattiin sunnuntaina 28.2.2010 normaalisti klo 12.00.

Tapahtuma ei aiheuttanut henkilövahinkoja. Vaurioituneen lasiseinän korjauskustannukset olivat muutamia tuhansia euroja.

### **2.6.2 Rakennus ja rakenteen kuvaus**

Liikerakennus on rakennettu 1980-luvun lopussa. Rakennesuunnitelmiin oli merkitty tekstein nykyisten kuormitusohjeiden tasolla olevat lumen kinostuskuormat, mutta kinostusalueita ei ole määritelty tasopiirustuksissa yksityiskohtaisesti. Yläpohjarakenteen muodostavat 500 mm korkeat TT-laatat, joiden päällä on kallistusbetoni, lämmöneristeenä 100 mm:n polyuretaanikerros ja vesieriste. TT-laatat ovat enimmillään 13,5 m pitkiä ja ne tukeutuvat betonipalkkeihin. Lasiseinä taipui alueella, jossa se oli kiinnitetty katon TT-laattoihin ilman laattojen taipumisvaraa.

TT-laatat ovat varsin hoikkia rakenteita, jotka taipuvat niihin kohdistuvan kuorman vaikutuksesta. Vaurioalueella olevan 13,5 m pitkän laatan sallittu taipuma siihen kohdistuvan mitoituskannan vaikutuksesta on suuruusluokkaa 50 mm. Laatan keskialueella olevan yhden henkilön painosta laatta taipuu noin yhden millimetrin. Lisäksi laatan päällä oleva lämmöneriste painuu jonkin verran sen päällä kuljettaessa. Nämä kaksi ilmiötä yhdessä saavat aikaan sen, että katolla kulkeva saattaa kokea katon "huojuvan".

### **2.6.3 Tapahtuman syyt**

Lumen kuormittamat laatat alkoivat taipuessaan kuormittaa lasiseinää saaden aikaan seinän nurjahtamisen. Vaurio syntyi, koska seinän ja katon välissä ei ollut varaa katon taipumalle. Lasiseinän taipuminen ei ollut merkki mistään vakavasta kantavan rakenteen sortumisriskistä.

### **2.6.4 Vastaavien onnettomuuksien estäminen**

Ei-kantavan seinän ja kantavan katon liittymiskohtaan pitäisi esittää suunnitelmissa ja jättää myös toteutuksessa vara katon taipumalle. Asia tulisi huomioida myös muutostöiden yhteydessä.

## 2.7 Kauppakeskuksen väliseinän rakenteen taipuminen Vantaalla 3.3.2010

### 2.7.1 Tapahtumat ja pelastustoiminta

Vantaalla sijaitsevassa liikerakennuksessa toimivan pankin tiloissa taipui ei-kantavan seinän ja kattoa kannattavan TT-laatan väliin asennettu alumiinitanko sivulle 3.3.2010 iltapäivällä.



*Kuva 36. Sivulle taipunut alumiinitanko. Alakattoa on avattu tutkimuksia varten. (Kuva: poliisi.)*

*Bild 36. Aluminiumstång som böjts ut åt sidan. Innertaket har öppnats för undersökningar.*

*Picture 36. An aluminium rod bent to one side. The suspended roof was opened for investigative purposes.*

Paikalle hälytettiin pelastuslaitos, joka järjesti varmistustuentojen rakentamisen. Pankkisali tyhjennettiin työntekijöistä. Lumenpoisto katolta aloitettiin samana iltapäivänä, ja se jatkui läpi seuraavan yön. Kiinteistön omistaja tilasi tapahtuneesta asiantuntijatutkimuksen tilanteen vakavuuden selvittämiseksi.

Tapahtuma ei aiheuttanut henkilövahinkoja ja sen aiheuttamat välittömät taloudelliset vahingot olivat vähäiset.

### 2.7.2 Rakennus ja rakenteen kuvaus

Liikerakennus on rakennettu 1980-luvun alkupuolella. Suunnittelussa on varauduttu rakentamisajan kuormitusohjeiden edellyttämiin, mutta nykyisiä kuormitusohjeita pienempiin lumen kinostumisiin. Tehdyissä lumen mittauksissa ei havaittu lumimääriä, jotka ylittäisivät suunnittelussa käytetyt lumikuormien arvot. Mittaukset eivät välttämättä kattaaneet kaikkia seinämien vieressä olleita suurimpia kinostuskohtia. Kuva 37 osoittaa, että katolla on paljon korkeuseroja, minkä seurauksena siellä on isoja alueita, joille voi kinostua lunta runsaastikin.



*Kuva 37. Kauppakeskuksen monimuotoinen katto. (Kuva: poliisi.)*

*Bild 37. Ett köpcenters mångformiga tak.*

*Picture 37. The shopping centre's multi-form roof.*

Vaurioalueen yläpohjarakenteen muodostavat 700 mm korkeat TT-laatat, joiden päällä on kevytsorakerros, kevytsorabetonilaatat ja vesieriste. TT-laatat ovat enimmillään noin 18 m pitkiä ja ne tukeutuvat betonipalkkeihin. Kiinteistön omistajan tilaamassa kanta-  
vuustarkastelussa havaittiin yksi yläpohjan palkki, joka isojen reikien vuoksi edellyttää ilmeisiä vahvistustoimenpiteitä. Palkki on kuitenkin toiminut tähän saakka moitteettomasti.

### **2.7.3 Tapahtuman syyt**

Vaurio syntyi, koska alumiinitangon ja katon välissä ei ollut katon taipuman edellyttämää liikevaraa. Tangon taipuminen ei ollut merkki mistään vakavasta kantavan rakenteen sortumisriskistä.

### **2.7.4 Vastaavien onnettomuuksien estäminen**

Ei-kantavan seinän ja kantavan katon liittymiskohtaan pitäisi esittää suunnitelmissa ja jättää myös toteutuksessa vara katon taipumalle. Asia tulisi huomioida myös muutostöiden yhteydessä.



## 2.8 Kaupan liimapuupalkin vaurioituminen Raaseporissa 8.3.2010

### 2.8.1 Tapahtumat ja pelastustoiminta

1970-luvulla rakennetun liikerakennuksen katon pääkannattajana toimivaan liimapuupalkkiin muodostui halkeama 8.3.2010 illalla noin kuuden aikaan. Havainnon teki kauppias, joka teki hätäilmoituksen. Paikalla oli tuolloin parikymmentä asiakasta, jotka evakuoitiin rakennuksesta. Samassa rakennuksessa toimii myös nuorten kokoontumistila, ja myös se tyhjennettiin.

Halkeaman havaitsemisen jälkeen palkki tuettiin lattiaan 100 mm x 100 mm puupilarein (kuva 38).



*Kuva 38. Haljennutta palkkia tuettiin tukipilarilla. (Kuva: Mikael Lindberg.)*

*Bild 38. Stödpelare användes för att stötta den spruckna balken.*

*Picture 38. The cracked beam was shored up with a support beam.*

Halkeama avautui palkin päästä lähes viiden metrin pituiseksi. Halkeamisen aikana yksi liimapuulamelleista katkesi ja halkeama siirtyi palkissa lamellin paksuuden verran ylöspäin.

Tapahtumahetkellä katolla oli lunta katon keskialueella noin 70 cm ja paksuimmillaan ilmastointikonehuoneen vieressä noin metri. Enimmillään lunta oli mittausten mukaan jopa yli 300 kg/m<sup>2</sup>. Suomen ympäristökeskuksen vesistömallijärjestelmän mukaan lumikuorma maassa Raaseporinjoen vesistöalueella oli noin 85 kg/m<sup>2</sup>.

Tapahtumasta ei aiheutunut henkilövahinkoja. Vaurion korjauskustannukset ovat joitakin tuhansia euroja.

## 2.8.2 Rakennus ja rakenteen kuvaus

Vaurioitunut liikerakennus on valmistunut vuonna 1974 ja sen vesikatto on saneerattu noin kymmenen vuotta sitten. Kohteen rakentamisajankohtana 1970-luvulla kuormitusohjeet eivät vielä ottaneet huomioon lumen kinostumismahdollisuutta, vaan katto on suunniteltu lumikuorman perusarvolle  $1,8 \text{ kN/m}^2$ . Rakennuksen alapohja ja perustukset ovat paalutettuja. Pilarit ovat terästä ja yläpohjan pää- ja sekundäärikannattajat ovat liimapuuta. Pääpalkkien pituus on noin 10,8 m ja sekundääripalkkien 8,4 m. Molemmat ovat yksiaukkoisia. Näiden varassa on kantava profiilipelti ja sen päällä höyrynsulku sekä lämpö- ja vesieristyskerrokset. Vesikatteen päälle tehtiin saneerauksen yhteydessä kallistuskerros kevytsorasta ja sen päälle mineraalivilla sekä uusi vesieristys. Saneerauksen yhteydessä rakenteiden omapaino suureni noin  $0,3\text{--}0,4 \text{ kN/m}^2$ .

Pääpalkit on tuettu pilareihin ulkoseinälinjoilla teräskonsolein ja keskilinjoilla suoraan pilarin päälle. Molemmissa liitostavoissa palkki on sidottu pilariin käyttäen pilariin kiinni hitsattua pystysuoraa teräslevyä, joka on upotettu palkin päähän tehtyyn hahloon. Liitostokohdan läpi oli asennettu kolme vaakasuuntaista pulttia 350 mm, 450 mm ja 550 mm korkeudelle palkin alareunasta (kuva 39). Halkeama avautui alimman pultin korkeudelta.



Kuva 39. Halkeama on avautunut alimman pultin kohdalta. (Kuva: Mikael Lindberg.)

Bild 39. En spricka hade uppkommit vid den undre bulten.

Picture 39. A crack has opened at the lowermost bolt.



### 2.8.3 Tapahtuman syyt

Tehtyjen mittausten mukaan lumen kinostuskuorma oli enimmillään noin 1,6-kertainen suhteessa lumikuormaan, jolle katto aikanaan suunniteltiin.

Puurakenteet kutistuvat kuivuessaan erityisesti syitä vastaan kohtisuorassa suunnassa, mikä tulisi ottaa huomioon rakenteiden liitoksia suunniteltaessa. Palkin ja pilarin pulttiliitoksessa ei ole havaittavissa liikevaraa puun poikittaissuuntaiselle kokoonpuristumiselle, jolloin pultit alkavat toimia palkin myös pystysuuntaisina tukina aiheuttaen puuhun poikittaista vetoa. Tämän seurauksena ylikuormitetun palkin halkeama avautui palkin alapinnasta noin 350 mm etäisyydelle eli kohtaan, jossa alin kiinnityspultti sijaitsee.

### 2.8.4 Vastaavien onnettomuuksien estäminen

Kiinteistöjen omistajien tulisi selvittää kattojen suunnittelussa ja rakentamisessa käytettyjen lumikuormien arvot ja tarkkailla runsaslumisina talvina lumen määrää rakennuksissa, jotka ovat valmistuneet 1980-luvulla tai aikaisemmin. Lumikuormien saavuttaessa suunnitteluarvot tulee käynnistää lumen poistotoimenpiteet.

Puun kuivumisesta ja kutistumisesta palkin ja tuen väliin tuleva mahdollinen rako on suurimmillaan lämmityskauden loppupuolella. Havaitut raot tulisi täyttää tukipinnan pituisella ja palkin levyisellä vanerilla tai vastaavalla.

## 2.9 Päiväkodin kattorakenteen vaurioituminen Espoossa 3.3.2010

### 2.9.1 Tapahtumat ja pelastustoiminta

Päiväkodin henkilökunta havaitsi aamulla 3.3.2010, että päiväkodin sisääntulokuistin tolpat olivat kallistuneet. Henkilökunta ilmoitti asiasta rakennuksen omistajan, kaupungin edustajalle. Myöhemmin aamun aikana henkilökunta kuuli katosta ääniä ja havaitsi uusia halkeamia useiden huoneiden seinien nurkissa. Henkilökunta ohjasi lapset ulos. Poistuminen sujui rauhallisesti leikin varjolla.

Paikalle tulleet kaupungin kiinteistötoimen edustaja ja pelastuslaitoksen yksikönjohtaja havaitsivat harjakatolla olleen lumen lähteneen liikkeelle ilmeisesti edellisen yön aikana. Lumen liike oli aiheuttanut vaakavoiman, joka oli kallistanut sisäpihalla olleen sisäänkäyntikatoksen noin 20 cm irti ulkoseinästä. Samalla eteisen kipsilevyseinien nurkkiin ja kantamattomiin harkkoseiniin oli tullut halkeamia.

Kaupungin kiinteistötoimen edustaja asetti rakennuksen käyttökieltoon lumen pudotuksen ja vaurioiden selvittelyn ajaksi. Lumen pudotus aloitettiin välittömästi. Päiväkodin toiminta siirtyi toisiin tiloihin korjausten ajaksi.

Onnettomuus ei aiheuttanut henkilövahinkoja. Rakenteen korjaamiskustannukset olivat noin 2 000 euroa.



*Kuva 40. Päiväkodin vaurioitunut kuisti korjausten jälkeen.*

*Bild 40. Skadad farstuvist vid en förskola efter reparation.*

*Picture 40. The damaged veranda of the day-care centre, after repairs.*

### 2.9.2 Rakennus ja rakenteen kuvaus

Päiväkoti on vuonna 2000 rakennettu puuelementtirunkoinen rakennus. Kantavana pystyrunkona ovat ulkoseinien puurunko ja rakennuksen keskiosassa oleva kantava väliseinä sekä vesikaton naulalevyristikot.

Ulko-ovien kohdalla on sisääntulokatokset. Vaurioitunut katos on sisäpihan puolella ja kooltaan noin 3 m x 3 m. Rakennuksen kattokaltevuus on 1:3. Vesikaton materiaali on sinkitty konesaumattu pelti. Katolla ei ole erillisiä lumiesteitä.

Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan F2, rakennuksen käyttöturvallisuus, mukaan sisäänkäyntien ja kulkuväylien kohdat sekä talvella käytettävät leikki- ja oleskelu-alueet tulee suojata rakennuksen katolta putoavalta lumelta ja jäältä. Määräys koskee myös rakennusta ympäröivää katualuetta ja muuta yleistä aluetta. Ohjeen mukaan kun katon kaltevuus ylittää 1:8, suojaamisessa käytetään katolle sijoitettavia lumiesteitä, oven yläpuolisia katoksia tai kulkua ohjaavia istutuksia ja sopivia maarakenteita.

### 2.9.3 Tapahtuman syyt

Vaurion syynä oli lumen lähteminen liukumaan katolla, jossa ei ollut lumiesteitä.



## 2.9.4 Muita vastaavia onnettomuuksia

Pelastushallinnon Pronto-tietokannan mukaan vastaavia onnettomuuksia on ollut ainakin seuraavat:

- 28.2.2010, Urjala: lumi painanut pientalon kuistin irti seinästä.
- 1.3.2010, Vantaa: lumi katolla liikuttanut pientalon verantaa, ovet eivät aukea.
- 2.3.2010, Iitti: pientalon katolle kasaantunut lumi lähtenyt liikkeelle ja vaurioittanut kuistin rakenteita siten, että kuisti oli 10 cm irti talon seinästä ja ovet eivät auenneet.
- 12.3.2010, Äänekoski: kaksikerroksisen pientalon kuisti repeytyi irti päärakennuksesta lumen työntämänä.

## 2.9.5 Vastaavien onnettomuuksien estäminen

Mikäli katolla ei ole lumiesteitä, tulisi rakennuksen jäykistävät rakenteet mitoittaa liikkumaan lähtevän lumen aiheuttamalle vaakakuormalle. Asiaan liittyviä suunnitteluohjeita tulisi täsmentää.

## 2.10 Kuolemaan johtanut polttopuiden suojakatoksen romahtaminen Vihdissä 8.2.2010

### 2.10.1 Tapahtumat ja pelastustoiminta

Työntekijä oli työnantajansa kanssa polttopuuvarastolla lastaamassa polttopuita traktorin etukuormaajaan. Polttopuupinojen päällä sääsuojana oli irtotekoiset noin 4 m x 4,5 m puukehikolliset peltikatteet, joiden päällä oli noin 20 cm lunta. Ennen lastaamisen aloittamista traktorin etukuormaaja oli aseteltu osittain katteen alle siten, että kuormaajan yläreuna tuki katetta osittain. Työntekijän ollessa kyykistyneenä katteen alla osa polttopuupinoista sortui ja enimmäkseen polttopuupinojen varassa ollut kate putosi työntekijän päälle.

Työnantaja teki hätäilmoituksen ja yritti nostaa katetta käytössä olleen traktorin etukuormaajalla. Pelastuslaitoksen yksikkö oli paikalla kymmenen minuutin kuluttua hätäpuhelun alkamisesta. Katteen nosto onnistui pelastuslaitoksen ja työnantajan yhteistyöllä. Työntekijä menehtyi.

Tapaturmavakuutuslaitosten liitto on tutkinut tapahtumaa Työpaikkaonnettomuuksien tutkintajärjestelmän (TOT) tutkintana nro 3/10.



*Kuva 41. Polttopuiden suojaksi oli rakennettu irtonaiset puukehikkoiset peltikatteet. Sortunut osa on takana oikealla.*

*Bild 41. Lösa plåtskärmtak med träram hade byggts som vedskydd. Den kollapsade delen visa baktill till höger.*

*Picture 41. Unfixed metal-sheet roofing, mounted on wooden frames, had been erected to shelter firewood. The collapsed part in the background, on the right-hand side.*

### 2.10.2 Rakennus ja rakenteen kuvaus

Suurin osa polttopuista oli varastoituina kiinteisiin katoksiin. Osa polttopuista oli tilapäissäilytyksessä pinottuina pihalle. Pihan pinojen päissä polttopuut oli pinottu ristiin. Puupinoissa ei ollut sidontapuita. Pinojen sääsuojana olivat niiden päälle lasketut puukehikoilliset peltikatteet. Katteita ei ollut kiinnitetty mihinkään. Katteiden etureunaan oli laitettu irtonaisia pystypuita kohtiin, joista polttopuita oli jo otettu pois. Pystypuissa ei ollut minikäänlaista sivuttaistuenta.

Katteen päällä olleen lumen massa oli arviolta 800 kg. Lumikuorma maassa Hiidenveden lähialueella oli Suomen ympäristökeskuksen mukaan noin 90 kg/m<sup>2</sup>.

### 2.10.3 Tapahtuman syyt

Onnettomuuden syynä oli työskentely riskialttiin rakenteen alla. Raskaan lumikuorman alla ollut irtonaisen kate putosi äkillisesti puupinon sortuessa.

Työtä aloitettaessa traktorin etukuormaajan yläreunalla tuettiin katosta, joten katoksen putoamisen vaara oli tiedostettu. On mahdollista, että puiden poisto ja kauhan mahdollinen liike ovat edesauttaneet puupinon sortumista. Katoksen paino ilman lumikuormaa oli suhteellisen kevyt ja sen alle jääminen ei välttämättä aiheuta loukkaantumista. Raskas lumikuorma muutti tilanteen olennaisesti.



#### 2.10.4 Vastaavien onnettomuuksien estäminen

Lähtökohtaisesti ympäristön tulee olla turvallinen. Tämänkaltaisessa käytössä olevat katonkattokset tulee suunnitella ja rakentaa sellaisiksi, ettei niissä ole sortumavaaraa.

Työn vaarat tulisi arvioida ennen työn aloittamista. Tuennaltaan epävarmojen rakenteiden alle ei pidä mennä, ennen kuin turvallisuus on varmistettu. Lumen aiheuttaman lisäkuorman merkitys tulisi tiedostaa.

Tapaus osoittaa, että vakavan vahingon vaara voi olla olemassa myös sellaisissa rakennelmissa, joihin ei vaadita rakennuslupaa.

#### 2.11 Kevättalven 2010 sortumien ja vaaratilanteiden määrän arviointi

Kevättalven 2010 rakennevaurioista ei ole olemassa yhtenäistä tilastoa. Vaurioiden kokonaismäärää ja laatua voidaan arvioida pelastustoimen Pronto-tietojärjestelmän tiedoilla.

Pronto-tietojärjestelmään kirjautuu tietoja jokaisesta pelastuslaitoksen yksiköille tehtävään johtaneesta ilmoituksesta. Järjestelmän hälytysselesteeseen siirtyy automaattisesti hätäkeskuksen tietojärjestelmästä hätäilmoituksen kellonaika ja päivämäärä. Hätäkeskuksen päivystäjän kirjaamista tiedoista hälytysselesteeseen siirtyy kohteen osoite, hätäilmoituksen sisältö ja päivystäjän saama käsitys tehtävyytyypistä. Pelastustoimen johtaja kirjaa järjestelmän onnettomuusselesteeseen muun muassa todellisen tehtävyytyypin ja tiedot loukkaantuneista sekä kirjoittaa tekstikenttiin kuvaukset tapahtumien kulusta ja pelastustoimista.

Järjestelmä on tehty pelastustoimen tarkoituksiin, joten se ei sovellu hyvin kattosortumien systemaattiseen tarkasteluun. Esimerkiksi kevättalven 2010 katto-onnettomuuksien tutkinnassa tuli ilmi seuraavaa:

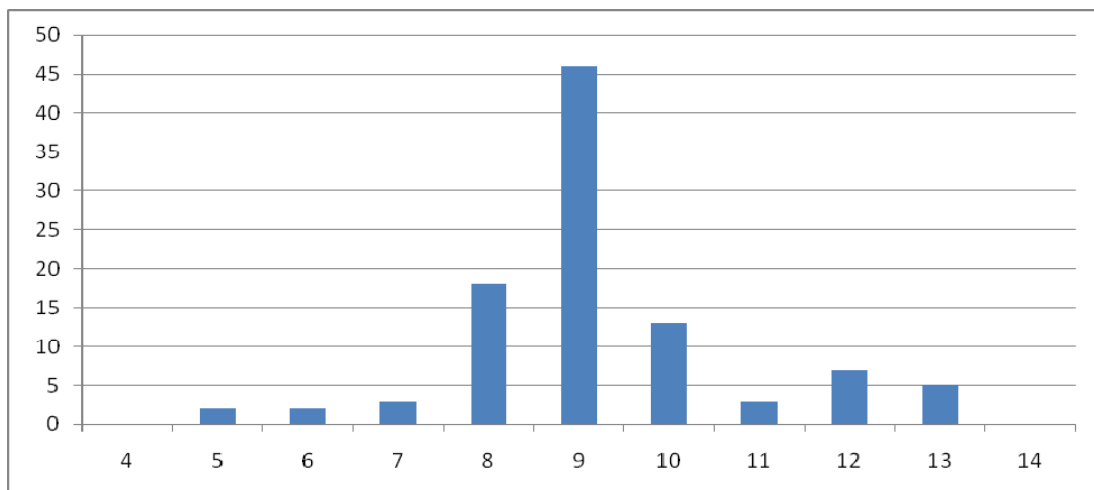
- lumikuorman esiin tuomia katto-onnettomuuksia parhaiten kuvaava tehtävyytyyppi on *sortuma/sortumavaara*
- näitä tammi-huhtikuussa järjestelmään kirjattiin 137
- kyseiseen kohtaan kirjataan lumikuorman aiheuttamien tapausten lisäksi myös esimerkiksi teiden sortumat ja sisäkattojen putoamiset, joita ei voida erotella toisistaan muulla tavoin kuin käymällä selostuksen tekstikentät läpi
- *sortuma/sortumavaara*-kohtaan on kirjattu virheellisesti myös tapauksia, jotka tekstikenttiin kirjoitettujen tietojen perusteella voidaan luokitella vaarattomiksi
- katto-onnettomuuksia oli kirjattu myös *ihmisen pelastaminen* ja *tarkistustehtävä* -tehtävyytyyppien alle; esimerkiksi Vihdin puukatoksen romahtamisen oli pelastustoimen johtaja kirjannut ihmisen pelastamiseksi eikä sortumaksi
- koska *sortuma/sortumavaara*-tehtävälle ei ole tehty tarkentavia valikkoja, suurin osa informaatiosta on vapaamuotoisissa tekstikentissä
- tekstikentän sisältämä informaation määrä vaihtelee huomattavasti; esimerkiksi rakennuksen ikä on kirjattu vain muutama selostukseen.

Jos aineistoa haluttaisiin analysoida tarkemmin, tulisi Prontossa olevia tietoja täydentää muista lähteistä (rakennusvalvonnat, asianomaisten haastattelut) saatavilla tiedoilla.

Kokonaisuuden arvioimiseksi tutkintalautakunta kävi läpi kaikki kevättalvella 2010 Prontoon kirjatut sortuma/sortumavaara-tehtävien selosteet (137). Aineistosta poistettiin tehtäviä seuraavasti:

- sisäkattojen putoamiset (3)
- autiotalon ja lähes kokonaan aikaisemmin palaneen talon vaurioituminen (2)
- päällekkäinen ilmoitus (1)
- taloteknisten laitteiden tai vähäisten katosten vaurioituminen lumen vaikutuksesta (savupiiput, räystäät, talotikkaat) (9)
- teiden sortumat (4)
- ilmeiset väärät kirjaukset (mm. sulamisvedestä johtunut vesivaurio) (8)
- tilanteet, joissa ei ole ollut nähtävissä rakenteellisia muutoksia (11).

Lajittelun jälkeen järjestelmästä löytyi pelastuslaitoksen tehtävään johtaneita kattosortumia 47 ja rakenteellisiin muutoksiin johtaneita vaaratilanteita 42.



*Kuva 42. Tarkasteltavana olevien pelastuslaitoksen tehtävään johtaneiden 99 tapahtuman määrät kalenteriviikoittain.*

*Bild 42. Antal händelser per kalendervecka av de 99 händelser som lett till ingripanden från räddningsverket och som har granskats.*

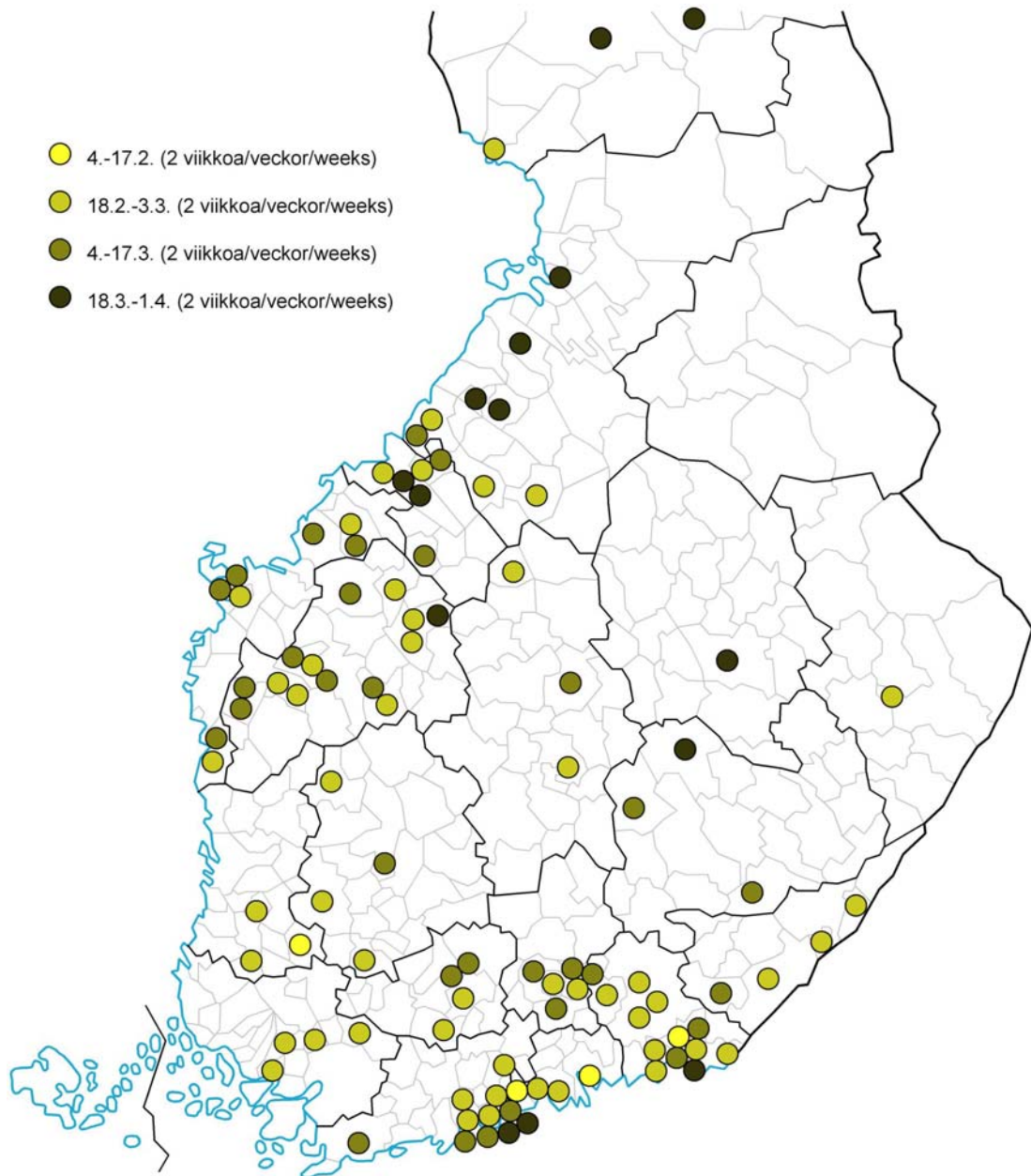
*Picture 42. The reviewed 99 incidents which resulted in a rescue department operation, arranged by calendar week.*

Näiden pelastuslaitokselle tietoon tulleiden sortumien lisäksi on sortumia, joista ei tehty hätäilmoitusta. Tätä 99 onnettomuuden sarjaa voitaneen pitää otoksena, joka ajan ja paikan suhteen on suhteellisen edustava.

Tehtävät olivat kahdeksan viikon aikana ajalla 4.2.–1.4.2010. Kuvassa 43 tehtävät on sijoitettu kartalle luokiteltuna neljään kahden viikon ajanjaksoon.



Urheiluhallin katon romahtaminen Järvenpäässä 23.2.2010  
ja muita rakennevaurioita keväällä 2010



*Kuva 43. Tarkasteltavana olevat pelastuslaitoksen tehtävään johtaneet 99 tapahtumaa kartalle sijoitettuna.*

*Bild 43. De 99 händelser som lett till ingripanden från räddningsverket och som har granskats visade på karta.*

*Picture 43. The reviewed 99 incidents which resulted in a rescue department operation, positioned on a map.*

## Pelastustoimet

Pelastustoimen johtaja kirjaa Pronto-tietojärjestelmään tietoja myös pelastuslaitoksen toiminnasta. Sortumatehtävään yleisesti kuuluu kohteen tiedustelu, tarvittaessa ihmisten ohjaaminen pois rakennuksen sisältä ja sen eristäminen sekä rakennuksen omistajan opastaminen. Näiden lisäksi tarkasteltava oleviin 99 tehtävään on toimintoja kirjattu seuraavasti:

• lumen poisto	52
• raivaus ja/tai alle jääneen materiaalin pelastaminen	17
• rakenteiden tukeminen	16
• eläinten pelastaminen	7
• ihmisten pelastaminen	1.

Pelastuslaitos ei ollut tehnyt mitään edellä mainittuja toimintoja 33 tapauksessa. Näihin liittyvissä selostuksissa oli katolle menemättömyys perusteltu työn vaarallisuudella sekä rakennuksen ja sen sisällä olevan materiaalin vähäisellä arvolla. Monessa tapauksessa katto oli jo vaurioitunut niin pahoin, ettei lumen poistolla ollut enää merkitystä.

Rakennuksen käyttökieltoon asettamisesta on maininta kymmenessä onnettomuusselosteessa. Myös näissä tapauksissa oli sellaisia, joissa pelastuslaitos ei aloittanut lumen pudotusta vaan vaati rakennuksen omistajalta toimenpiteitä asian suhteen.

Rakennuksessa olevien ihmisten poistaminen oli usein jo suoritettu ennen pelastuslaitoksen yksiköiden tuloa muun muassa rakenteista kuuluneiden äänien perusteella.

Pelastustoimen johtajien arvion mukaan ihmisiä on ollut vaarassa vain neljässä tapauksessa. Ainoa ihmisen pelastaminen -suorite on kirjattu Järvenpään urheiluhallin selosteeseen, pelastettavia oli kaksi henkilöä. Samoin ainoat loukkaantuneiksi kirjatut henkilöt olivat Järvenpään onnettomuuden kaksi lievästi loukkaantunutta.

### 2.12 Lumitilanne kevättalvella 2010

Tutkintalautakunta pyysi lausunnon talven 2009–2010 lumen määrästä Suomen Ympäristökeskukselta (SYKE), joka havainnoi lumen massaa pinta-alaa kohden (vesiarvo) noin 150 lumilinjalla maassa. Yksi millimetri vettä vastaa lumikuormaa 1 kg/m<sup>2</sup>. Lumilinjalla tehtyjen mittausten perusteella määritetään alueelliset vesiarvot laskennallisesti hi-lapistemallilla.

Taulukossa 3 on esitetty kahden pitkän jakson sekä talven 2009–2010 maksimivesiarvot seitsemällä vesistöalueella eri puolilla Suomea. Kolmen ensimmäisen vesistön osalta viime talvi oli lumisempi kuin mikään jakson 1991–2009 talvi, Vantaanjoella jopa selvästi lumisempi. Muissa neljässä vesistössä jäätii sitä vastoin merkittävästi molempien vertailujaksojen maksimivesiarvoista.

Taulukko 3. Maksimivesiarvoja seitsemällä vesistöalueella.

Vesistö	Maksimi 1961–1990 [mm]	Maksimi 1991–2009 [mm]	Maksimi 2010 [mm]	Maksimi 2010 verrattuna maksimeihin [%]	
				1961–1990	1991–2009
Vantaanjoki	240	123	142	-41	+15
Aurajoki	211	109	112	-47	+3
Kyrönjoki	182	95	99	-46	+4
Vuoksi	239	195	146	-39	-25
Oulujoki	253	237	159	-37	-23
Kemijoki	255	274	181	-29	-34
Paatsjoki	196	259	155	-21	-40

Taulukossa 4 on esitetty vertailujaksojen maksimivesiarvojen keskiarvot. Vantaanjoella ja Aurajoella viime talven maksimi ylitti molempien vertailujaksojen keskimaksimit selvästi, Kyrönjoella viime talvi oli runsasluminen verrattuna jaksoon 1991–2009. Muissa neljässä vesistössä lumioloit eivät oleellisesti poikenneet kummankaan jakson lumioloista.

Taulukko 4. Maksimivesiarvojen keskiarvoja seitsemällä vesistöalueella.

Vesistö	Maksimi 1961–1990 [mm]	Maksimi 1991–2009 [mm]	Maksimi 2010 [mm]	Maksimi 2010 verrattuna maksimeihin [%]	
				1961–1990	1991–2009
Vantaanjoki	109	70	142	+30	+102
Aurajoki	86	59	112	+30	+90
Kyrönjoki	92	67	99	+8	+47
Vuoksi	146	145	146	0	+1
Oulujoki	162	178	159	-2	-10
Kemijoki	175	186	181	+3	-3
Paatsjoki	149	174	155	+4	-11

Taulukot osoittavat, että lumen määrä on eteläisessä Suomessa vuoden 1990 jälkeen selvästi vähentynyt. Näin on käynyt myös länsirannikolla Keski-Pohjanmaalle saakka. Näillä alueilla talvi 2009–2010 näyttäytyy siten varsin runsaslumisena, jos vertailu ulotetaan vain vuoteen 1990 saakka. Jos vertailu ulotetaan kolme vuosikymmentä kauemmaksi, tilanne muuttuu oleellisesti. Esimerkiksi Vantaanjoella oli jaksolla 1961–1990 seitsemän talvea, jolloin lunta oli enemmän kuin talvella 2009–2010. Jaksolta 1946–1960 tällaisia talvia löytyy viisi. Tätä kauemmaksi menneisyyteen eivät SYKE:n lumirekisterin tiedot ulotu.

SYKE:n vesistömallijärjestelmän avulla voidaan tarkastella lumiolojen alueellista vaihtelua huomattavasti tarkemmin kuin linjamittausten tuloksista, joihin yllä oleva analyysi perustuu.

Talven 2009–2010 maksimivesiarvo oli vähintään 90 % jakson 1991–2009 maksimista seuraavilla alueilla:

- linjan Lappeenranta-Lahti-Loimaa-Pori eteläpuolinen alue lähes kokonaan
- pääosa Etelä-Pohjanmaan maakuntaa
- paikoin Päijänteen itäpuolella, Keski-Pohjanmaalla ja Oulun seudulla
- paikoin Kuusamossa, itäisen Lapin eteläosissa sekä Ounasjoen vesistön eteläosissa.

Vesistömallijärjestelmän mukaan 100 % ylittyä (eli uusi ennätys vuoden 1990 jälkeen olisi saavutettu) vain hyvin suppeilla alueilla. Mallin mukaan 110 % ei ylity missään, vaikka esimerkiksi Vantaan vesistöissä linjamittausaineisto antoi taulukon 3 mukaan prosentin 115. Syynä erilaisiin tuloksiin ovat kummankin menetelmän epätarkkuudet.

Kun talven 2009–2010 maksimivesiarvoja verrataan jaksoon 1962–2009, toteutuu 90 % ylitys seuraavilla alueilla:

- suppeilla alueilla Kaakkois-Suomessa, Päijänteen itäpuolella sekä Lahden, Vaasan ja Oulun seudulla
- paikoin Kuusamossa, Kemijärvellä, Pelkosenniemellä sekä Ounasjoen vesistön eteläosissa.

Talven 2009–2010 maksimivesiarvojen toistuvuuksista voidaan esittää taulukon 5 mukaiset likimääräiset arviot.

*Taulukko 5. Keskimääräiset talven 2009–2010 maksimivesiarvojen toistuvuudet alueittain.*

Alue	Keskimääräinen toistumisaika [vuotta], kun vertailukausi on	
	1961–1990	1991–2009
Etelä-Suomi	pääosin 5–10; Kaakkois-Suomessa paikoin 20–30	pääosin 50–100; Lounais-Suomessa 20–30
Keski-Suomi	idässä 2–3, keskiosissa paikoin 10–20, Pohjanmaalla 3–10	idässä 3–5, Päijänteen itäpuolella paikoin 10–20, Pohjanmaalla 10–30
Oulun lääni (ent.)	pääosin 3–5; Oulun seudulla ja Kuusamossa paikoin 20–30	pääosin 2–5; Oulun seudulla ja Kuusamossa paikoin 20–30
Lappi	pääosin 3–5; Kemijärvellä, Pelkosenniemellä sekä Ounasjoen vesistön eteläosissa paikoin 40–60	pääosin 2–5; itäisen Lapin eteläosissa sekä Ounasjoen vesistön eteläosissa paikoin 30–50



### 3 ANALYYSI

#### 3.1 Talven 2010 rakenneaurioiden analysointi

Järvenpäässä 23.2.2010 tapahtunut urheiluhallin katon romahtaminen määriteltiin Onnettomuustutkimuskeskuksessa suuronnettomuuden vaaratilanteeksi, jonka johdosta aloitettiin tutkinta. Kuopiossa 29.3.2010 tapahtunut keilahallin katon romahtaminen katsottiin niin ikään vakavaksi vaaratilanteeksi, jonka tutkinta nähtiin tarpeelliseksi. Molemmat tapaukset päätettiin käsitellä samassa tutkinnassa. Lisäksi samassa tutkinnassa päätettiin käsitellä lyhyesti muista kevättalven 2010 rakenneaurioista muutamia vakavia ja eniten huomiota herättäneitä tapauksia. Kaikkiaan käsiteltäväksi tuli 11 onnettomuutta, vaaratilannetta tai muuta tapahtumaa, jotka on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Tutkinnassa käsitellyt tapaukset.

	Rakennus ja rakennusvuosi	Onnettomuuden tai vaaratilanteen kuvaus	Keskeiset puutteet ja ongelmat
1	Urheiluhalli Järvenpäässä, 2000	Teräsrakenteisen hallin pääkannattajien pettäminen, jänneväli 45 metriä	Puutteet rakennesuunnittelussa
2	Keilahalli Kuopiossa, 1973	Pääkannattajana toimineen liimapuupalkin pettäminen, jänneväli 30 metriä	Palkin valmistuksessa epäonnistunut sormiliitoksen liimaus
3	Ratsastusmaneesi Liedossa, noin 1990 (laajennus myöhemmin)	Teräsrakenteisen hallin pääkannattajien pettäminen, jänneväli 24 metriä	Puutteet rakennesuunnittelussa
4	Tuotantotila Teuvalla, noin 2000	Naulalevyristikoiden pettäminen, jänneväli 21 metriä	Puutteet ristikoiden tuennassa
5	Jäähalli Espoossa, 1996–1997	Kantavan profiilipeltikaton paikallinen pettäminen	Lumen kinostumista ei ollut otettu huomioon
6	Salibandyhalli Helsingissä, 2007–2008	Kantavan profiilipeltikaton paikallinen pettäminen	Lumen kinostumista ei ollut otettu huomioon ja pellin tuki-voimakkestävyys oli yliarvioitu
7	Suurmyymälä Helsingissä, 1980-luvun loppu	Lasisen väliseinän taipuminen sivulle, ei todellista vaaraa	Väliseinän ja katon välissä ei ollut liikevaraa katon normaalille taipumalle
8	Kauppakeskus Vantaalla, 1980-luvun alku	Pystysuuntaisen alumiinitangon taipuminen sisätiloissa, ei todellista vaaraa	Alumiinitangon ja katon välissä ei ollut liikevaraa katon normaalille taipumalle
9	Kauppa Raaseporissa, 1970-luku	Pääkannattajana toimineen liimapuupalkin halkeaminen, jänneväli 11 metriä	Lumen kinostumista ei ollut otettu huomioon ja virheellinen palkin pulttiliitos
10	Päiväkoti Espoossa, 2000	Sisääntulokatoksen kallistuminen ja halkeamat seinissä	Katolta alas liukuva lumi rikkoi katoksen
11	Polttopuiden suojakatos Vihdissä, ei rakennusluvan alainen rakennus	Polttopuukatoksen (4 m x 4,5 m) putoaminen työntekijän päälle, työntekijä kuoli	Riskialtis tapa toimia. Lumen vuoksi painava rakenne purettavien puupinojen päällä ilman vaakasuuntaista tuentaa

## Teräsrunkoiset hallit

Järvenpäässä ja Liedossa teräshallit romahtivat lähes kokonaan. Järvenpäässä seurauksena oli kaksi lievää loukkaantumista. Liedossa henkilövahinkoja ei tullut, mihin vaikutti oleellisesti tapahtuman ajoittuminen yöaikaan.

Molemmissa tapauksissa hallin suunnittelussa oli tehty oleellisia virheitä, joiden vuoksi rakenteilla ei ollut edellytyksiä kestää normien edellyttämiä kuormia. Järvenpään hallin kantavat rakenteet olivat niin sanottuja 2-nivelkehiä ja Liedon niin sanottuja kolminivelkehiä. Molemmat hallit olivat sarjatuotantoa, jossa periaatteeltaan samanlaisia halleja oli rakennettu erikokoisina moniin paikkoihin. Samoja puutteita on todettu muutamissa muissa vastaavanlaisissa halleissa, joten ongelma on yksittäisiä halleja laajempi. Tästä syystä tutkintalautakunta antoi ympäristöministeriölle Järvenpään hallia koskevista havainnoista ilmoituksen onnettomuusuhasta maaliskuussa 2010 ja Liedon hallia koskevista havainnoista kesäkuussa 2010.

Puutteellisten hallien suunnittelu on ollut yksittäisten suunnittelijoiden varassa ja koko hanke lähes kokonaan yksittäisen yrityksen käsissä. Rakennushankkeeseen ryhtyvät (rakennuttajat) eivät ole olleet erityisesti rakennusalaan perehtyneitä. Heillä ei ole ollut erityisiä edellytyksiä suurehkon rakennushankkeen riskien ymmärtämiseen. He ovat pyrkineet tilaamaan kokonaisuuksia ja saattaneet luottaa esimerkiksi pitkähkön referenssilistan omaaviin toimittajiin. Rakennusvalvontaviranomaisten toimet eivät näissä tapauksissa riittäneet turvalliseen lopputulokseen. Liedon hallin rakentamisen aikaan rakennusvalvonnalla oli rakennesuunnitelmien tarkastusvelvollisuus. Järvenpään hallin rakentamisen aikaan, kuten nykyäänkin, rakennusvalvonnan tehtävänä on rakennushankkeeseen osallistuvien pätevyyden tarkistaminen ja rakennushankkeeseen ryhtyvän opastaminen.

## Liimapuupalkit

Kuopiossa keilahallin liimapuupalkin mitoitus oli tiukka. Palkin sortumisen johti alimman lamellin sormijatkoksen liimauksen epäonnistuminen. Samanlainen keilahalli on myös Porissa, jossa tarkistuksessa havaittiin vaurio yhden palkin alimmassa lamellissa. Siellä vaurio ei kuitenkaan ollut jatkoksen kohdalla. Porissa katolle oli jälkikäteen rakennettu ilmanvaihtokonehuone, josta aiheutui merkittävä lisäkuorma.

Raaseporin kauppatilan liimapuupalkin halkeaminen johtui lumen kinostumisesta, jota ei rakentamisajankohdan ohjeiden perusteella tarvinnut ottaa huomioon. Lumikuorma oli kinostumisen vuoksi 1,6-kertainen suunnittelussa käytettyyn lumikuormaan verrattuna. Tapahtumaan vaikutti myös palkin ja pilarin välisen pulttiliitoksen rakenne, joka ei mahdollistanut kuivumiskutistumisen aiheuttamaa palkin pystysuuntaista liikettä. Palkki halkesi kiinnityspultin kohdalta.



### **Naulalevyristikot**

Teuvalla romahti kymmenen vuotta sitten valmistuneen tuotantotilan kattoa noin 800 neliömetrin alueelta. Syyksi osoittautui naulalevyristikoiden puristuskuormitettujen diagonaalien puutteellinen tuenta. Tarvittavat nurjahdustuet oli merkitty ristikkopiirustukseen, mutta todellisesta rakenteesta ne pääosin puuttuivat. Puutteen vuoksi ristikoiden kantavuus oli pahimmillaan vain noin viidennes suunnitellusta kantavuudesta. Pitkien naulalevyristikoiden puutteellinen tuenta on aikaisemmin noussut esiin kevättalven 2006 kattovaurioiden tutkinnassa. Silloin tuennan puutteiden vuoksi romahti osa myymälärakennuksen kattoa Haapajärvellä ja maneesi lähes kokonaan Vetelissä. Samankaltaisia puutteita on ollut myös joissakin muissa kevättalven 2010 sortumissa.

### **Profiilipellin taipuminen**

Jäähallissa Espoossa ja salibandyhallissa Helsingissä vaurioitunut rakenneosaa oli profiilipelti. Espoossa ulokkeena jatkunut kantava profiilipelti ei kestänyt loivalle harjakatolle kinostunutta hyvin suurta lumimäärää. Lunta oli jopa yli 500 kg/m<sup>2</sup>. Näin suurta lumikuormaa eivät katon rakentamisajankohdan kuormitusohjeet yksiselitteisesti edellyttäneet ottamaan huomioon. Kinostuminen oli seurausta hallin sijainnista mäenrinteen juurella ja metsän ympäröimässä maastossa.

Salibandyhallissa Helsingissä rei'itetty profiilipelti painui kasaan keskituen kohdalta, kun profiilipellin puristuskestävyys ei ollut riittävä lumen kinostumisalueella. Suunnittelussa ei ollut otettu huomioon lumen kinostumista kohdassa, jossa räystäs kohosi kattotason yläpuolelle. Lisäksi havaittiin se, että lumen mittauksen mukaan kinostuminen ulottui paljon kauemmaksi räystäästä kuin rakentamisajan suunnitteluohjeet edellyttivät. Vaurion tutkinnan yhteydessä tehdyt kokeet osoittivat, että profiilipellin tukivoimatestävyys ei ollut niin suuri kuin niiden mitoituslaskelmissa oli käytetty.

### **Vauriot ei-kantavissa rakenteissa**

Helsingissä havaittiin suurmyymälässä ja Vantaalla kauppakeskuksessa sisätiloissa vaurioita, joiden arveltiin aiheuttavan vaaraa ja mahdollisesti havaittua laajemman vaurion. Tilanteisiin reagoitiin tapahtumapaikalla tyhjentämällä rakennukset ihmisistä, tiedottamalla asiasta, selvittämällä havaittuja vaurioita sekä poistamalla lunta. Selvitysten perusteella päädyttiin siihen, että rakenteissa ei ollut sortumavaaraa. Lumikuorma oli aiheuttanut pääkannattajiin normaalia taipumaa, jota varten ei toissijaisissa rakenteissa ollut riittävästi liikkumavaraa. Väliseinä Helsingissä ja alumiinitanko Vantaalla oli asennettu siten väärin.

Tapahtumiin reagoiminen oli oikea toimenpide, sillä toissijaisenaan rakenteen vaurioitumisen ei voida katsoa olevan normaalia. Oli syytä selvittää rakennusten turvallisuus ennen tilojen käytön jatkamista. Eräissä aikaisemmissa tapauksissa ennen laajaa sortumaa on tehty vähäisiä rakenteita koskevia havaintoja. Silloin rakennuksista on ehditty pelastautua.

### **Sisääntulokatoksen vaurioituminen**

Espoossa päiväkodin sisääntulokuistin tolpat olivat kallistuneet ja myöhemmin sisällä kuului vaurioitumisääniä ja seinissä havaittiin halkeamia. Katolta ilmeisesti yöllä liukunut lumi aiheutti vaakavoiman, joka kallisti sisääntulokatoksen noin 20 cm irti ulkoseinästä. Samalla kipsilevyseiniin ja kantamattomiin harkkoseiniin tuli halkeamia. Vastaavanlaisia kuistin vaurioitumisia oli löydettävissä pelastustoimen tietokannasta. Katosten suunnittelussa pitää ohjeiden mukaan ottaa huomioon lumen valumisesta aiheutuvat kuormitukset.

### **Kuolemaan johtanut irtonaisen suojakatoksen putoaminen**

Vihdissä sattunut polttopuiden suojakatoksen putoaminen poikkesi muista tutkituista tapauksista siten, että kyseessä ei ollut rakennusluvan alainen rakenne. Romahdus aiheutti ihmisen kuoleman. Vajaan 20 neliömetrin kokoinen puusta rakennettu suojakatos oli vapaasti puupinon päällä. Kun polttopuita otettiin myyntiä varten pois, katos putosi työntekijän päälle. Katoksen paino lumikuormineen oli suurin piirtein yksi tonni.

Tapaus kiinnittää huomiota myös sellaisiin rakenteisiin tai rakennelmiin, jotka voivat jäädä viranomaisvalvonnan ulkopuolelle.

### **Muiden kevättalven 2010 rakennevaurioiden analysointi**

Rakenteille sattuneista vaurioista tai vaaratilanteista ei kerry tietoa keskitetysti siinä tarkoituksessa, että tiedon avulla voitaisiin tehdä yhteenvetoja tapahtumien kulusta, rakennetyypeistä, materiaaleista, rakentamisajankohdista, lumikuormista tai muista tapahtuman taustatiedoista. Niistä tapauksista, joihin on hälytetty pelastustoimen yksiköitä, jää tieto pelastustoimen Pronto-tietokantaan samaan tapaan kuin kaikista muistakin onnettomuustyypeistä. Tiedot kerätään ensisijaisesti pelastustoimen kehittämistarkoituksiin, joten tiedot eivät mahdollista itse onnettomuuksien yksityiskohtaista analysointia.

Sortumaksi tai sortumavaaraksi kirjattuja tapauksia oli Pronto-tietokannassa kevättalvella 137. Kun niistä poistettiin vähäiset tapaukset, väärät kirjaukset ja muihin kuin kattoihin liittyvät sortumat, jäi jäljelle 99 tapausta. Niistä pelastuslaitoksen tehtävään johtaneita kattosortumia oli 47 muiden ollessa rakenteellisiin muutoksiin johtaneita vaaratilanteita. Tapahtumat keskittyivät lähes kokonaan Etelä-Suomen ja Pohjanmaan alueille.

### **Lumikuormat kevättalvella 2010 ja kinostuminen**

Suomen Ympäristökeskus teki yhteenvedon lumitilanteesta eri vesistöalueilla. Vantaanjoen vesistöalueella talvi oli vertailluista vesistöalueista aikaisempaan tilastoon suhteutettuna kaikkein runsaslumisin. Siellä lunta oli 15 % enemmän kuin kertaakaan vuoden 1991 jälkeen.

Kuitenkin vuosina 1961–1990 lunta oli ollut Vantaanjoen vesistöalueella seitsemänä talvena enemmän kuin kevättalvella 2010. Maksimivesiarvo kevättalvella 2010 oli 142 mm, kun se oli ollut 1961–1990 enimmillään 240 mm. Yksi millimetri vastaa yhtä kilogrammaa neliometriä kohden. Etelä-Suomen suunnalla tyypillisesti mitoituksessa käytettävä lumikuorma on suuruusluokkaa 180–200 kg/m<sup>2</sup>, joka kerrotaan vielä varmuuskertoimel-





la. Näin ollen peruslumikuorman suuruus oli sellainen, että normien mukaan mitoitettujen rakenteiden olisi pitänyt kestää.

Vaurioiden tarkastelut kuitenkin osoittivat, että paikallisesti lunta voi olla selvästi perustilanteesta poikkeava määrä. Kahdeksassa tapauksessa lumikuormatilanne ei selitä rakenteiden vaurioitumista. Sen sijaan Espoon jäähallin, Helsingin salibandyhallin ja Raaseporin kaupparakennuksen vaurioiden yhteydessä havaittiin merkittävää kinostumista. Espoossa lumikuorman määräksi arvioitiin jopa 500 kg/m<sup>2</sup>. Keskeytyksetön pakkasjakso talvella 2010 aiheutti tuulen vaikutuksesta lumen pitkäaikaisen kertymisen tiettyihin kohtiin. Espoossa kinostumista aiheutui siitä, että rakennus oli mäen juurella metsän ympäröimänä. Helsingissä ja Raaseporissa kinostuminen liittyi kattorakenteen korkeuseroihin. Havainnot osoittivat, että kinostumista voi tietyissä olosuhteissa tapahtua selvästi ohjeissa määriteltyä enemmän.

Yhdessä tapauksessa vaaratilanne aiheutui lumen liukumisesta. Katolta liukunut lumi vaurioitti päiväkodin sisääntulokatosta.

### **Rakennusvalvonta**

Vanhimmat rakennukset, joissa vaurioita tapahtui, olivat 1970-luvulta ja uusin vuodelta 2008. Rakennusvalvonta ei onnistunut kunakin ajankohtana käytössään olevilla menetelyillä valvomaan sitä, että rakennukset olisivat koko elinkaarensa ajan turvallisia. Valvonta ei ole ollut luonteeltaan sellaista, että se olisi päässyt pureutumaan riittävästi kyseessä oleviin ongelmiin. Toisaalta kaikki tapaukset eivät aiheuttaneet merkittävää vaaraa. Lisäksi kolmeen tapaukseen liittyi suurempaa lumen kinostumista kuin rakentamismäärät vaativat otettavaksi huomioon.

Rakennusvalvonta painottuu rakentamisvaiheeseen, ja menettelyt olemassa olevien rakennusten turvallisuuden valvontaan ovat pääasiassa reaktiivisia. Kun tietoon tulee jokin tietty tai yleinen ongelma, kunkin kunnan rakennusvalvonta toimii oman harkintansa mukaan. Valtakunnallista menettelytapaa ei ole.

## **3.2 Pelastustoiminnan analysointi**

### **Järvenpää urheiluhalli**

Hätäkeskus teki ensimmäiset hälytykset nopeasti alle minuutissa. Pelastuslaitos oli määritellyt vasteen eli ne yksiköt, jotka tällaiseen onnettomuustyyppiin hälytetään. Vaste oli riittävä.

Ensimmäinen pelastusyksikkö oli kohteessa alle 6 minuutissa hälyttämisestä. Varsin nopeasti pelastushenkilöstölle selvisi, että ainoat rakennuksen sisällä vielä olleet kaksi henkilöä ovat vahingoittumattomina pystyyn jääneen päädyn vieressä ja että sortuneen osan alle ei ollut jäänyt ketään. Kiireellisille pelastustoimille ei ollut tarvetta.

Hallin yhtenä uloskäytävänä ollut radanpuoleisen seinustan taaempi ulko-ovi ei auennut normaalisti, koska katon romahtaus oli taivuttanut oven kehyksiä.

## Vihdin puukatos

Puukatoksen putoaminen Vihdissä on ainoa tiedossa oleva kevättalven 2010 romahdustapaus, jossa tapahtui vakavia henkilövahinkoja. Alle jäänyt työntekijä kuoli. Hätäkeskus teki hälytykset nopeasti, ja pelastuslaitos saapui paikalle ilman ylimääräisiä viiveitä. Katoksen alle jääneen henkilön pelastamiseksi ei ollut tehtävissä mitään.

## Muut tapaukset

Tutkintalautakunnan tutkimista tapauksista kahdessa ei tehty hätäilmoitusta. Liedon tapauksessa sortuminen tapahtui yöllä, ja kun tapahtunut huomattiin, pelastustoimille ei ollut tarvetta. Espoon jäähallin tapauksessa hallissa ei ollut asiakkaita, mutta paikalla oli kiinteistön henkilökuntaa. Kyseessä on paikallinen vaurio eikä laajamittaisen sortuman uhkaa arvioitu olevan, joten pelastuslaitosta ei pyydetty paikalle.

Muissa tutkituissa tapauksissa pelastuslaitos hälytettiin paikalle. Hälytystoiminta sujui hyvin ja tapahtumapaikoille saatiin sopiva kalusto ja pelastushenkilöstö tarkoituksenmukaisessa ajassa. Kiireellisille pelastustoimille ei ollut tarvetta.

Pelastustoimen Pronto-tietokannasta tarkasteltiin nimenomaan niitä tapauksia, joihin oli hälytetty pelastustoimen yksiköitä. Tarkastelussa oli yhteensä 99 sortumaksi tai sortumavaaraksi kirjattua tapausta. Niistä ainoa henkilövahinkoja aiheuttanut tapaus oli Järvenpään salibandyhallin onnettomuus, jossa kaksi henkilöä loukkaantui lievästi. Vihdin kuolemaan johtanut puukatoksen putoaminen oli kirjattu onnettomuustyyppinä *ihmisen pelastaminen*.

Romahduksiin liittyvien pelastustehtävien suuri määrä osoittaa, että rakennuksissa on vikoja, jotka voivat aiheuttaa vaaraa ihmisille ja omaisuudelle. Myös suuren onnettomuuden vaara on olemassa, vaikka henkilövahinkojen määrä jäikin vähäiseksi. Joissakin tapauksissa oli sattumaa, että mittava romahdus tapahtui hiljaiseen aikaan tai sellaisessa kohdassa rakennusta, jossa ei ollut ihmisiä.

Jos mittava romahdus aiheuttaa ihmisten jäämistä pudonneiden rakenteiden alle, pelastustehtävä voi olla pitkäkestoinen ja vaativa. Paikalle tarvitaan muun muassa nostokalustoa, ja toimintaa voi vaikeuttaa lisäromahdusvaara. Pelastettavien ihmisten selviämisen kannalta voi tulla kriittiseksi kylmyys.

Pelastuslaitoksen toimenpiteiden luonnetta tarkasteltaessa kävi ilmi, että toimintatavat voivat jossain määrin vaihdella. Useissa tapauksissa pelastuslaitos osallistui oleellisella tavalla lumien poistamiseen katoilta. Toisissa tapauksissa toimenpiteeksi jäi rakennuksen asettaminen käyttökieltoon, ja lumien pudotus jäi kokonaan rakennuksen omistajan huolehdittavaksi. Lumien pudottamiseen liittyy oleellinen putoamisvaara, joten työturvallisuuden on oltava kunnossa sekä pelastushenkilöstöllä että yksityisillä toimijoilla.



## 4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkinta aloitettiin Järvenpään urheiluhallin romahduksesta, joka katsottiin suuronnettomuuden vaaratilanteeksi. Samaan tutkintaan päätettiin ottaa kymmenen muuta merkittävää tai huomiota herättänyttä onnettomuutta tai vaaratilannetta.

1. Kevättalvi 2010 oli osassa Suomea runsasluminen, mutta lunta ei ollut niin paljoa, että 1980-luvulla ja sen jälkeen laadittujen ohjeiden mukaan suunnitellut rakenteet voisivat pettää. Kahdessa tapauksessa lunta oli kinostunut enemmän kuin ohjeet ovat velvoittaneet ottamaan huomioon. Yksi kohde oli rakennettu 1970-luvun alkupuolella, jolloin kuormitusnormit eivät vielä ohjeistaneet kinostumista riittävästi.
2. Kaksi oli teräshalleja, joiden suunnittelussa havaittiin merkittäviä puutteita. Samankaltaisia on rakennettu satoja. Tästä syystä tutkintalautakunta antoi näistä tapauksista ilmoituksen onnettomuusuhasta ympäristöministeriölle, joka välitti tiedon kunnallisille rakennusvalvontaviranomaisille.
3. Kahdessa tapauksessa huomio kiinnittyi 1970-luvun liimapuupalkkeihin. Toinen näistä johti yhden palkin romahdukseen ja toisessa tapauksessa vakavaan vaaratilanteeseen.
4. Yhdessä tapauksessa pettänyt rakenne oli yli 20 metrin pituinen naulalevyristikko. Pettämisen syynä oli ristikon puutteellinen tuenta, jonka vuoksi ristikon kapasiteetti oli vain viidennes suunnitellusta. Vastaavanlaisia tapauksia oli myös vuonna 2006.
5. Kahdessa tapauksessa kyse oli pääkannattajien normaalista taipumasta, joka aiheutti ei-kantavan väliseinän tai toisessa tapauksessa alumiinitangon taipumista. Vauriot otettiin ennen tarkempaa selvitystä vakavasti, mikä oli turvallista toimintaa.
6. Seurausten kannalta vakavin tapaus liittyi polttopuiden päällä ollen katoksen puoimiseen. Työntekijä kuoli. Rakennelma ei ollut rakennusluvan alainen.
7. Pelastuslaitoksen tietokannasta tunnistettiin kevättalvelta 2010 yhteensä 99 tapausta, joissa tehtävätyyppi oli *sortuma/sortumavaara*, ja jotka ilmeisesti liittyvät lumi-kuormaan. Muuta keskitettyä tietoa talven sortumista ei ole saatavilla.
8. Tapahtumat osoittavat, että Suomessa on rakennuksia, jotka eivät kestä normien vaatimaa lumikuormaa. Kevättalvella 2010 tämä tilanne konkretisoitui erityisesti Etelä-Suomessa ja Pohjanmaalla ja kevättalvella 2006 Keski-Suomessa.
9. Uusien onnettomuuksien ennalta estäminen jakautuu kahtia. Yhtäältä on huolehdittava uudisrakentamisesta siten, että normit ovat ajan tasalla ja normien vaatimukset täytetään. Toisaalta on huolehdittava jo olemassa olevan rakennuskannan turvallisuudesta.

## 5 TOTEUTETUT TOIMENPITEET

Tutkintalautakunta antoi sekä Järvenpään että Liedon tapausten johdosta ympäristöministeriölle ilmoituksen onnettomuusuhasta. Niissä tiedotettiin, että periaatteeltaan samanlaisia halleja on Suomessa lukuisia ja että niiden turvallisuudesta ei ole varmuutta. Ympäristöministeriö on tiedottanut asiasta ELY-keskusten kautta kunnallisiin rakennusvalvontoihin. Tietoa on jakanut myös Kuntaliitto muun muassa kunnat.net-sivustolla. Koostetta ilmoituksen aiheuttamista konkreettisista toimenpiteistä ei ole saatavilla.

Järvenpään ja Liedon hallit tuhoutuivat korjauskelvottomiksi. Muut tutkinnassa käsitellyt kohteet korjattiin tiettävästi turvalliseen kuntoon.



## 6 SUOSITUKSET

### 6.1 Olemassa olevien rakennusten turvallisuudesta huolehtiminen

Vanhimmat rakennukset, joissa vaurioita tapahtui, olivat 1970-luvulta ja uusin vuodelta 2008. Käytännöt niiden suunnittelussa, rakentamisessa ja viranomaisvalvonnassa ovat vaihdelleet. Tapahtumat osoittavat, että eri aikakauden rakennuksissa on erityyppisiä ongelmia, jotka voivat aiheuttaa vaaraa turvallisuudelle. Näiden ongelmien tunnistamiseksi ei ole muuta vaihtoehtoa kuin rakennusten tarkastaminen. Koska rakennuksissa tapahtuu muutoksia eri syistä, tarkastamisen olisi hyvä olla systemaattista ja säännöllistä.

Tutkintalautakunta toistaa tutkintaselostuksessa *S1/2006Y Kevättalven 2006 rakennusonnettomuudet* annetun suosituksen rakennusten katsastuksesta:

*Ympäristöministeriön tulisi kehittää yhdessä rakennusalan toimijoiden kanssa rakennuksille katsastusmenettely, jossa oleellisena sisältönä olisi rakenteiden turvallisuus. [S1/06Y/S1]*

Katsastus-termillä tarkoitetaan suosituksessa suunnitelmallista ja systemaattista tarkastusmenettelyä, jonka sisältö ja toteuttaja tulee määritellä kohdekohtaisesti. Menettelyn toistuvuus määritellään tarkoituksenmukaisella tavalla. Toistuvuuden tarpeeseen voi vaikuttaa esimerkiksi rakentamishjeistuksen muutokset tai rakennuksessa tehtävät muutokset. Katsastus on työkalu, jonka avulla kiinteistön omistaja voisi dokumentoidulla tavalla huolehtia rakennustensa turvallisuudesta. Myös vakuutusala voisi olla mukana menettelyjen kehittämisessä ja käyttöönotossa. Ensisijaisesti katsastuksen tarve kohdistuu sellaisiin rakennuksiin, joiden mahdolliseen vaurioilanteeseen liittyy vakavan onnettomuuden vaara.

Tarkempia tietoja suosituksen taustoista on tutkintaselostuksessa *S1/2006Y Kevättalven 2006 rakennusonnettomuudet*.

### 6.2 Rakenteissa havaitun turvallisuuspuutteen korjaaminen ja palaute

Onnettomuustutkintaa koskevan lainsäädännön mukaan tutkintalautakunnan on ilmoitettava asianomaiselle viranomaiselle tai laitokselle, jos se havaitsee vian tai puutteen, joka on uuden onnettomuuden tai vaaratilanteen estämiseksi kiireellisesti korjattava. Tämä ilmoitus annettiin sekä Järvenpään että Liedon hallien osalta, koska periaatteeltaan vastaavanlaisia halleja on Suomessa paljon. Tietoa siitä, mihin konkreettisiin toimenpiteisiin ryhdyttiin, ei ole saatavissa.

Rakennusosalalla tulee esiin aika-ajoin turvallisuuteen vaikuttavia ongelmia, joista voidaan mainita naulakiinnitteiset sisäkatot, uimahallien alakattorakenteet, naulalevyristikoiden tuennan puutteet sekä HI-betonipalkkien vaurioituminen. Vastaavankaltaisia ongelmia

voi tulla esiin onnettomuustutkinnan lisäksi myös alan oman laatu- ja turvallisuustyön kautta. Tällaisen tiedon levittämiseksi tutkintalautakunta suosittaa:

*Ympäristöministeriön tulisi kehittää yhdessä rakennusalan toimijoiden kanssa menettely, jossa tieto mahdollisista turvallisuuspuutteista saadaan leviämään kattavasti ja niin, että tieto toteutetuista toimenpiteistä saadaan kerättyä. [B1/10Y/S1]*

Esimerkiksi kevättalvella 2010 on näyttöä siitä, miten kattovaurion jälkeen tehtyjen havaintojen jälkeen on voitu vaikuttaa turvallisuuteen. Kuopion keilahallin vaurion jälkeen tehtiin tutkintalautakunnan aloitteesta tarkastus vastaavanlaisessa keilahallissa Porissa. Liimapuupalkista löytyi alkava vaurio. Teräshallien osalta on myös muutamia esimerkkejä, joissa halleista on löydetty vakavia puutteita.

### 6.3 Erityismenettelyn kehittäminen

Järvenpään ja Liedon teräshallien romahdukset osoittivat, että rakennesuunnitelmiin voi jäädä sellaisia oleellisia virheitä, joita ei koko suunnittelu- ja rakennustyön aikana huomata. Jos samankaltaisia halleja rakennetaan useita, turvallisuusuhka on laaja ja virheidensä korjaaminen kallista ja hankalaa.

Rakentamismääräyskokoelman osan A1 kohdan 3.2 mukaan on noudatettava erityismenettelyä, jos rakennuksen suunnittelussa, rakentamisessa tai käytössä tapahtuvasta virheestä voi seurata suuronnettomuuden vaara. Ympäristöministeriön tutkintaselostusluonnoksesta antaman lausunnon mukaan erityismenettelyssä edellytetään, että rakennesuunnitelmiin perehtyy ulkopuolinen asiantuntija. Käytännössä erityismenettelyä ja siihen kuuluvaa ulkopuolista tarkastusta ei aina vaadita, vaikka se olisi tarpeen turvallisuuden varmistamiseksi.

*Ympäristöministeriön tulisi ryhtyä toimenpiteisiin luodakseen käytäntö siihen, että suurille henkilömäärille tarkoitettujen rakennusten rakennesuunnitelmille teetetäisiin aina ulkopuolinen tarkastus. [B1/10Y/S2]*

Ulkopuolista tarkastusta olisi syytä vaatia erityisesti kohteissa, joissa suunnittelija on rakennuksen toimittaja tai tätä lähellä oleva taho.

Suunnitelmien ulkopuolisen tarkastamisen ohella tarvitaan nykyistä laajempaa työn toteutuksen asiantuntijatarkastusta.

### 6.4 Rakennusonnettomuuksien tietokanta

Tiedotusvälineiden ja pelastustoimen tietokannan kautta syntyi käsitys suuresta rakennusonnettomuuksien määrästä kevättalvella 2010. Tietoja näistä tai aikaisempien vuosien tapahtumista ei kuitenkaan kerry tietokantaan, jota voitaisiin hyödyntää rakennusalan turvallisuustyössä. Yhteenvedoja tapauksista ei ole saatavissa. Tutkintalautakunta toistaa Jyväskylän messuhallin ja Mustasaaren monitoimihallin romahduksen 2003 tutkinnassa (B1-B2/2003Y) annetun suosituksen:



*Rakennuslalle tulisi ympäristöministeriön johdolla kehittää tietokanta, johon kerätään tietoa mahdollisimman monista rakennusonnettomuuksista ja vaaratilanteista. Kaikilla tulisi olla pääsy kyseiseen tietokantaan ja tiedoista tulisi laatia yhteenvetoja sopivin väliajoin. [B1-B2/03Y/S5]*

Vähäisistäkin poikkeamista oppiminen on keskeinen turvallisuustyön osa-alue esimerkiksi teollisuudessa, ilmailussa ja ydinvoima-alalla. Tietokanta antaisi mahdollisuuden myös selvästi aikaisempaa parempaan tiedottamiseen ja kehityksen seuraamiseen.

Vuonna 2004 annetun suosituksen jälkeen rakennuslalle on kehitetty Fise Oy:n ylläpitämä rakennusvirhepankki, joka ei täysin vastaa suosituksen tarkoitusta. Suosituksessa tarkoitettu tilastointitarve voitaisiin mahdollisesti ratkaista kehittämällä rakennusvirhepankkia tai pelastustoimen Pronto-tietokantaa. Onnettomuustutkimuskeskuksen tutkimista tapauksista ei synny riittäviä perustilastoja, jotka riittäisivät rakennusalan turvallisuustyön suuntaamiseen.

## 6.5 Kinostusalueiden määrittäminen

Kahdessa tutkitussa tapauksessa lunta oli pitkän pakkasjakson vuoksi kinostunut tiettyihin katon kohtiin enemmän kuin ohjeet velvoittavat yksiselitteisesti ottamaan suunnittelussa huomioon. Yhdessä tapauksessa rakennus oli niin vanha, ettei kinostumista edellytetty ottamaan huomioon lainkaan. Kahdessa tapauksessa käytössä olivat nykyisinkin sovellettavat ohjeet.

*Ympäristöministeriön tulisi huolehtia siitä, että lumen kinostumista erilaisissa sää- ja maasto-olosuhteissa selvitettäisiin lisää ja sen perusteella tehtäisiin suunnitteluohjeisiin tarvittavat päivitykset. [B1/10Y/S3]*

Suurelle kinostumiselle herkkiä näyttävät tutkinnan perusteella olevan mäen alla tai metsän ympäröimänä olevat rakennukset sekä muiden rakennusten ja maastoesteiden yläpuolella olevat korkeat katot, joilla on kinostumista mahdollistavia korkeuseroja. Eri-tyistapauksen muodostavat myös kattojen korotettujen räystäiden kinostuskuormat, joita nykyiset ohjeet eivät erikseen tunne.

## 6.6 Muita huomioita ja ehdotuksia

Yksittäisten tapausten tutkinnassa nousi esiin seuraavia huomioita ja ehdotuksia:

- Liimapuurakenteiden tarkastusohjeisiin tulisi lisätä ohjeet palkkien alapintojen tarkastamiseksi.
- Rakennusvalvontaviranomaisten tulisi huolehtia siitä, että erityisesti ei-ammattimainen rakennuttaja ymmärtää merkittävästi yleiseen turvallisuuteen vaikuttavat velvollisuutensa ja vastuunsa sekä sen, että rakennusvalvonta ei tarkasta rakennesuunnitelmia eikä takaa niiden asianmukaisuutta. Tällöin pitää myös varmistaa, että hankekokonaisuudella on rakennushankkeeseen ryhtyvän apuna ammattitaitoinen kokonaisuudesta vastaava taho sekä pätevät suunnittelijat ja rakennustyön suorittajat.



- Tiedon naulalevyristikoiden tuennan tarpeesta tulisi kulkea suunnittelijoilta työmaalle. Lisäksi tulisi varmistaa, että tuennat on varmasti tehty. Ristikkoasennusta ei saisi osittaa vaan asennuksen suorittajan tulisi tehdä myös lopullinen tuenta. Vanhojen rakennusten ristikoiden tuenta olisi myös syytä tarkastaa.
- Kansainvälissä tuoteosatoimituksissa tulisi kiinnittää huomiota siihen, että tuotteet olisivat mitoituskäytännöiltään soveltuvia myös niihin maihin joihin niitä vietään. Erityistä huomiota tulisi kiinnittää CE-merkittyihin tuotteisiin. Merkintä ei välttämättä takaa tuotteen kelpoisuutta aiottuun käyttötarkoitukseen.
- Ei kantavien seinien ja muiden rakenteiden suunnittelussa ja toteutuksessa tulisi huomioida riittävä liikevara kantavien rakenteiden normaalia taipumaa varten.
- Erityisesti vanhojen rakennusten omistajilla tulisi olla tieto siitä, kuinka suurille lumikuormille kattorakenteet on mitoitettu. Tieto antaa mahdollisuuden arvioida lumenpoiston tarvetta.
- Puurakenteiden liitosten suunnittelussa tulisi ottaa huomioon puun kutistuminen kuivumisen seurauksena. Jos esimerkiksi palkki nousee kuivuessaan irti tuelta, rakoon tulisi asentaa vaneri tai muu vastaava levy.
- Myös polttopuukatosten kaltaiset rakenteet tulisi olla suunniteltu ja toteutettu siten, ettei niistä aiheudu vaaraa. Vakavan vahingon vaara voi olla myös rakenteissa, jotka eivät ole rakennusluvan alaisia.

Helsingissä 20.1.2011

Kai Valonen

Tapio Leino

Kari Ylönen

Markku Kortesmaa

Seppo Suuriniemi





## LÄHDELUETTELO

1. Tutkintapäätös ja tutkintalautakunnan täydentäminen
2. Järvenpään urheiluhalli
  - Sopimusasiakirjoja
  - Rakennesuunnitelmat ja -piirustukset
  - Teräsrakennetoimitusta koskevat asiakirjat
  - Teräsrakenteiden hitsausliitosten tutkimusraportti VTT
  - Tutkintalautakunnan tekemä teräskehän rakenneanalyysin tuloksia
  - Rakennusvalvonnan asiakirjoja
  - Teräsrakennesuunnittelijan pätevyystodistus ja teräsrakennetoimittajan laatutodistus
  - Pelastuslaitoksen kohdekortti
  - Poliisin tutkintailmoitus ja valokuvia
  - Kuulemispöytäkirjoja
  - Sää- ja lumitiedot
  - Tutkintalautakunnan muistio lumen määrästä
  - Hallin omistajien teettämä vauriota koskeva rakennetekninen selvitys
  - Hallin aikaisempaa (2004) kosteusongelmaa koskeva tutkimusselostus
3. Kuopion keilahalli
  - Rakennesuunnitelmia ja -piirustuksia
  - Vastaavanlaista Porin keilahallia koskeva poliisin teknisen tutkinnan pöytäkirja, rakennepiirustuksia ja iv-konehuoneen lisäämiseen liittyvä mittauspöytäkirja.
4. Ratsastusmaneesi Liedossa
  - Maneesin omistajan teettämä vaurioselvitys
  - Rakennesuunnitelmia ja -piirustuksia
5. Tuotantotila Teuvalla
  - Pääpiirustus sekä kattoristikon, rungon ja yläpohjan rakennepiirustuksia
  - Tutkintalautakunnan teettämien naulalevyliitosten vetokokeiden tutkimusraportti
6. Jäähalli Espoossa
  - Asemapiirustus, pohjapiirros, katon leikkauskuvia, rakennurungon aksonometria, ristikon laskentamalli ja kuormitukset, yläpohjan rakennetyyppi, kattopeltien mitoitus, vesikaton peltikaavio, vaurioraportti, valokuvia ja ilmakuva.
7. Salibandyhalli Helsingissä
  - Halliyhtiön teettämä vaurioselvityksiä
  - Koekuormituksen tutkimusraportti
  - Rakennekuvia
  - Tietoja pettäneestä poimulevystä
  - Poimulevyn mitoituslaskelmia
  - Läheisen louhintatyömaan tärinävalvontaraportti
  - Suomen Ympäristökeskuksen tiedot katon lumikuormasta

8. Suurmyymälä Helsingissä

- Suunnittelutoimiston tekemä selvitys
- Rakennepiirustuksia

9. Kauppakeskus Vantaalla

- Kiinteistön omistajan teettämät vaurioselvitykset

10. Kauppa Raaseporissa

- Kiinteistön omistajan teettämä vaurioselvitys

11. Päiväkoti Espoossa

- Kiinteistön omistajan tilaama rakennekatselmus
- Pääpiirustuksia

12. Puukatos Vihdissä

- Tapaturmavakuutuslaitosten liiton tutkintaselostuksen luonnos

13. Valokuvia CD-levylle tallennettuna.

14. Ilmoitukset onnettomuusuhasta 31.3.2010 ja 15.6.2010

15. Väliraportista (Järvenpää) saadut kommentit

16. Tutkintaselostusluonnoksesta saadut lausunnot ja kommentit.

## Liite 1. Järvenpään urheiluhalliin vaikuttavat kuormitukset

Rakenneanalyysissä on käsitelty seuraavia ominaiskuormitustapauksia:

- a) rakennuksen omapaino
- b) lumikuorma koko katolla (kuva 1a)
- c) lumikuormatapaus 2 (kuva 1b), missä puolet lumesta liikkuvaa
- d) rakennusta kaatava tuulikuorma vasemmalta (kuva 2) sekä sen vaihtoehtona
- e) rakennuksen pintojen normaalien suuntiin vaikuttava tuulikuormitus (kuva 3).

Kuormituksista puuttuu toisensuuntainen tuulikuormitus, eikä tuulikuormissa ole arvioitu rakennuksen tonttia ympäröiviä rakennuksia tai metsää. Kuormitukset on mitoituksessa yhdistelty käyttäen asianmukaisia Suomen RakMK:n osan B7 sääntöjä ja osavarmuuskertoimia. Kaikki edellä mainituissa kuormitustapauksissa käytetyt kuormat on laskettu kertyvän yhden kehävälän (4 m) levyiseltä alueelta. Kuormitusten käsittelyssä on ollut puutteita, joita käsitellään ohessa.

**Rakenteen omana painona** oli laskelmissa käytetty arvoa  $0,3 \text{ kN/m}^2$ . Katon paino oli toimituksen jälkeen kasvanut hieman alkuperäisestä katon eräiden rakennusfysikaalisten ongelmien korjauksen myötä (välikattoon oli lisätty eristyskalvoja ja jonkin verran eristettä), mutta käytetty arvo vastaa melko hyvin kattopintojen kokonaispainoa vaurion sattumisen aikaan. Paino sisältää eristeet ja suojakalvot, ohutlevyt (ulkopinta RAN 35R ja sisäpinta RAN 35B), kiinnikkeet ja ruuvit, pituussuuntaiset hattuorret noin 1,5 m välein sekä alakatossa sijaitsevat puiset T-orret noin 2,45 m välein (kuva 1).

Katon sisäpinta kannatetaan T-orsien avulla, ja katon ulkopintana oleva ohutlevy kannatetaan teräshattuorsien avulla. Molemmissa pinnoissa orret kiinnitetään pääkannattajaan parreputkien sivuihin hitsattujen reikälevyjen avulla. Alkuperäisissä lujuuslaskelmissa kaikki katon omapaino on syötetty pistekuormina yläpaarteen solmuihin.

Katon omassa painossa ei rakenneanalyysissä ole otettu huomioon teräsputkipalkeista tehdyn pääkannattajan omaa painoa eikä kattotasossa sijaitsevan jäykistysristikon painoa. Jäykistysristikko vaikuttaa niiden pääkannattajakehien (numerot 2 ja 13) kohdalla, josta löytyy määräävät kuormitukset. Rakenneanalyysi on tehty vain yhdelle kehälle, jonka pitäisi tällöin kuormitusmääräysten ja ohjeiden mukaan olla se kehä, mistä löytyy määräävät kuormitukset.

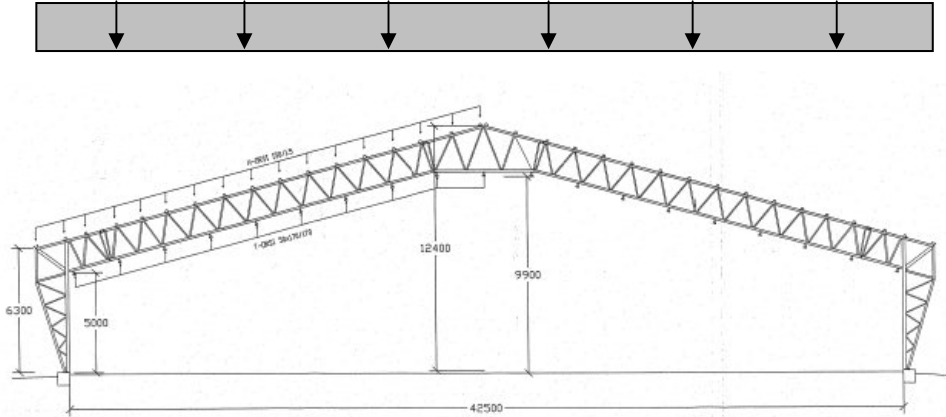
**Lumikuorman** ominaisarvona (Järvenpää) on käytetty arvoa  $2,0 \text{ kN/m}^2$ . Ominaisarvoa vastaavat rasitukset (kuva 1) tulee ohjeen RIL 144-1997 mukaan laskea alla esitetyillä kahdella tavalla:

Kuvassa 1 esitetyt kuormitusjakautumat perustuvat lumen liikkuvuuteen ja ovat seuraavat:

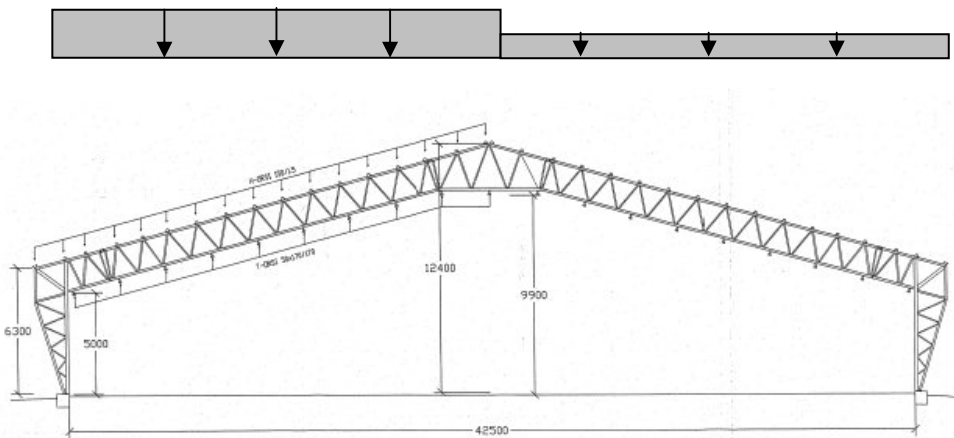
- a) oletetaan täyden pystysuoran lumikuorman jakautuvan katolla tasaisesti koko kattopinnalle (kuva 1a), tai
- b) oletetaan lumen jakautuvan toispuolisena lumikuormana siten, että toisella lappeella on täysi lumikuorma ja toisella vain puolet siitä (kuva 1b). Suomessa oletetaan lumikuormasta liikkuvaksi 50 %.

## Liite 1

a)



b)



**Kuva 1.** a) tasaisesti jakautunut lumikuorma, b) toispuoleisesti jakautunut lumikuorma.

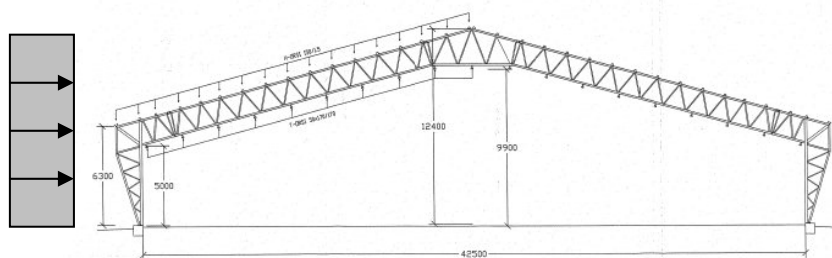
Kuvassa 1 esitettyjen perustapausten jakautumien ongelma on, etteivät ne ota huomioon katon kaltevuutta tai lumen paikallista kinostumista katon harjan läheisyyteen. Ohjeiden mukaan lumen kinostuminen tulee ottaa muotokertoimessa huomioon, mikäli katolla on erillisiä tuulen virtausta haittaavia esteitä. Rakennuksen harjaa ei Suomessa ole laskettu tällaiseksi esteeksi (muutoin kuin kaarikatoilla). Kinostuminen tulee erityisesti ottaa huomioon mm. kattopinnan mitoituksessa.

Lumen keskimääräinen paksuus sortuneen rakennuksen katolla oli enintään noin 45–50 cm, joka lumesta mitatun tiheyden ( $310 \text{ kg/m}^3$ ) perusteella vastaa tasaista kuormitusta  $140\text{--}155 \text{ kg/m}^2$ . Samaan aikaan muualla Uudellamaalla suoritetujen mittausten mukaan lumen tilavuuspaino katolla saattoi paikoitellen olla suurempikin, kun taas maan tasolla tehdyt mittaukset antoivat tyypillisesti pienempiä arvoja, koska lumen katolle kinostuminen aiheutti sen kokoonpuristumista.

Rakennuksen kattorakenteiden kestävyys on mitoitettu ominaislumikuorman arvolla  $200 \text{ kg/m}^2$  (ilman osavarmuuslukuja), eli katolla olisi saanut olla lumikuormaa  $1,6 \times 200 = 320 \text{ kg/m}^2$ . Täten, lumikuorma yksinään ei voi selittää kyseisen rakenteen sortumaa.

**Tuulikuormitus** (kaatava tuulikuorma, kuva 2) lasketaan kertomalla tuulenpaine rakennuksen sivupinta-alalla ja muotokertoimella. Tuulikuormitus on suunnitelmissa arvioitu rakenneanalyysiä varten Suomen RakMK:n ohjeiden mukaisesti, mutta käyttäen muotokerrointa 1,2, joka perustuu sellaisen tavanomaisen hallin mitoittamiseen, jonka seinäpinnat ovat sileitä.

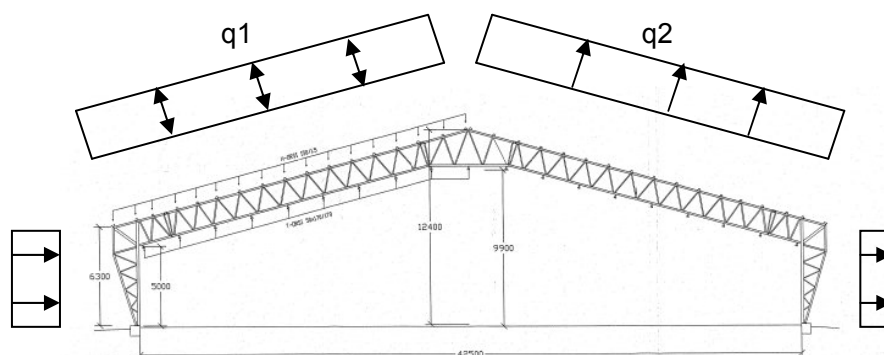
Järvenpään urheiluhallin seinissä ja päädyissä on ulkonevat pilarit (kuva 2) ja räystäät, jotka aiheuttavat esteen tuulen siirtymiselle rakennuksen sivuitse tai ylitse. Ohjeen RIL 144-1997 mukaan (rakenne poikkeaa taulukkoarvojen perusteena olevista rakenneratkaisuista), jos ei suoriteta tarkempia määrittämiä, kaatavan tuulikuorman muotokertoimen arvona harjakattoisille rakennuksille tulee soveltaa arvoa 1,3.



**Kuva 2.** Kaatava tuulikuormitus. Käytetään rakennuksen rungon ja stabiiliteetin mitoituksessa.

Tuulen paineena maastoluokassa III (esikaupunkialue) tulee korkeudelle 8 m asti käyttää arvoa  $0,456 \text{ kN/m}^2$ , ja korkeudella 12,5 m tulee käyttää arvoa  $0,526 \text{ kN/m}^2$ , joiden keskiarvoa  $0,49 \text{ kN/m}^2$  voi käyttää seinälle tulevana peruskuormana, ja se kerrottuna muotokertoimella 1,3 antaa tuulikuormaksi  $0,637 \text{ kN/m}^2$ . Laskelmissa käytetty kuormitus on  $0,6 \text{ kN/m}^2$ .

**Toinen tuulikuormitustapaus - rasitukset osapintoihin.** Kattopintoihin vaikuttava tuulikuormitus (kuva 3) on otettu huomioon käyttämällä tuulen puoleisella katon lappeella painekerrointa  $+0,7$  ja suojan puoleisella katon lappeella painekerrointa  $-0,7$ . Laskelmissa ei pilareille ole määritetty samanaikaista tuulikuormaa. Laskelmissa käytetyt edellä mainitut painekertoimet eivät vastaa rakenneratkaisua.



**Kuva 3.** Tuulikuormitus pintoihin. Pintojen mitoituksessa paineet käsitellään erillisinä.

Ohjeen RIL 144-1997 kohdan 4.212b mukaan erillisiä pintoihin vaikuttavia painekertoimia voi käyttää rakennuksen rungon mitoittamiseen. Ohjeen taulukosta 4.231b saadaan, kun (Järvenpäässä  $h/L = \text{noin } 12,5/42,5 = 0,29$  ja kattokaltevuus, kulma  $\alpha = 15^\circ$ ) harjakaton ulkopuolisiksi paineker-

## Liite 1

toimiksi tuulen puolella 0,0 tai -0,5 ja suojan puolella -0,5. Kattoon vaikuttava kokonaiskuormitus voidaan täten laskea paineiden  $q_1$  ja  $q_2$  erosta kertomalla sitä katon projektiopinta-alalla ja tuulen nopeuspaineella harjan kohdalla.

Rungon mitoituksessa kaikki osapintojen paineet vaikuttavat samanaikaisesti (vastaten esimerkiksi tuulitunnelikokeista saatavia osapintoihin kohdistuvia tuulen paineita). Täten edellä mainittujen katon osapintoihin vaikuttavien paineiden lisäksi pitäisi rungon mitoituksessa ottaa huomioon tuulen ja suojan puoleisiin seiniin vaikuttavat osapaineet (kuva 2), joiden painekertoimet löytyvät ohjeen RIL 144-1997 taulukosta 4.231a (tässä  $L/B = 42,5/52,5 = 0,81$  ja korkeus  $h = 12,5\text{m}$  => tuulenpuoleisen seinän painekerroin on +0,7 ja suojan puoleisen seinän -0,5). Kertoimilla kerrotaan tuulen nopeuspainetta rakennuksen harjan kohdalla (eli tuulen painetta, joka on  $0,526\text{ kN/m}^2$ ).

**Osapintojen mitoittamiseen** paikalliselle staattiselle tuulen paineelle tarvitaan painekertoimia  $C_p$ , jotka on esitetty ohjeen RIL 144-1997 kohdassa 4.232. Kuormituksia sovelletaan kyseisten katto- tai seinäpintojen paneelien, ohutlevyjen, orsien ja muiden rakenneosien, ja myös esimerkiksi räystäiden mitoittamiseen. Paine kertoimen yhteydessä käytettävä tuulen paineen arvo valitaan rakennuksen harjakorkeuden  $h$  mukaan.

Tällaista pintoihin kohdistuvaa tuulikuormitusta ei ole laskelmissa käsitelty. Tuulikuormitustapauksissa ei myöskään ole otettu huomioon eniten rasitettujen kehien kohdalla vaikuttavia päätykenttien nosteita (RIL 144-1997, kuva 4.232b).

**Huom!** Kuvissa 2 ja 3 esitetyt tuulen painekuviot koskevat rakennuksen seiniä ja kattopintoja yleisesti. Kuormitus ei välttämättä jakaudu pääkannattajakehille tasan. Jakautuma riippuu hallin pituussuuntaisista rakenteista. Kuormien jakautuminen kehille tulee aina selvittää erikseen.

**Sortuman aikaisista** tuulikuormista tai tuulen suunnasta ei ole luotettavia havaintoja. Sortumapäivänä satoi lunta, ja lumisateen aikana yleensä tuulee, mutta mitään merkittäviä tuulennopeuksia ei ole raportoitu.

**Liite 2. Järvenpään urheiluhallissa havaitut muut suunnitteluvirheet ja puutteet**

Rakennesuunnitelmia tarkastettaessa, ja edellä olevia vertailulaskelmia valmisteltaessa ja tehtäessä havaittiin seuraavassa listassa luetellut suunnittelua koskevat virheet ja puutteet. Kyseisillä seikoilla ei näyttäisi olleen suoranaista vaikutusta itse sortumistapahtumaan. Ne luetellaan tässä tarkastuslistana muiden vastaavien rakennusten suunnitelmien ulkopuolista tarkastusta varten:

- a) Lumikuorman ominaisarvo on saatu viranomaiselta. Rakenneanalyysissä ei ole otettu huomioon kattotason hattuorsien jatkuvuutta, mikä käytännössä 2-aukkoisen orren tapauksessa merkitsee keskitukena toimivalle pääkannattajakehälle 1,25 –kertaista lumikuormaa verrattuna laadittuun laskelmaan. Pääosin 2-aukkoisia samalta kehältä alkavia orsia löytyi kuitenkin vain hallin päädyistä, jotka pysyivät pystyssä.
- b) Orsien jatkuvuudesta johtuen osa kattopintaan vaikuttavista tuulikuormista pitäisi rakenneanalyysissä kertoa luvulla 1,25 (seinillä kerroin voi olla 1,0), kun tuuli vaikuttaa suoraan kattopintaan,
- c) Kattopintaa kannattelevien hattuorsien 150/1,5 mitoituksessa ei ole käsitelty profiilin kestävyttä keskituella. Laaditut laskelmat koskevat 1-aukkoisen katto-orren kenttämomenteja, ja ne on lisäksi laadittu väärin. Orsien kestävyys ei ole riittävä,
- d) Vesikaton suunnittelussa ei ole otettu laskelmissa huomioon 1 kN pistemäistä hyötykuormaa (RIL 144-1997, kohta 5.12),
- e) Kattopintana toimivan ohutlevyn taivutusmomenttikestävyys on laskelmilla todettu olevan riittävä, mutta ohutlevyn taipuma ylittää suunnitteluohjeissa annetun arvon.
- f) Pintapaineisiin perustuvaa tuulikuormitusta on sovellettu rakennuksen rungon suunnittelussa ilman seinäpintoihin vaikuttavia osapaineita.
- g) Rakennuksen kattotasossa toimivia jäykistysristikoita ei ole mitoitettu päädyn imukuormituksille, ja tarkastuslaskelmien perusteella on voitu todeta, etteivät reunimmaisat ristikkosauvat pysty kyseistä rasiitusta kantamaan,
- h) Käytännössä se tarkoittaa, että vastaava kuormitus siirtyy kattotason kautta rakennuksen toiseen pädyyn, missä se aiheuttaa vetovoimia. Kyseistä kuormitusta ei ole kuitenkaan otettu huomioon katon tai sen hattuorsien mitoituksessa,
- i) Alakaton tasossa toimivien jäykistysristikoiden parrevoimia ei ole otettu huomioon pääkannattajakehien mitoituksessa, eikä jäykistysristikon liitosten epäkeskeisyyksiä ole otettu huomioon rakenteiden mitoituksessa,
- j) Rakenneanalyysissä ei ole otettu huomioon kehien kahden pilarijalan välistä lyhyttä liitososaa pilarien liittyessä perustuksiin (jalkojen välillä iso leikkausvoima),
- k) Pääkannattajakehien alapaarteiden välisten puisten T-profiilien tai niiden liitosten mitoituksessa ei ole otettu huomioon kehien alapaarteiden nurjahdustukivoimia (puristusvoimia),
- l) Päätyjen vierendeel-tuulipilarien ulommalla pystysauvalla ei ole tuentoja sivusuunnassa tapahtuvan nurjahduksen suhteen (hoikkuus ylittää normikaavojen pätevyysalueen),
- m) Diagonaalien ja paarteiden välisistä hitsausliitoksista ei löydy laskelmia,

## Liite 2

- n) Kattopellin tai alakaton taivutuskestävyydestä ei löydy selvityksiä,
- o) Alakaton puisia orsia tai orsien liitoksia ei ole tarkistettu/mitoitettu rakennuksen kehien stabiiliteetin (kiepahdussiteinä) suhteen,
- p) Päätypilarien liitoksista rakennuksen muihin kantaviin osiin ei ole esitetty mitoituksia/suunnitelmia,
- q) Perustuksista, tai pilarien pohjalevyistä päädyissä tai pitkillä sivuilla ei ole esitetty laskelmia, ja rakennemallissa kuvattu rakenneliitos perustuksiin poikkeaa todellisesta tilanteesta,
- r) Rakennuksen pohjan alla kulkevasta vetotangosta ei ole mitoituslaskelmia tai muitakaan selvityksiä.



## Liite 3. Tutkintaselostusluonnoksesta saadut lausunnot

### 1. Ympäristöministeriön lausunto

Tutkimusselostuksen luonnoksessa käsitellään kaikkiaan 11 kattorakenteisiin liittyvää sortuma- tai vauriotapausta. Tapaukset on käsitelty perusteellisesti ja tarkasti, niin että rakenteille syntyneistä vaurioista ja niiden syistä saa selkeän kuvan. Ympäristöministeriöllä ei ole huomautettavaa tapausselostuksiin.

Tutkimusselostuksen luonnoksessa on esitetty viisi rakennusalaa ja/tai ympäristöministeriötä koskevaa suositusta. Näihin kuuluvat seuraavat kaksi suositusta:

*"Ympäristöministeriön tulisi ryhtyä toimenpiteisiin luodakseen käytäntö siihen, että suurille henkilömäärille tarkoitettujen rakennusten rakennesuunnitelmille teetettäisiin aina ulkopuolinen tarkastus. Toistuvassa rakenteessa kyseeseen voisi tulla tyyppihyväksynnän kaltainen kertaluonteinen tarkastus. [B1/10Y/S2] "*

*"Ympäristöministeriön tulisi kehittää yhdessä rakennusalan toimijoiden kanssa rakennuksille katsastusmenettely, jossa oleellisena sisältönä olisi rakenteiden turvallisuus. [S1/06Y/S1]".*

Yllä mainittujen suositusten osalta ympäristöministeriö toteaa seuraavaa:

Suurille yleisömäärille tarkoitettut rakennukset ovat automaattisesti erityismenettelyn piirissä Suomen rakentamismääräyskokoelman osan A1 kohdan 3.2 määräyksen ja saman kohdan ohjeen mukaan.

#### "3.2.1 Määräys

Rakennushankkeessa on noudatettava erityismenettelyä, jos rakennuksen suunnittelussa, rakentamisessa tai käytössä tapahtuvasta virheestä voi seurata suuronnettomuuden vaara."

#### "Ohje

Suuronnettomuudeksi katsotaan tilanteet, joissa mahdollisen onnettomuuden vaikutuksia henkilövahinkojen taikka ympäristöön tai omaisuuteen kohdistuvien vahinkojen määrän taikka onnettomuuden laadun perusteella on pidettävä erityisen vakavana. Arvioitaessa rakennushankkeen riskillisyyttä rakennuksen käyttäjille ja ympäristölle aiheutuvien seuraamusten perusteella lähtökohtina ovat henkilöturvallisuus sekä edellä mainitut muut perusteet. Rakennuksen käyttäjämäärän kasvaessa kasvavat yleensä myös riskit ja niiden hallinta vaikeutuu. Tämä merkitsee tehtävien vaativuustason nousua."

Erityismenettelyssä edellytetään, että rakennesuunnitelmiin perehtyy kohteen rakennesuunnittelijan lisäksi ulkopuolinen asiantuntija. Ympäristöministeriö tulee kuitenkin mm. koulutustilaisuuksissa kiinnittämään huomiota näiden kohtien soveltamiseen, ottaen huomioon ilmenneet tapahtumat ja vaaratilanteet.

Sen sijaan "tyyppihyväksynnän kaltainen kertaluonteinen tarkastus" ei ole välttämättä tehokas keino vähentää riskejä, koska vähäisetkin muutokset hankkeen koossa tai muodossa sekä eri suunnittelijoiden eritasoinen osaaminen saattavat johtaa tarpeeseen tarkastella ratkaisuja yksilöllisesti.

Ottaen huomioon laadittu katsastusmenettelyn esiselvitys "Rakenteellisen turvallisuuden parantaminen katsastusmenettelyn avulla" (RIL Sovittelu Oy, 19.03.2008, päivitetty 24.4.2008), voidaan suositusta S1/06Y/S1 pitää kannatettavana.

### Liite 3

*"Ympäristöministeriön tulisi kehittää yhdessä rakennusalan toimijoiden kanssa menettely, jossa tieto mahdollisista turvallisuuspuutteista saadaan leviämään kattavasti ja niin, että tieto toteutetuista toimenpiteistä saadaan kerättyä." [B1/10Y/S1]*

Ympäristöministeriöllä on toimivat yhteydet ELY-keskusten kautta koko maan rakennusvalvontaviranomaisiin. Rakennusvalvonnat alueellaan hoitavat tiedottamisen kiinteistöjen ja rakennusten omistajille erilaisin menettelyin. Yhtenäisen menettelyn kehittäminen ja tietojen kerääminen voivat sisältyä meneillään olevaan rakennusvalvonnan kehittämiseen ja sen yhteydessä mahdollisesti laadittavaan rakennusvalvonnan palvelutasosuositukseen.

*"Rakennusalalla tulisi ympäristöministeriön johdolla kehittää tietokanta, johon kerätään tietoa mahdollisimman monista rakennusonnettomuuksista ja vaaratilanteista. Kaikilla tulisi olla pääsy kyseiseen tietokantaan ja tiedoista tulisi laatia yhteenvetoja sopivin väliajoin." [B1-B2/03Y/S5]*

Tietokannan perustaminen olisi sinänsä kannatettava ajatus. Fise Oy:n ylläpitämä rakennusvirhepankki pyrkii osaltaan vastaamaan tähän tarpeeseen, mutta se ei ole laajuudeltaan sellainen mitä suosituksessa tarkoitetaan. Jotta tietokanta olisi hyödyllinen, siinä esitettyjen tapausten tulisi perustua vauriokohteessa suoritettuihin tutkimuksiin. Pelkästä tapauksen luettelosta ei ole kovin paljon apua, jos tapauksista halutaan oppia. Tutkimukset ovat niiden teettäjän omaisuutta eikä niitä voi julkaista ilman asianomaista lupaa. On osoittautunut, että rakennuksen omistaja ei useinkaan halua sitä julkisuutta, mikä vauriotapaukseen saattaa liittyä, vaan usein mieluummin pitää tapahtuneen mahdollisine raporteineen salassa. Tietokantaan saataisiin siten varmuudella vain niitä tapauksia, jotka ovat olleet julkisessa, kuten onnettomuustutkintakeskuksen tutkinnassa ja joista on saatavissa tutkimusselostus. Oma kysymyksensä on tietokannan ylläpitäjä. Sellaiseksi saataisiin toimenkuvansa puolesta sopia esimerkiksi onnettomuustutkintakeskus.

*"Ympäristöministeriön tulisi huolehtia siitä, että lumen kinostumista erilaisissa sää- ja maasto-olosuhteissa selvitetäisiin lisää ja sen perusteella tehtäisiin suunnitteluohjeisiin tarvittavat päivitykset." [B1/10Y/S3]*

Nykyiset suunnittelusäännöt lumen kinostumisen huomioon ottamiseksi ovat hyvin samanlaiset sekä Suomessa käytössä olevissa RIL:n rakenteiden kuormitusohjeissa että eurokoodien lumikuormaosassa. Tutkintaselostuksesta kuitenkin ilmenee, että kinostuminen voi tietyissä olosuhteissa olla voimakkaampaakin kuin suunnittelussa nykyisin oletetaan. Kinostumisen tarkempi selvittäminen olisi siten perusteltua. Tällainen laaja tutkimuksellinen selvitys edellyttäisi kuitenkin erillistä määrärahaa tähän tarkoitukseen.

Osastopäällikkö, ylijohtaja

Helena Säteri

Rakennusneuvos

Jaakko Huuhtanen

## 2. Sisäasiainministeriön pelastusosaston lausunto

Onnettomuustutkintakeskus on pyytänyt sisäasiainministeriön pelastusosastolta lausuntoa Järvenpään salibandyhallin kattoromahdusta ja kymmentä muuta kevättalven 2010 rakennevauriota koskevasta tutkintaselostusluonnoksesta.

Pelastusosasto toteaa lausuntonaan, että esitetyt suositukset ovat asianmukaisia. Suositukset on myös perusteltu riittävästi ja ne ovat johdonmukaisia esitettyihin johtopäätöksiin nähden.

Eriyisen tärkeänä pelastusosasto pitää suositusta rakennusonnettomuuksien tietokannan luomisesta. Seurauksiltaan vakavat rakennusten romahdukset ovat Suomessa olleet harvinaisia ja siksi on tärkeää, että tapahtuneet onnettomuudet tutkitaan ja tutkinnan perusteella saadut tiedot hyödynnetään kehitettäessä rakennusratkaisuja, rakentamisen ohjaus- ja valvontaprosesseja sekä pelastustoiminnan menetelmiä. Kuten tutkintaselostusluonnoksessa todetaan, ei pelastustoimen onnettomuustietokanta mahdollista kaiken olennaisen tiedon keräämistä tapahtuneista rakennusonnettomuuksista. Pelastustoimen onnettomuustietokantaa on mahdollista kehittää palvelemaan myös näitä tarpeita, mutta pelastusosasto pitää tarkoituksenmukaisempana, että tieto- ja analyysitarpeet määritetään ensisijassa rakennusalan näkökulmasta ja pyritään luomaan laajasti käytettävissä oleva avoin tietokanta kuten suosituksessa esitetään.

Pelastusylijohtaja Pentti Partanen

Yli-insinööri Kirsi Rajaniemi

## 3. Suomen ympäristökeskuksen lausunto

Olen perehtynyt yllämainittuun raporttiluonnokseen lumikuormien osalta ja esitän seuraavaa:

Järvenpäässä tapahtui 23.2.2010 onnettomuus, jossa urheiluhallin katosta kaksi kolmasosaa sortui äkillisesti. Raportin sivulla 14 todetaan, että Suomen ympäristökeskuksen mukaan lumikuorma katolla Tuusulanjärven alueella oli onnettomuuden aikaan 166 kg/m<sup>2</sup>. SYKEN havaintojen mukaan lumikuorma Tuusulanjärven alueella oli 16. helmikuuta 102 kg/m<sup>2</sup> ja 1. maaliskuuta 129 kg/m<sup>2</sup>. SYKEN vesistömallijärjestelmän mukaan lumikuorma Tuusulanjärven alueella oli 23. helmikuuta 123 kg/m<sup>2</sup>, edellisen vuorokauden aikana se oli kasvanut 14 kg/m<sup>2</sup>. Raportissa mainittu 166 kg/m<sup>2</sup> lienee peräisin SYKEN lumikuormavaroituksesta, jossa maaston ennustettu lumimäärä oli kerrottu lumen alueellista vaihtelua huomioon ottavalla kertoimella.

SYKEN havaitut lumen vesiarvot eli lumikuormat perustuvat maastossa tehtyihin linjamittauksiin, joiden pohjalta laaditaan lumen määrän hilakartta ja siitä interpoloidaan vesistökohtaiset arvot noin 110 alueelle. Linjamittaukset tehdään kaikilla linjoilla kunkin kuu-kauden 16. päivä, joillakin linjoilla myös 1. päivä. SYKEN vesistömallijärjestelmässä lumen vesiarvot lasketaan jokaiselle päivälle Ilmatieteen laitoksen sade- ja lämpötilahavaintojen mukaan. Myös alueellinen jako on tiheä; laskenta tehdään noin 6400 pienelle osa-alueelle, jotka kattavat koko maan vesistöt.

Kuopion keilahallin kattosortuma tapahtui 29.3.2010. SYKEN havaintojen mukaan lumikuorma oli Kallaveden vesistöalueella 16. maaliskuuta 130 kg/m<sup>2</sup> ja 1. huhtikuuta 152 kg/m<sup>2</sup>. Raportin sivulla 36 on kerrottu, että katon lumikuorma oli mittausten mukaan onnettomuushetkellä 1,4 kN/m<sup>2</sup>. Tämän on arvioitu olleen ehkä suurin lumikuorma hallin

### Liite 3

käyttöaikana eli vuodesta 1973. SYKEN havainnoissa on kuitenkin jaksolla 1974–2009 jopa 13 talvea, jolloin lunta on ollut Kallaveden alueella enemmän kuin talvella 2009–2010. Suurin lumikuorma,  $230 \text{ kg/m}^2$ , on talvelta 1980–1981.

Liedossa sijainnut ratsastusmaneesi sortui 5–6.3.2010 välisenä yönä. SYKEN havaintojen mukaan lumikuorma Aurajoen vesistöalueella oli tuolloin noin  $80 \text{ kg/m}^2$ .

Teuvalla sortui 11.3.2010 tuotantotilan kattoa noin  $800 \text{ m}^2$  laajuudelta. SYKEN vesistömallijärjestelmän mukaan lumikuorma Teuvanjoen vesistöalueella oli tuolloin noin  $100 \text{ kg/m}^2$ .

Espoon jäähallin katto vaurioitui paikallisesti 24.2.2010. Osalla kattoa lunta oli tuolloin mittausten mukaan jopa  $5 \text{ kN/m}^2$ . SYKEN vesistömallijärjestelmän mukaan lumikuorma Espoonjoen vesistöalueella oli tuolloin noin  $115 \text{ kg/m}^2$ . Halli sijaitsee mäenrinteen juurella metsän ympäröimänä. Tällaisella paikalla lumen kertymä katolle voi olla maastoon verrattuna moninkertainen.

Helsingissä sijaitsevan salibandyhallin katto vaurioitui paikallisesti 6.3.2010. SYKEN vesistömallijärjestelmän mukaan lumikuorma Vantaanjoen suuosalla oli tuolloin noin  $125 \text{ kg/m}^2$ . Myös tässä tapauksessa katolle oli kinostunut lunta huomattavasti maaston lumimääriä enemmän. Kuten raportissa todetaan, SYKEN tekemät lumimäärän mittaustulokset osoittivat, että kinostuminen ulottui paljon kauemmaksi räystäästä kuin rakentamisajan suunnitteluohjeet edellyttivät.

Kaupun liimapuupalkki vaurioitui Raaseporissa 8.3.2010. Lunta oli raportin mukaan katolla enimmillään jopa yli  $300 \text{ kg/m}^2$ . SYKEN vesistömallijärjestelmän mukaan lumikuorma Raaseporinjoen vesistöalueella oli tuolloin noin  $85 \text{ kg/m}^2$ .

Päiväkodin sisääntulokuistin katto vaurioitui Espoossa 3.3.2010. Raportin sivulla 57 olevasta kuvasta ilmenee, että rakennuksen ylemmältä katolta liukuva lumi voi jäädä kuitiosan katolle ja kasvattaa suuresti sen lumikuormaa. Ilmiö on tyypillinen tällaisissa rakenneyhdistelmissä, kuten vastaavat sivulla 58 luetteloidut tapauksetkin osoittavat.

Polttopuiden suojakatos romahti Vihdissä 8.2.2010 ja aiheutti työntekijän kuoleman. SYKEN vesistömallijärjestelmän mukaan lumikuorma Hiidenveden lähialueella oli tuolloin noin  $90 \text{ kg/m}^2$ .

Pelastuslaitoksen tehtävään johtaneet kattovauriot sijoituivat raportin sivulla 63 olevan kartan mukaan pääosin Salpausselän eteläpuolelle sekä Pohjanmaalle. Talvikauden 2009–2010 maksimilumikuorma oli näillä alueilla yleisesti jakson 1991–2009 maksimin tuntumassa, mutta ei juurikaan sen yläpuolella. Jaksoon 1961–1990 verrattuna ei talvea 2009–2010 kuitenkaan voida pitää erityisen runsaslumisena.

Yleisesti on todettava, että maastossa tehdyt mittaukset eivät riitä antamaan tarkkaa kuvaa katoille kertyvän lumen määrästä. Kiinteistökohtaisen seurannan merkitys korostuu etenkin silloin, kun lunta sataa tuulisella säällä. Tuolloin voi katolle kertyvän lumen määrä olla maastoon verrattuna moninkertainen.

Esko Kuusisto  
johtava hydrologi  
Vesikeskus  
Sisävesiyksikkö

#### 4. Suomen Kuntaliiton lausunto

Onnettomuustutkintakeskus on pyytänyt Suomen Kuntaliiton lausuntoa koskien kevät-talven 2010 rakenneaurioita. Lausunto koskee tutkintaselostuksen suosituksia.

Suositus S1/06Y/S1

”Ympäristöministeriön tulisi kehittää yhdessä rakennusalan toimijoiden kanssa rakennuksille katsastusmenettely, jossa oleellisena sisältönä olisi rakenteiden turvallisuus”.

Suositusta voisi täsmentää koskemaan suurille henkilömäärille tarkoitettuja rakennuksia ja myös maalarakentamisen suuria tuotantorakennuksia (vrt. suositus B1/10Y/S2).

Suositus B1/10Y/S1

”Ympäristöministeriön tulisi kehittää yhdessä rakennusalan toimijoiden kanssa menettely, jossa tieto mahdollisista turvallisuuspuutteista saadaan leviämään kattavasti niin, että tieto toteutetuista toimenpiteistä saadaan kerättyä”.

Suositus on kannatettava. Kuntaliitto on omalta osaltaan välittänyt tietoa kuntien rakennustarkastajille rakennusten rakenteellisesta turvallisuudesta (liitteenä tiedote 31.05 2010).

Rakennusala tarvitsisi tiedonvälitystä laajemminkin, jota annettu suositus edistäisi.

Suositus B1-B2/03Y/S5

”Rakennuslalle tulisi ympäristöministeriön johdolla kehittää tietokanta, johon kerätään tietoa mahdollisimman monista rakennusonnettomuuksista ja vaaratilanteista. Kaikilla tulisi olla pääsy kyseiseen tietokantaan ja tiedoista tulisi laatia yhteenvetoja sopivin väliajoin”.

Tutkintaselostuksessa on tukeuduttu pelastustoimen Pronto- tietojärjestelmän tietoihin. Järjestelmä onkin erinomainen työkalu arvioitaessa sellaisia onnettomuuksia, joihin pelastusyksikkö on saanut pelastustehtävään johtavan ilmoituksen.

Suositusta tulisi täsmentää siten, että ympäristöministeriö yhdessä sisäasiainministeriön kanssa kehittäisi Pronto- tietokantaa siten, että se paremmin soveltuisi myös rakenteellisten syiden aiheuttamien vaaratilanteiden systemaattiseen tarkasteluun. Järjestelmässä on jo nyt kaikille avoin prontonet.fi yleinen osio, johon pääsee netin kautta. Käyttöoikeuksia voisi tarvittaessa määritellä myös osin vain viranomaiskäyttöön. Ei ole tarpeen rakentaa uusia järjestelmiä vaan kehittää jo olemassa olevaa.

Suositus B1/10Y/S2

”Ympäristöministeriön tulisi ryhtyä toimenpiteisiin luodakseen käytäntö siihen, että suurille henkilömäärille tarkoitettujen rakennusten rakennesuunnitelmille teetetäisiin aina ulkopuolinen tarkastus. Toistuvassa rakenteessa kyseeseen voisi tulla tyyppihyväksynnän kaltainen kertaluonteinen tarkastus”.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan B2 Rakentamisen valvonta ja tekninen tarkastus kohta 3.2 Eriyismenettely mahdollistaa ulkopuolisen tarkastuksen hankkeissa, joissa on suuronnettomuuden vaara.

### Liite 3

Tutkintaselostuksen mukaan eräissä halleissa on sekä suunnittelu- että valmistusvirheitä. Ei siis riitä pelkkien suunnitelmien ulkopuolinen tarkastus vaan tarkastaminen ja laadunvalvonta tulee ulottaa myös rakennusosien valmistukseen. Rakentamisen standardeja, joiden tehtävänä on turvata valmistuksen laatu, ei noudateta esim. hitsaustöissä. Tästä näytönä on Oriveden huoltamon sortuma (elokuu 2003) ja nyt Järvenpään urheiluhallin sortuma. Virhevastuun kynnystä tulee madaltaa takuuajan jälkeiseltä ajalta siten, että rakennuttaja saa korvauksen aiheutuneista korjauskustannuksista.

#### 6.6 Muita huomioita ja ehdotuksia

”Rakennusvalvontaviranomaisten tulisi huolehtia siitä, että erityisesti ei-ammattimainen rakennuttaja ymmärtää merkittävästi yleiseen turvallisuuteen vaikuttavat velvollisuutensa ja vastuunsa sekä sen, että rakennusvalvonta ei tarkasta rakennesuunnitelmia eikä takaa niiden asianmukaisuutta. Tällöin pitää myös varmistaa, että hankekokonaisuudella on ammattitaitoinen koordinoija sekä pätevät suunnittelijat ja rakennustyön suorittajat”.

Pätevä koordinoija on MRL:n mukainen pääsuunnittelija ks. MRL 120 § 2.mom.

”Rakennuksen suunnittelussa tulee olla suunnittelun kokonaisuudesta ja sen laadusta vastaava pätevä henkilö, joka huolehtii siitä, että rakennussuunnitelma ja erityissuunnitelmat muodostavat kokonaisuuden, joka täyttää sille asetetut vaatimukset (pääsuunnittelija)”.

”Tiedon naulalevyristikoiden tuennan tarpeesta tulisi kulkea suunnittelijoilta työmaalle. Lisäksi tulisi varmistaa, että tuennat on varmasti tehty. Vanhojen rakennusten ristikoiden tuenta olisi myös syytä tarkastaa”.

Ongelmana on ollut ristikoiden sauvojen nurjahdustukien puute tai tuennan jääminen ns. asennusnaulauksen varaan. Ristikkoasennusta ei saisi osittaa vaan asennuksen suorittajan tulisi tehdä myös nurjahdustukien lopullinen tuenta.

Muilta osin Kuntaliitolla ei ole huomautettavaa.

#### SUOMEN KUNTALIITTO

Leena Karessuo  
johtaja

Hannu Huhtala  
rakennuttajainsinööri

yhdyskunta, tekniikka ja ympäristö

### 5. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry:n lausunto

Kiitämme lausuntopyynnöstä ja mahdollisuudesta vaikuttaa tutkintaselostuksen sisältöön. Pidämme selostusluonnosta jo sellaisenaan hyvin ansiokkaana. Saatamme kuitenkin tietoonne seuraavat jäsenorganisaatiomme palautteeseen perustuvat huomiot.

Keväällä 2010 Suomessa raportoitiin yli 130 rakenteellisen turvallisuuden vaara- tai onnettomuustilannetta. Kohteissa oli mukana laajasti mm. tuotanto- ja varastotiloja sekä urheiluhalleja ja kauppa/myymälärakennuksia, joissa oli käytetty kaikkia yleisimpiä materiaaleja. Tietojemme perusteella vaurioiden syntyyn ovat vaikuttaneet eri kohteissa eri syyt. Mukana on laajasti suunnittelu-, toteutus-, käyttö- ja materiaalivirheitä tai näiden yhdistelmiä.

**Keskeiset huomiot**

Olemassa olevien rakennusten turvallisuudesta huolehtimiseksi kaikille seuraamusluokkaan CC3 kuuluville rakennuksille ja rakenteille tulisi määrätä säännöllinen katsastusmenettely. Seuraamusluokan CC2 rakennuksille ja rakenteille vastaava katsastusmenettely voitaisiin määrätä rakennusvalvontaviranomaisen harkinnan mukaan.

Katsastusmenettelyn osaksi tai sille vaihtoehdoksi tulee kehittää yksinkertaisten koe-kuormitusten menetelmiä. Vain niiden avulla rakenteiden kantavuus voidaan todeta ehdottoman pitävästi. Kuormituksiin tulisi käyttää hieman lumikuormia suurempia kuormia.

Rakenteissa havaituista systemaattisista turvallisuuspuutteista tiedottamiseksi Suomeen on luotava valtakunnallinen onnettomuuksien ja vaaratilanteiden seuranta-, raportointi- ja informaatiojärjestelmä, jonka perusteella kunnat sekä rakennusten omistajat ja käyttäjät voisivat nopeasti ja luotettavasti arvioida, onko heidän alueellaan tai vastuullaan riskirakenteita.

Jotta valtakunnallisen tiedottamisen johtaisi asianmukaisiin toimenpiteisiin on harkittava, kuinka ympäristöministeriön toimenpideohje asiasta voisi olla määräyksen tasoinen. Tällöin rakennusvalvonnan tulisi huolehtia, että toimenpiteen piiriin kuuluvat rakennusten omistajat toimittavat rakennusvalvontaan tietystä ajassa tarvittavat asiakirjat tai lausunnot. Rakennukselle tehtävät jatkotoimenpiteet määrättäisiin kyseisen lausunnon pohjalta.

Uusien rakennusten osalta kolmannen osapuolen tarkastus on käsittääksemme paras ja lähes aukoton keino varmistua siitä, että tehdyt rakennukset/rakenteet täyttävät rakentamishetken normien vaatimukset. Tarkistamiseen kuluva aika ja kustannukset ovat murto-osia rakenteiden sortumien aiheuttamiin verrattuna.

Ulkopuolisen tarkastuksen teettäminen yksistään rakennesuunnitelmille ei kuitenkaan ole riittävä, sillä alkuperäisiä rakennesuunnitelmia voidaan muuttaa esivalmistuksessa ja työmaaolosuhteissa. Tarkastamisen laajuuteen pitäisi lisätä aina vaatimus, että ulkopuolinen tarkastaja tekee rakennus-/toteutusvaiheessa myös toteutuksen ulkopuolisen tarkastuksen niin työmaalla kuin esivalmistustehaitaissa eli siis mm. riittävän määrän runkokatselmuksia ja koostaa niistä lausunnon.

Lisäksi pidämme rakenteellisen turvallisuuden kannalta yleisesti tärkeänä, että eurokoodien käyttö rakenteiden suunnittelussa on osaavaa ja vastuullista. Erityisesti eräiden yleisesti hallirakennuksissa ja muissa suurten jänneväliden rakenteissa käytössä olevien materiaalien kohdalla aiempaa alemmat varmuustasot tulee ottaa huomioon muiden varmuuteen vaikuttavien tekijöiden ohella.

Yksityiskohtaisempia huomioita on kerätty lausunnon liitteeksi.

Toivomme, että lausunnostamme on hyötyä tutkintaselostuksen viimeistelyssä.

Kunnioitavasti,

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

Helena Soimakallio  
toimitusjohtaja

Teemu Vehmaskoski  
kehitysjohtaja

## Liite 3

### 6. Rakennusteollisuus RT ry:n lausunto

Pyydettyinä lausuntonaan Rakennusteollisuus RT ry esittää asiakohdassa mainitusta lausuntoasiasta seuraavaa:

Tutkimusselostuksessa (luonnos 7.12.2010) on käyty läpi yksitoista rakenneauriotapausta, lisäksi on arvioitu pelastustoimen Pronto-tietojärjestelmään taltioituja tapauksia. Rakenneauriotapaukset on tutkimusselostuksessa käsitelty jäsennellysti tapahtumat ja pelastustoiminta, rakennus ja rakenteen kuvaus sekä vastaavien onnettomuuksien esittäminen. Rakenneaurioiden analyysissä painottuvat toisaalta suunnittelun puutteet ja niiden seuraukset rakentamisvaiheessa sekä toisaalta käytön aikaisen turvallisuuden laiminlyönnit.

Koska rakennusten käytön aikainen turvallisuus nousee merkittävänä osana esiin kevättalven 2010 rakenneaurioissa, toteamme, että siihen liittyy olennaisesti Maankäyttö- ja rakennuslain 166 § Rakennuksen kunnossapito. Sen mukaan "Rakennus ympäristöineen on pidettävä sellaisessa kunnossa, että se jatkuvasti täyttää terveellisyyden, turvallisuuden ja käyttökelpoisuuden vaatimukset eikä aiheuta ympäristöhaittaa tai rumena ympäristöä." Pykälässä kerrotaan myös rakennusvalvonnan tehtävistä turvallisuutta vaarantavien rakennusten ja rakenteiden osalta. Käsittelemme mukaan kysymys kuuluukin, millä suosituksilla tai toimenpiteillä kyseiset velvoitteet saadaan nykyistä paremmin käytäntöön.

Suosituksien edelleen kehittämisen osalta esitämme:

#### 1. Olemassa olevien rakennusten turvallisuudesta huolehtiminen

Käsittelemme mukaan pelkästään katsastusmenettelyn kehittäminen ei tuota tulosta olemassa olevien rakennusten turvallisuuden ylläpitämisessä. Tarvitaan menettelytapa, millä se myös otetaan käyttöön. Ehdotamme, että kohtaan lisätään maininta vastuutahosta, joksi parhaiten sopisi Finanssialan Keskusliitto. Ko. liiton tulisi kehittää olemassa olevia kiinteistövakuutusehtoja siten, että myös ne tunnistavat kiinteistöjen katsastusmenettelyn esimerkiksi vakuutusmaksua alentavana bonusmenettelyinä. Näin menettely voisi siirtyä yksittäisten vakuutusyhtiöiden ehtoihin.

#### 2. Rakenteissa havaitun turvallisuuspuutteen korjaaminen ja palaute

Toteamme varsinaisen suosituksen olevan tarpeellinen.

Suosituksen perustelussa todetaan tutkijalautakunnan ilmoitusvelvollisuuteen liittyen, sen havaitsemien kiireellistä korjaustarvetta edellyttävien vikojen tai puutteiden osalta, kuitenkin, että "Tietoa siitä, mihin konkreettisiin toimenpiteisiin ryhdyttiin, ei ole saatavissa tietoja." Kun kyseinen kommentti kohdistuu tutkijalautakuntaan itseensä, tulisi myös lautakunnan kehittää omalta osaltaan palautteen saamista.

#### 3. Ulkopuolisen tarkastuksen vaatiminen

Toteamme, että kyseisen käytännön kehittämistä ei varsinaisesti tarvita, sillä kaikki edellytykset sille on jo olemassa nykyisessä maankäyttö- ja rakennuslaissa ja sen pohjalta annetuissa asetuksissa esimerkiksi rakennushankkeessa noudatettavasta erityismenettelystä.



Suositus tulisikin muotoilla siten, että ympäristöministeriön tulee ryhtyä toimenpiteisiin, että erityismenettely otettaisiin käyttöön nykyistä useammin ja suurille henkilömäärille tarkoitettujen rakennusten rakennesuunnitelmille teetetään aina ulkopuolinen tarkastus.

#### 4. Rakennusonnettomuuksien tietokanta

Toteamme varsinaisen suosituksen olevan edelleen tarpeellinen. Käsitksemme mukaan ei kuitenkaan kannata kehittää nollatilanteesta uutta tietokantaa, vaan kehittää jo olemassa olevia järjestelmiä.

Ehdotamme suositusta täydennettävän siten, että ympäristöministeriö panostaa osaltaan Fise Oy:n rakennusvirhepankkiin, jotta kyseinen virhepankki vastaisi jatkossa selkeämmin suosituksen tarkoittamaa tietokantaa.

#### 5. Kinostusalueiden määrittäminen

Toteamme varsinaisen suosituksen olevan tarpeellinen. Tämä suunnitteluohjeiden päivitykset tulisi ottaa huomioon käynnissä olevan Suomen rakentamismääräyskoelman B osan uusimisessa.

#### 6. Muita huomioita ja ehdotuksia

Toteamme varsinaisten suositusten olevan tarpeellisia. Ehdotamme kohtaan lisättäväksi vielä seuraavaa:

- Kevyiden kattorakenteiden primäärikannattajien (puu- tai teräsristikot, liimapuupalkit) kokonaisvarmuutta ei saa missään olosuhteissa pienentää. Mieluummin sitä tulisi hieman kasvattaa aiemmasta, kun siirrytään käytännössä kokonaan eurokoodipohjaiseen suunnitteluun. Kevyiden kattorakenteiden kokonaisvarmuus lumikuormia vastaan on nykyisin selvästi betonirakenteita pienempi.
- Rakennusvalvontaa ja tarkastusta tulee lisätä pitkien jännevälien kattojen jäykistysuunnittelussa ja -toteutuksessa. Kuka käytännössä tarkastaa rakenteiden stabiiliteetilaskelmat ja kuka todentaa rakenteet työmaalla myös tehdyksi suunnitelmien mukaan.

Rakennusteollisuus RT ry

Jukka Pekkanen  
johtaja

### 7. Rakennustarkastusyhdistys RTY ry:n lausunto

Rakennustarkastusyhdistys esittää lausuntonaan seuraavaa.

#### **Yleistä**

Onnettomuustutkintakeskus on tehnyt ansiokasta ja perusteellista työtä tutkiessaan Järvenpään salibandyhallin kattoromahdusta ja kymmentä muuta kevättalven 2010 rakennevauriota. Kaikki esitetyt suositukset ovat lisäselvitysten arvoisia.

## Liite 3

### Onnettomuustutkintakeskuksen suosituksista

Rakennustarkastusyhdistys kannattaa onnettomuustutkintakeskuksen ehdotusta [S1/06Y/S1] rakennusten katsastusmenettelyn kehittämisestä. Katsastusmenettelyssä tulisi harkita mitä rakennuksia se koskee sekä sitä, miten rakentamisvaiheen nykyistä erityismenettelyä vastaavat toimenpiteet katsastusmenettelyssä huomioidaan. Tässä yhteydessä Rakennustarkastusyhdistys haluaa kuitenkin todeta että rakennusvalvonnoilla ei nykyisillä resursseillaan ole mahdollista toteuttaa katsastustoimintaa.

Samoin Rakennustarkastusyhdistys kannattaa onnettomuustutkintakeskuksen ehdotusta [B1/10Y/S1] menettelystä jossa tieto mahdollisista turvallisuuspuutteista saadaan leviämään kattavasti. Tällä hetkellä tietojen hankinta ja kohteiden selvittäminen jää kunkin rakennusvalvonnan omien resurssien ja aktiivisuuden varaan.

Rakennustarkastusyhdistys kannattaa onnettomuustutkintakeskuksen ehdotusta rakennesuunnitelmien ulkopuolisesta tarkastuksesta aina suurille henkilömäärille tarkoitettuisissa rakennuksissa. Toistuvan rakenteen tyyppihyväksynnän kaltaista tarkastusta Rakennustarkastusyhdistys ei kuitenkaan kannata. Vähimmäisvaatimuksena tulisi olla, että tyyppihyväksynnän kaltaisen tarkastuksen tehnyt ulkopuolinen taho ottaisi kantaa kussakin tapauksessa erikseen tulisiko lisäselvityksiä edellyttää. Useassa tapauksessa saattaisi olla, ettei lisäselvityksiä edellytetä. Näin kuitenkin varmistettaisiin että muutosten vaikutukset tulee huolella arvioitua.

RAKENNUSTARKASTUSYHDISTYS RTY ry

Lauri Jääskeläinen  
puheenjohtaja

### 8. Muut lausunnot

Sosiaali- ja terveysministeriö sekä Metsäteollisuus ry ovat ilmoittaneet, ettei niillä ole lausuttavaa.