



# TOT-RAPORTTI

## 31/03

### **Ontelolaattojen alla mittaustyötä tehnyt kirvesmies menehtyi välittömästi elementtien pudotessa alas holville**

<b>TOT-RAPORTIN AVAINTIEDOT</b>	
<b>Tapahtumakuvaus</b>	Kerrostalotyömaalla oli menossa elementtien asennustyö. Ontelolaattakenttä sortui vieden mukanaan ontelolaattojen päälle nostetut hormielementit. Ontelolaattojen alla mittaustyötä tehnyt kirvesmies NN menehtyi välittömästi elementtien pudotessa alas kuudennen kerroksen holville. Onnettomuuden yhteydessä kantava väliseinäelementti murtui ja ulkoseinän puoleinen pää kaatui holville hajoten useaan kappaleeseen. Aamulla asennettu sisäkuorielementti putosi alas maahan.
<b>Ammatti</b>	Kirvesmies
<b>Toimiala</b>	Talonrakennus 45 B
<b>Työmenetelmä tai tehtävä</b>	Elementtiasennus ja siihen liittyvät mittaustyöt

<b>TOT-RAPORTTIEN HYÖDYNTÄMINEN</b>	
<p>TOT-raportteja voidaan hyödyntää työpaikoilla mm. seuraavilla tavoilla:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• kaikki raportit käsitellään työnjohton palaverissa, työmaan viikkopalaverissa tms. linjajohdon yhteisissä tilaisuuksissa</li><li>• raportit käsitellään työsuojelutoimikunnassa</li><li>• raportit liitetään työnopastusmateriaalin joukkoon tai esimerkiksi koneen tai laitteen käyttöohjeisiin</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• raportteja voidaan käyttää hyödyksi koulutusilaisuuksissa</li><li>• raporttien perusteella laaditaan ohjeita, tiedotteita, juttuja henkilöstölehteen tai sisäiseen tiedotteeseen, tietoiskuja ilmoitustauluille jne.</li><li>• raportit toimitetaan suunnittelijoille, laitevalmistajille ja alihankkijoille, joiden toiminnalla on merkitystä tapaturmien torjunnassa</li></ul>

Työpaikkaonnettomuuksien tutkinta (TOT) perustuu työmarkkinajärjestöjen ja Tapaturmavakuutuslaitosten liiton (TVL) väliseen sopimukseen.

**Tapaturmavakuutuslaitosten liitto**

Bulevardi 28, 00120 Helsinki, puhelin (09) 680 401

Faksi (09) 6804 0389, sähköposti tyoturvallisuus.tvl@vakes.fi

<http://www.tvl.fi>

# TOT 31/03

## 1. TAPAHTUMAN KULKU

### 1.1 Tausta

Tapaturmakohteessa oli joulukuun lopulla rakenteilla täyseelementtinen asuinkerrostalo, johon oli tulossa 1+9 kerrosta. Rakennustyöt oli aloitettu edellisenä keväänä. Asuinkerrostalossa oli meneillään elementtien asennustyöt. Kohteeseen kuului kaksi muuta asuinkerrostaloa, joiden vesikatot olivat jo valmiina.

Tapaturman sattumispäivänä työskenneltiin kuudennen kerroksen holvilla. Aamulla asennettiin sisäkuorielementti metallisten asennuspalojen varaan. Elementti tuettiin kahdella vinotuella ja samalla tehtiin elementin alasauman juotos käyttäen talvilaastia K 30. Tämän jälkeen työtä jatkettiin ontelolaattojen nostoilla. Ontelolaattojen pituus oli noin 11 metriä, leveys 1,2 metriä ja paksuus 0,3 metriä.

Ontelolaattojen toinen pää asennettiin aikaisemmin asennettujen väliseinäelementtien päälle. Väliseinäelementtien alapään saumavalut oli tehty elementtien paikoilleen asentamisen yhteydessä. Vastakkainen seinä muodostui useasta pienemmästä elementistä, jotka oli asennettu hissikuilun seinäksi. Tuossa vaiheessa julkisivun kuorielementtiä ei ollut vielä asennettu, koska se käsitti kaksi huonekorkeutta. Yksi ontelolaatta nostettiin toisesta päästään aamulla asennetun sisäkuorielementin päälle.

Ontelolaattojen asennusta oli tarkoitus jatkaa ruokatunnin jälkeen, mutta koska ontelolaattakuormat olivat myöhässä, nostettiin kaksi pakettia hormielementtejä (yhteensä viisi elementtiä) ontelolaattojen päälle. Hormielementtipakettien kokonaispainot olivat 3510 kg ja 2850 kg. Ne nostettiin vinottain ontelolaattojen päälle niin, että elementtipakettien paino jakaantui yhteensä neljälle vierekkäiselle ontelolaatalle.

### 1.2 Tapaturma

Ontelolaatat olivat asennettuina noin 20 minuuttia ennen tapaturmaa. Paikalla olleiden kertoman mukaan kaksi lähinnä ulkoseinää olevaa ontelolaattaa putosivat ensin alas ja muut kaksi ontelolaattaa välittömästi niiden perässä. Samassa yhteydessä rikkoutui ontelolaattojen päiden alla ollut väliseinäelementti.

Väliseinäelementti murtui yläreunastaan ja elementti kallistui ulospäin antaen periksi ontelolaattojen alla. Väliseinäelementin ulkoseinän puoleinen pää kaatui holville hajoten useaan kappaleeseen. Ontelolaattoja kantanut toinen väliseinäelementti kallistui, mutta pysyi pystyssä. Aamulla asennettu sisäkuorielementti putosi alas maahan. Ontelolaattojen päälle nostetut hormielementit putosivat myös alas holville.

Ontelolaattojen alla mittaustöitä tehnyt kirvesmies NN menehtyi välittömästi elementtien pudotessa alas holville. Ontelolaattojen päällä olleet kaksi elementtiasentajaa putosivat laattojen mukana holville, toinen elementtiasentaja loukkaantui lievästi. Kolmas elementtiasentaja pysyi ylhäällä yhden ontelolaatan päällä. Raudoittaja oli onnettomuushetkellä tulossa työskentelemään samaan tilaan, missä NN oli jo työssä. Sähköasentaja oli poistunut tästä tilasta 2–3 sekuntia ennen onnettomuutta.

Myöhemmin tapaturmapaikalla oli todettavissa, että edellä mainitut ontelolaatat ja niiden päälle nostetut hormielementit olivat kasassa holvin päällä. Väliseinäelementistä oli lohjennut lähes kokonaan toinen pääty. Samoin oli havaittavissa, että väliseinäelementtiin tehtaalla asennettu sisäkierrehylsy eli vemo oli liikkunut. Sisäkierrehylsy oli ollut seinän sisällä olevien sähköputkien takana ja sitä oli käytetty elementin valuvaiheessa elementtiin tulevien sähköputkien tukemiseen. Kyseiseen sisäkierrehylsyyn oli työmaalla kiinnitetty väliseinäelementtiä tukeva metallinen vinotuki eli tönäri.

### 1.3 Hankkeen organisointi

Rakennusliike toimi rakennushankkeessa sekä rakennuttajana että päätoteuttajana. Elementtien asennukset teki työryhmä, joka koostui päätoteuttajan palveluksessa olevista henkilöistä. Asennustyöryhmään kuului viisi työntekijää, joista yksi teki tuketöitä, toinen teki saumaraudoituksia ja kaksi muuta asensi elementtejä sekä viides toimi alamiehenä.

Seinäelementit valmisti yritys, joka kuului hyväksytyyn laadunvalvonnan piiriin. Samoin kuin sisäkuorielementtien valmistaja, jonka toiselta tehtaalta tulivat myös ontelolaatat. Hormielementit oli valmistanut kolmas yritys.

## 1.4 Työkokemukset

NN oli 48-vuotias kirvesmies. NN:llä oli työkokemusta yli 15 vuotta elementtien asennuksesta. NN:n työsuhte oli alkanut kyseisen rakennusliikkeen palveluksessa ensimmäisen kerran yli kymmenen vuotta aiemmin. Hän oli kouluttautunut mittamieheksi noin vuosi sitten. Tämän jälkeen hän oli toiminut onnettomuustyömaalla mittamiehenä kahdeksan kuukautta. NN oli saanut työmaata koskevan työhön perehdytyksen.

Vastaava työnjohtaja oli valmistunut rakennusinsinööriksi viisitoista vuotta sitten ja hänellä oli työkokemusta vastaavan työnjohtajan tehtävistä viiden vuoden ajalta. Runkotyönjohtaja oli valmistunut rakennusmestariksi viisitoista vuotta sitten, josta alkaen hän oli toiminut työnjohtotehtävissä ja osan ajasta myös vastaavan työnjohtajan tehtävissä.

Elementtiasennusryhmä oli rakennusliikkeeltä saadun tiedon mukaan erittäin ammattitaitoinen ja he olivat työskennelleet pitkään yhdessä.

## 1.5 Asennustöiden suunnittelu

Rakennesuunnittelija oli tehnyt tammikuussa elementtirakenteiden työselostuksen, jossa todettiin, että kantavat elementit asennetaan kerroksittain huomioiden asennusaikainen tuenta. Työselostuksessa ei ollut ohjeita elementtien asennusaikaisesta kuorittamisesta.

Rakennesuunnittelijan huhtikuussa laatiman valvontasuunnitelman mukaan rakennesuunnittelija teki elementtien asennussuunnitelman tarkistuksen ja hyväksyi suunnitelman. Rakennesuunnittelija osallistui myös väliseinä- ja ulkoseinäelementtien pysty- ja vaakasaumavalujen mallikatselmukseen.

Runkotyönjohtaja oli laatinut elementtien asennussuunnitelman elokuussa ja päärakennesuunnittelija oli allekirjoittanut sen syyskuussa. Asennuksen aikaisesta tuennasta ja vähimmäistukipinnoista todettiin seuraavaa:

- seinäelementit tuetaan vähintään kahdella vinotuella,
- ylä- ja alapään kiinnitys vemo M 16:lla,
- tukipinnat rakenne- ja elementtisuunnittelijan ohjeiden mukaisesti,
- tuennat puretaan aikaisintaan seitsemän vuorokauden kuluttua siitä, kun kaikki asennuslohkon betonielementit on asennettu ja saumat betonoitu.

Vastaava työnjohtaja oli laatinut helmikuussa elementtien asennusta koskevan tehtäväsuunnitelman, joka oli tarkoitettu ohjeeksi runkotyönjohtajalle. Tehtäväsuunnitelmassa oli huomioitu mahdolliset ongelma-kohtat. Tehtäväsuunnitelmassa oli myös työntekijän tsekkilista, jossa muistutettiin riittävästä asennusaikaisesta tuennasta. Työmaalle oli laadittu heinäkuussa betonityösuunnitelma, jonka yhdessä kohdassa käsiteltiin elementtisaumoja ja reunakaistoja.

Vastaava työnjohtaja oli pitänyt elementtien asennuksesta aloituspalaverin elokuussa, johon olivat osallistuneet asennusryhmän työntekijät, mukaan lukien NN ja runkotyönjohtaja. Asennuksen yhteydessä pidettiin myös esille tulleiden ongelmien ratkaisemiseksi muita palavereja, joissa pohdittiin yhdessä miten ongelmat tulisi hoitaa. Vastaavan työnjohtajan mukaan palavereissa ei välttämättä käsitelty elementtivalmistajan asennusohjeita, koska osalla valmistajista oli ollut samat asennusohjeet jo vuosia ja kaikki asennuksiin liittyneet käytännön asiat runkotyönjohtaja oli käsitellyt asentajien kanssa.

## 1.6 Elementtien asennustyö

Seinäelementit tuettiin vinotuilla siten, että tuen alapää pultattiin kiinni välipohjalaattaan ja yläpää kiinnitettiin sisäkierrehylsyihin, jotka oli asennettu elementteihin jo elementtitehtaalla. Sisäkierrehylsyjä saattoi olla useitakin samassa seinäelementissä, eikä elementtitehtaalla ollut merkitty erikseen sisäkierrehylsyjä, joihin vinotuet voitiin kiinnittää.

Tehtas käytti elementtien asennusohjeena Raturkorttia väliseinäelementtityö 25-0182, sillä se oli heidän mielestään selkeä väliseinäelementtityön asennusohje.

Vastaavan työnjohtajan kertoman mukaan elementtiasentajat olivat asentaneet ontelolaatat paikoilleen käyttäen muovisia asennuspaloja oikean korkeuden saavuttamiseksi. Asentajat varmistivat myös sen, että ontelolaatan päät tulevat riittävästi kantavan seinäelementin päälle.

Vastaavan työnjohtajan mukaan ontelolaattojen alapuolella ei saanut työskennellä niiden asennusvaiheessa eikä silloin, kun kuormaa nostettiin laattojen päälle. Työmaalla olleen käytännön mukaan elementtien alla voitiin muulloin työskennellä, kuten tehdä mitaustöitä, vaikkei elementtien saumausta ollutkaan vielä tehty.

Vastaavan työnjohtajan mukaan hormielementti-

kuorma oli jaettu asentajien toimesta oikein, eikä niiden paino ollut liian suuri ajatellen normaalia tilannetta. Myöskään runkotyönjohtajan käsityksen mukaan ei mikään ohje tai suositus vaadi, että ontelolaattojen saumausbetonointi olisi tehtävä ennen kuorman nostamista laattojen päälle.

Ontelolaattojen valmistavan tehtaan asennusohjeessa todettiin, että laatastojen saumaus tulee tehdä, ja saumauksen tulee saavuttaa riittävä lujuus aina ennen nostokannasten ja työnaikaisten tukien poistamista sekä ennen laattojen kuormittamista tiiliseinillä, pistekuormilla tms. Tehtaalta saadun tiedon mukaan asennusohjeessa mainitut pistekuormat tarkoittavat laatastojen päälle tulevia kiinteitä rakennelmia, jotka jäävät kiinteästi holville. Tehtaan edustajan mukaan laatastojen päälle voidaan nostaa ennen saumavaluja irrallisia kuormia, kuten lauta- ja tavaraniippuja sekä tuleviin töihin liittyviä tavaroita, kuten pieniä kontteja, joissa on työkaluja tai muuta vastaavaa. Tehtaan edustajan kertoman mukaan hormielementit olivat kuormittaneet oikein laatastoa, koska niiden paino jakaantui useamman ontelolaatan päälle.

Rakennesuunnittelijalla ei ole kertomansa mukaan mahdollisuutta vaikuttaa siihen, miten asentajat kuormittavat laatastoja ennen saumavaluja. Nämä kuormat ovat yleensä lankku- tai rautanippuja. Yleensä hormielementit on nostettu yksittäin aina sille kohdalle, mihin ne asennetaan. Urakoitsijat kyselevät myös harvoin suunnittelijalta sitä, voidaanko hormielementtejä nostaa niputtain laatastojen päälle, yleensä ne vain nostetaan.

Alas pudonnut sisäkuorielementti (leveys 0,95 m, paksuus 0,15 m ja korkeus 2,58 m) oli saumattu kiinni betonilaastilla vasta tapaturmapäivänä sen paikolleen asentamisen yhteydessä. Rakennesuunnittelijan kertoman mukaan suunnittelutoimiston käytäntönä oli, ettei alle 1,2 metrin leveään elementtiin suunnitella koloa vaarnatapille.

Sisäkuorielementti tuettiin kahdella vinotuella ja se kiinnitettiin myös molemmilta sivuiltaan kolmella vaijerilenkillä, jotka olivat vierekkäisissä elementeissä samalla kohtaa. Vaijerilenkkien läpi nousi alhaalla olevan holvisauman läpi 12 mm harjateräs 0,6 metrin korkeuteen.

### **1.7 Turvallisuusjohtaminen**

Rakennushankkeelle oli tehty laatusuunnitelma.

Laatusuunnitelman mukaan jokainen projektiryhmän jäsen, joka havaitsee suunnitelmissa ristiriitoja, vaille riittävää huomiota jääneitä asioita tai muita mahdollisesti huonoon lopputulokseen johtavia seikkoja on velvollinen informoimaan asiasta välittömästi muita osapuolia.

Työmaalle oli laadittu turvallisuusohje, joka oli jaettu kaikille projektin urakoitsijoille.

Turvallisuusohjeessa oli mainittu seuraavaa elementtistöistä:

- elementtiasennustyötä varten on laadittava asennussuunnitelma, jossa esitetään myös toimenpiteet putoamisen estämiseksi,

- työnjohdon ja työntekijöiden on käytävä yhdessä asennussuunnitelma läpi kiinnittäen erityistä huomiota rakenteiden vakavuuden kannalta keskeisten toimenpiteiden oikea-aikaiseen ja -tapaiseen suoritukseen,

- asennettaessa elementtejä välittömästi rakennuksen sisään johtavien kulkuaukkojen yläpuolella on varmistauduttava, ettei kulkutiellä liiku henkilöitä asennustyön aikana.

Työmaan turvallisuustasoa mitattiin TR-mittarilla. Viiden viimeisimmän TR-mittauksen keskiarvo oli yli 90 %.

## **2. TAPATURMAAN JOHTANEITA TEKIJÖITÄ**

### **2.1 Sortumatapahtuma**

Ontelolaattakenttä sortui 20 minuutin kuluttua niiden asentamisen jälkeen. Ontelolaattojen mukana alas holville putosivat myös hormielementit. Väliseinäelementti murtui yläreunastaan ja sisäkuorielementti putosi maahan. NN jäi sortuneiden ontelolaattojen alle ja menehtyi välittömästi. Sortuman syistä tehtiin kaksi erillistä tutkimusta, joissa esille tuli erilaisia sortumamekanismivaihtoehtoja.

Ammattikorkeakoulun tutkimusselostuksessa ja lausunnossa esitetään kolme vaihtoehtoista sortumimekanismia. Vaihtoehdossa 1 sortumisen primäärinen aiheuttaja on sisäkuorielementin kiinnittämättömän alareunan siirtymä tai tuentapakan siirtymä ja painuma. Vaihtoehdossa 2 sortumisen primäärisiä aiheuttajia ovat olleet asennuspalojen epäkeskeinen sijainti yhden ontelolaatan kohdalla, ontelolaataston kuormittaminen ennen saumavaluja, riittämätön tuki-

pinta kahdella ontelolaatalla ja sisäkuorielementin kiinnittämätön alareuna. Vaihtoehdossa 3 sortumisen primäärisiä aiheuttajia ovat olleet riittämätön tukipinta yhdellä ontelolaatalla ja sisäkuorielementin kiinnittämätön alareuna.

Tutkimusselostuksen mukaan todennäköisin sortumismekanismi on vaihtoehto 3 ja epätodennäköisin vaihtoehto 2. Sortuman sekundäärinen syy kaikissa vaihtoehdoissa on vinotuen kiinnityksen mahdollistava välilyös, joka salli väliseinäelementin yläreunan liikkeen jo varsin pienillä sivuttaiskuormilla.

VTT:n tutkimuksen mukaan onnettomuus käynnistyi väliseinäelementin yläreunan lohjetessa asennuspalan alla. Reuna on lohjennut pielirauidoitukseen asti ja pielirauidoitus on levittänyt yläreunan lohkeamaa repimällä yläreunaa irti. Kuormien uudelleenjakautuminen asennuspaloilta on tällöin vaikuttanut yläreunan lohkeaman laajenemiseen. Kulman lohkeamisen jälkeen ontelolaattojen päät ovat lähteneet liukumaan väliseinäelementin yläkulman vinoa murtopintaa pitkin alaspäin. Tällöin ontelolaatoista on aiheutunut seinäelementin yläosaan elementtiä kaatava voima, jolloin elementti on kallistunut.

Vinotuen irrotessa väliseinäelementistä on elementti katkennut ja elementin ulkoseinän puoleinen pää on kaatunut holville. Samalla ontelolaattojen tukipinta on hävinnyt niiden alta ja ontelolaatat ovat pudonneet holville. Yhden ontelolaatan pää on iskeytynyt sisäkuorielementtiä tukeviin vinotukiin ja aiheuttanut sisäkuorielementin sivuttaissiirtymisen ja putoamisen maahan.

## **2.2 Sisäkuorielementin puutteellinen tuenta**

Tapaturmapäivän aamulla asennettu sisäkuorielementti oli valettu alapäästään asennuksen yhteydessä ja se oli tuettu kahdella vinotuella. Suunnittelija ei ollut suunnitellut elementtiin vaarnatappeja eikä koloa. Elementin alareunan vaakakiinnitys oli ollut pelkästään kitkavoimien varassa.

Ammattikorkeakoulun tutkimusselostuksessa ja lausunnossa todetaan, että sisäkuorielementin alareunan kiinnityksen puuttuminen on vaikuttanut sortumaan joko suoraan tai välillisesti. Jos elementin alareuna olisi kiinnitetty muiden seinäelementtien tapaan, ei vaihtoehdon 1 sortumamekanismi olisi ollut mahdollinen. Muiden vaihtoehtoisten sortumameka-

nismien eteneminen olisi ollut erilainen tai ne eivät olisi edenneet todettuun laajuuteen. Kun ontelolaatan pää on pudonnut sisäkuorielementin päältä, on putoamisen synnyttämä vaakavoima ollut vastapäisen seinäelementin vinotulella yli kaksinkertainen laskennalliseen murtokuormaan nähden.

## **2.3 Väliseinäelementin yläpinnan ja hormielementtien lisäkuorma**

VTT:n tutkimuksen mukaan murtuneen väliseinäelementin yläpinta oli epätasainen sekä poikki- että pituussuunnassa. Seinän yläpinta oli kovera poikkisuunnassa, eli sen reunat olivat korkeammalla kuin keskusta. Seinän yläosa oli myös pituussuunnassa epätasainen. Seinäelementin yläpinnan epätasaisuus ja hormielementtipakettien aiheuttama kuorma oli epäkeskeinen, jolloin asennuspaloilta tulleet kuormat eivät olleet yhtä suuria.

VTT:n tutkimuksen mukaan seinäelementin yläpinnan epätasaisuus oli vaikuttanut merkittävästi ontelolaattojen asennuspalojen alapuolella olevan seinäelementin yläpintaan tuleviin rasituksiin. Kovera seinäelementin yläpinta oli aiheuttanut sen, että asennuspalosta seinään tuleva rasitus jakaantui pienemmälle alueelle kuin asennuspalan pinta-alan mukaan määriteltynä. Rasitukset olivat keskittyneet näin ollen väliseinäelementin yläpintaan pienelle alueelle.

## **2.4 Seinäelementin yläreunan lohkeaminen**

VTT:n tutkimuksen mukaan murtuneen väliseinäelementin betonin puristuslujuus oli pienempi elementin yläosassa kuin alempana elementissä, mikä on tyypillistä pystyrakenteissa. Vaikka elementin yläosan betonin lujuus oli pienempi kuin alempana elementissä, oli se kuitenkin riittävän suuri kestäämään ontelolaattojen tukireaktiosta aiheutuvan kuormituksen. Kuitenkin sillä edellytyksellä, että asennuspaloilta tuleva kuorma jakaantuu tasaisesti asennuspalojen pinta-aloille. VTT:n tutkimuksen mukaan seinäelementin yläpintaan muodostuneet kuormitukset eivät jakaantuneet tasaisesti asennuspaloilta.

VTT:n tutkimuksen mukaan asennuspalojen alla ollut seinäelementti oli ollut herkkä lohkeamaan, koska elementin yläosassa betoni oli painunut ja erottu-

nut valmistuksen yhteydessä. Halkeama pieliraudoituksen yläpuolella heikensi myös elementin yläosan kantavuutta. Elementin yläosasta otetuissa näytteissä todettiin myös veden erottumista ja mikrohalkeilua.

Ontelolaattojen asennuspalat olivat olleet väliseinäelementin yläpinnassa reunassa tai lähellä reunaa. Yläpinnan epätasaisuudesta johtuen asennuspalan alla rasiutukset ovat keskittyneet seinäelementin yläpinnan reunaan. Lohkeamisriskiä on kasvattanut asennuspalojen sijainti seinäelementin yläosaan tehtyjen varausten vieressä.

## **2.5 Väliaikainen tuenta**

VTT:n tutkimuksen mukaan murtunut väliseinäelementti oli tuettu kahdella metallisella vinotuella. Toinen niistä oli kiinnitetty sisäkierrehylsyyn, jota oli käytetty elementtiin tulleiden sähköputkien tukemiseen elementin valuvaiheessa ja sitä ei ollut tarkoitettu vinotuen kiinnityskohdaksi. Työmaalla toimittiin näin, koska sisäkierrehylsyt on tarkoitettu vinotukien kiinnittämiseen.

Elementissä ei ollut merkintää, mitkä sisäkierrehylsyt olivat tarkoitettu vinotukien kiinnitykseen ja mitkä niistä oli tarkoitettu sähköputkien tukemiseen elementin valun aikana. Työmaalla toimivilla oli käsitys, että vinotuet voitiin kiinnittää mihinkä tahansa sisäkierrehylsyyn. Vastaavan työnjohtajan mukaan elementtitehtaalta oli saatu vasta onnettomuuden jälkeen tietoa siitä, että kyseisiä sisäkierrehylsyjä käytettiin myös elementtien sisällä kulkevien sähköputkien tukemiseen valuvaiheessa. Elementtitehtaan edustajan mukaan tehtaalla oli toimittu viimeisen kymmenen vuoden ajan samalla tavalla valettaessa väliseiniä, eikä sisäkierrehylsysten asentamista sähköputkien taakse ollut koettu vaaratekijäksi.

## **2.6 Elementtien asennusohjeiden ja asennussuunnittelun puutteet**

Väliseinäelementtien valmistajalla ei ollut omia ohjeita elementtien asentamisesta. Sisäkuorielementtien asennusohjeet puuttuivat työmaalta. Elementtien asennustyönaikaisesta kuormittamisesta ennen niiden lopullista kiinnittämistä ei ollut ohjeita.

Ontelolaattojen asennusohjeissa ei annettu ohjeita tai yksiselitteisiä kieltoja ontelolaattojen työnaikaisista kuormituksista ennen ontelolaattakentän saumausta.

Rakennesuunnittelija ei ollut antanut ohjeita elementtien työnaikaisesta kuormittamisesta. Elementtien asennustyön suunnittelussa ei selvitetty ontelolaattojen tai väliseinäelementtien työnaikaisia kuormituksia eikä niistä johtuvia tuentatarpeita.

## **2.7 Elementtien laadunvalvonnan puutteet**

Elementtitehtaan edustajien kertoman mukaan valmiin seinäelementin yläreunan tasaisuus tarkistetaan tehtaalla silmämääräisesti ja tämän tekee yleensä valaja.

Väliseinäelementin yläpinnan epätasaisuutta ei havaittu elementtitehtaan tai työmaan laadunvalvonnan yhteydessä. Elementin yläpinnan epätasaisuutta ei huomattu myöskään elementin silmämääräisessä tarkastuksessa ennen elementin asennusta.

## **2.9 Ontelolaattojen tukipinnan pituus**

Ontelolaattojen tukipinnan pituus saattoi olla lähellä minimiarvoa. Ontelolaattojen asennussuunnitelman mukaan ontelolaattojen tukipinnan pituus seinän päällä oli kyseisillä ontelolaatoilla yleensä 60 mm ja pienin tukipinnan sallittu pituus, jota asennettaessa ei saa alittaa, oli 40 mm. VTT:n tutkimuksen mukaan, jos seinien väli oli 15 mm nimellismittaa suurempi, kuten uusien seinäelementtien asennuksen jälkeen, jää tukipinnan pituudeksi 52,5 mm, jos tukipintojen pituus oli vastakkaisilla seinillä yhtä suuri.

## **2.10 Kuljetuksen myöhästyminen**

Elementtien asennusryhmä päätti nostaa hormielementit ontelolaattojen päälle, koska työmaalle tulevat ontelolaattakuormat olivat myöhässä. Niiden painoa ei pidetty liian suurena saumaamattomalla ontelolaattakentällä, kun niiden paino oli jaettu eri ontelolaatoille.

## **2.11 Vaaratekijöitä ei tunnistettu**

Elementtiasennukseen liittyviä vaaratekijöitä ei tunnistettu eikä arvioitu riittävästi. Vaaratekijöitä, jotka syntyivät elementtien kuormittamisesta ennen niiden lopullista kiinnittämistä, ei tunnistettu.

Asennussuunnittelussa ei myöskään ollut kiinnitetty huomiota vaaratekijöihin, mitä syntyy työsken-

neltäessä tiloissa, joiden yläpuolella on saumaamaton ontelolaattakenttä. Työmaalla oli käytäntönä se, että ontelolaattojen paikoilleen asentamisen jälkeen niiden alapuolella saattoi työskennellä, kuten tehdä mittaustyötä.

### **3. VASTAAVIEN TYÖTAPATURMIEN TORJUNTA**

#### **3.1 Rakennusaikainen vakavuus asennussuunnitelmassa**

Elementtien asennussuunnitelman on oltava kirjallisessa muodossa työmaalla. Elementtien asennussuunnitelmaa laadittaessa on otettava huomioon eri osapuolten elementtirakentamiselle asettamat työturvallisuusvaatimukset.

Asennussuunnitelman tavoitteena on saada aikaan yhteistyötä suunnittelijoiden, elementtien valmistajien, päätoteuttajan sekä mahdollisesti erillisen asennusurakoitsijan välille niin, että:

- elementtejä käsitellään ja asennetaan suunnittelijan tarkoittamalla tavalla,
- säilytetään rakennusaikainen stabiliteetti asentamisen kaikissa vaiheissa,
- työmaa-alue on asennusaikaiselta järjestelyltään mahdollisimman tarkoituksenmukainen ja turvallinen,
- runkovaiheen aikainen putoamissuojaus toteutetaan järkevästi ja ajallaan,
- varsinainen asentaminen tapahtuu turvallisesti.

Rakennuttajan on osaltaan varmistettava, että rakennushanketta varten laaditaan elementtien asennussuunnitelma. Viime kädessä päätoteuttajan tehtävän on huolehtia, että elementtien asennustyötä varten laaditaan asennussuunnitelma. Asennussuunnitelman laatiminen alkaa elementtikaupan tarjouslaskentavaiheessa ja päättyy siihen, kun viimeinenkin elementti on asennettu.

Rakennesuunnittelijan on elementtien asennussuunnitelman laadinnassa otettava huomioon rakennusaikaisen vakavuuden säilyminen. Elementtien asennussuunnitelmassa on tarvittaessa esitettävä rakennesuunnittelijan esittämät tiedot yksittäisen elementin ja koko rakenteen eri työvaiheita koskevan asennusaikaisen vakavuuden säilymiseen.

Elementtien asennussuunnitelmassa on otettava

huomioon myös elementtien väliaikainen tuenta. Elementtien asennussuunnitelmassa on esitettävä ohjeet väliaikaisesta tuennasta ja sen purkamisesta ottaen huomioon tukien kuormat ja olosuhteet. Lisäksi on selvitettävä toimenpiteet osittain asennettujen rakenteiden riittävän lujuuden, paikallaan pysymisen ja sivusuuntaisen kestävyuden aikaansaamisessa sekä väliaikaisten siteiden ja tukien käytössä. Ohjeet on esitettävä asennusvaiheittain ja niissä on otettava huomioon valmistajan antamat tuotekohtaiset ohjeet.

Elementtien tuennassa on kiinnitettävä erityistä huomiota myös kavennuksia tai varauksia sisältäviin laattojen asennusaikaiseen työturvallisuuteen.

Betonielementtien asennuksen aikaisessa tuennassa ja vähimmäistukipintojen määrittämisessä on selvitettävä ainakin seuraavat seikat:

- betonielementtitoimittajan ohjeet,
- eri betonielementtityyppien väliaikaisen tuennan tarve ja toteutus ja erityisesti epäkeskeisesti tuetut rakenteet,
- vähimmäistukipinnat seinille, laatoille, pilareille ja palkeilla sekä asennuspalojen koot ja sijainnit,
- kiinnitysosat, kuten esimerkiksi sisäkierteet, tartuntalevyt, pilareiden tukipannat sekä kiinnitysosien koot, tyypit ja sijainnit,
- väliaikaistuntojen purkamisajankohta,
- tukitankojen kiinnitys esimerkiksi alapään tuennassa maassa ja holveilla.

Elementtien asennussuunnitelmassa on annettava ohjeet elementtien asennustyön aikaisesta kuormittamisesta ja työskentelystä asennettavien elementtien läheisyydessä. Ohjeissa on otettava huomioon myös työskentely elementtien läheisyydessä tai alapuolella varsinaisen asennustyön jälkeen ennen kuin elementit on kiinnitetty lopullisesti kiinni.

Elementtien asennussuunnittelun yhteydessä pitää arvioida asennustyöhön liittyviä vaaroja ja erityisolosuhteita, poikkeustilanteita ja häiriöitä. Suunnitelu ei saa olla rutiininomaista tai aikaisempien suunnitelmien tai malliratkaisujen kopiointia. Suunnitelmasa tulee antaa ohjeita myös poikkeus- ja häiriötilanteiden tunnistamiseen ja hallitsemiseen.

#### **3.2 Elementtirakentamisen turvallisuus**

Suunnittelussa on annettava riittävät tiedot ele-

menttien väliaikaista tuentaa sekä lopullista kiinnittämistä varten siten, että rakennusaikainen vakavuus säilyy kaikissa asennustyön eri vaiheissa. Suunnittelussa on otettava huomioon myös elementtien työnaikainen kuormittaminen ennen niiden lopullista kiinnittämistä.

Pääsuunnittelijan pitää huolehtia elementtirakentamisen suunnitelmien riittävästä laadusta ja laajuudesta niin, että suunnitelmilla voidaan osoittaa myös työturvallisuudelle asetettujen vaatimusten täyttyminen.

Rakennesuunnittelijan tulee osaltaan huolehtia, että elementtirakentamisen toteutus voidaan tehdä turvallisesti. Rakennesuunnittelijan on annettava tarpeelliset tiedot asennuksen aikaisen vakavuuden säilymiseksi edellyttävästä asennusjärjestyksestä sekä yksittäisten elementtien että koko rakenteen kannalta.

Elementtisuunnittelijan tulee antaa tarpeelliset tiedot elementtien turvallisesta käsittelystä ja nostoista sekä elementtien väliaikaisesta tuennasta ja lopullisesta kiinnittämisestä.

Rakennuttajan on rakennustyön suunnittelua ja valmistelua varten laadittavassa turvallisuusasiakirjassa otettava huomioon elementtirakentamiseen liittyvät tarpeelliset turvallisuustiedot. Rakennuttajan on selvitettävä ja arvioitava elementtirakentamisesta ja rakennuspaikan olosuhteista aiheutuvat vaarat.

Rakennuttajan on annettava suunnittelijalle riittävät lähtötiedot rakennushankkeen ominaisuuksista, luonteesta ja rakennuspaikan olosuhteista sekä suunnittelutoimeksianto, jossa on oltava vaatimus työturvallisuuden huomioon ottamisesta elementtirakentamisessa.

### **3.3 Valmistajan asennusohjeet**

Elementtien valmistajan on huolehdittava, että elementissä on tarpeelliset tiedot elementin painosta sekä merkinnät sen turvallisesta nostamisesta (nostokohdat, nostolenkit). Tarvittaessa on nostoja varten oltava työmaalla tiedot elementin painopisteen sijainnista.

Sen, joka lähettää elementtiä kuljetusta varten, on annettava tarpeelliset ohjeet elementtien purkamisesta, nostoista ja asentamisesta. Elementti tai pakkaus, jonka kokonaispaino on vähintään 1000 kilogrammaa, on varustettava näkyvällä ja pysyvällä merkinnällä, josta ilmenee sen kokonaispaino.

Valmistajan toimittamissa elementtien asennusohjeissa pitää antaa riittävät tiedot asennuksen tukipinnoista ja epäsymmetristen elementtien (kavennukset yms.) paikoillaan pysymisestä sekä kuvata elementtien työnaikainen tuenta että tarvittaessa antaa ohjeet tai rajoitukset elementtien kuormittamisesta ennen niiden lopullista kiinnittämistä.

### **3.4 Laadunvalvonta**

Rakennuttajan tulee osaltaan luoda menettelytavat, joilla varmistetaan valmistettavien elementtien laatu ja virheettömyys. Rakennuttajan tulee vaatia elementtien valmistajilta riittävää laadun varmennusmenettelyä virheellisten elementtien työmaalle pääsyn estämiseksi.

Elementtien valmistajan on huolehdittava osaltaan valmistamiensa elementtien laadusta ja virheettömyydestä. Valmistajan laadunvalvonnan ja tarkastusmenettelyjen pitää olla luotettavia, ettei työmaalle lähetetä viallisia tai huonolaatuisia elementtejä.

Työmaalla on ennen elementtien nostamista ja siirtämistä todettava niiden kunto asianmukaiseksi ja ettei niissä ole mitään kuljetuksesta tai siirrosta aiheutuneita vaurioita.

Ennen asennustyön alkua on tarkastettava elementtiä kantavien rakenteiden kunto. Niissä ei saa olla haitallisia murtumia tai lohkeamia. Tukipintojen pitää olla tasaiset ja puhtaat. Elementtien kiinnitysosien on oltava kunnossa ja paikoillaan.

Asennettava elementti on tarkastettava silmämääräisesti ennen asennusta elementtisuunnittelijan ja valmistajan ohjeiden mukaisesti. Huomiota on myös kiinnitettävä elementtien tukemiseen ja kiinnittämiseen tarvittavien laitteiden kuntoon.

### **3.5 Asennustyön turvallisuus**

Elementit tulee asentaa rakennesuunnittelijan hyväksymässä järjestyksessä niin, että yksittäisen elementin tai koko rakennelman asennusaikainen vakavuus säilyy. Asennusjärjestys on nivellettävä myös oikea-aikaisesti elementtitoimituksiin sekä mahdollisesti eri asennusurakoitsijoiden asennusaikatauluihin.

Elementti on nostettava ja asennettava asennus suunnitelman ja elementin valmistajan ohjeiden mukaisesti. Jos suunnitelmista ja ohjeista joudutaan poik-



keamaan, on arvioitava muutoksen vaikutus työn toteuttamisen turvallisuuteen, ja tarvittaessa muutos on hyväksyttävä kyseisen suunnitelman laatijalla ennen töiden jatkamista.

Elementtien tuentatapa on varmistettava elementtityypeittäin, että se vastaa sekä suunnittelijan että elementtien valmistajan antamia ohjeita. Erityisesti tulee kiinnittää huomiota tukitankojen ylä- ja alapään kiinnityksiin.

Asennustyön aikana on huolehdittava osittain asennettujen rakenteiden lujuudesta ja paikallaan pysymisestä, tarpeellisten väliaikaisten tukien ja siteiden käytöstä sekä sivusuuntaisen kestävyysajan saamisesta. Elementin lopullinen kiinnitys on tehtävä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Tukia ei saa poistaa ennen elementin lopullista kiinnittämistä.

Yli 1,5 metriä leveä seinäbetonielementti on tuettava vähintään kahdella tukitangolla, jollei asennussuunnitelmassa ole muuta edellytettyä. Kovettuneeseen betoniin asennettavat kiinnikkeet on tehtävä ohjeiden mukaan ja tyyppikohtaisten ohjeiden oltava käytettävissä työmaalla.

Tuettaessa seinäelementtejä ainoastaan yhdeltä sivulta on käytettävä sellaisia säädettäviä vinotukia, jotka kestävät sekä puristusta että vetoa.

Elementtien asennustyötä pitää valvoa. Erityisesti pitää seurata sitä, ettei asennustyössä oteta käyttöön riskialttiita työtapoja tai poikkeus- ja häiriötilanteissa ei toimita ohjeiden tai hyvien turvallisuuskäytäntöjen vastaisesti.

### **3.6 Työnaikainen kuormittaminen**

Elementtien väliaikaisen tuennan aikana tapahtuvat kuormittamiset saadaan toteuttaa vain elementtien valmistajan tai suunnittelijan antamien ohjeiden mukaisesti.

### **3.7 Vaara-alueiden määrittäminen**

Päätoteuttajan on huolehdittava, että työmaalla on käytössä putoamissuojasuunnitelma putoamisvaaran torjumiseksi. Elementtirakentamisen eri osapuolten on yhteistyössä ja osaltaan toteuttava tarvittavat toimenpiteet putoamissuojauksen toteuttamisessa.

Putoamissuojasuunnitelmassa on määriteltävä asennuksen aikana putoavien tai sortuvien rakentei-

den aiheuttama vaara. Suunnitelmassa on määriteltävä vaara-alueet, joilla ei saa työskennellä tai oleskella asennustyön aikana. Vaara-alueet on merkittävä ja tarvittaessa eristettävä.

Ennen asennustyön alkua on varmistauduttava siitä, että asennuskohteen alapuolella ei työskentele tai liiku henkilöitä. Tarvittaessa on käytettävä vartiointia.

### **3.8 Opastus ja ohjaus**

Työnantajan on annettava työntekijöille työnopastus, riittävät tiedot ja ohjeet elementtirakentamisen vaaroista ja niiden torjunnasta.

Lisäksi työnantajan on huolehdittava siitä, että työntekijä perehdytetään riittävästi ainakin seuraaviin seikkoihin:

- elementtirakentamisen työolosuhteet ja työvaiheet,
- työmenetelmät,
- työvälineiden turvallinen käyttö,
- turvalliset työtavat.

Yksityiskohtainen opetus ja ohjaus on toteutettava käytettävän työmenetelmän mukaisesti, ennen uuden työn ja työtehtävän aloittamista, työtehtävien muuttuessa sekä ennen uusien työvälineiden ja työmenetelmien käyttöönottoa. Työntekijät on myös opastettava elementtitoimittajien ohjeisiin. Opetusta ja ohjausta on täydennettävä tarvittaessa.

Elementtien asennussuunnitelmien ja elementtien valmistajan antaminen ohjeiden on oltava asentajien käytettävissä.

### **3.9 Tiedot elementissä**

Yksittäisessä elementissä on oltava tarpeelliset tunnistetiedot valmistajasta, elementin painosta, sekä merkinnät elementin turvallisesta nostamisesta. Merkitsemätöntä elementtiä ei saa nostaa, siirtää eikä asentaa ilman luotettavaa selvitystä.

Elementeissä on varottava käyttämästä sellaisia ratkaisuja, jotka saattavat aiheuttaa väärintäyttöä työmaalla. Jos elementteihin asennetaan sisäkierrähylsyjä muuhunkin tarkoitukseen kuin vinotukien kiinnityspisteiksi, on siitä oltava selkeät varoitusmerkinnot elementeissä sekä tiedot elementtien asennusohjeissa.

Lähteet:

Onnettomuuden syyn tekninen tutkiminen. Tutkimusselostus Nro RTE 1299/04. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. Espoo 2004.

Ratu. Väliseinäelementtityö. Ratu-kortti 25-0182. Syyskuu 1999.

Tutkimusselostus ja lausunto rakennustyömaalla 29.12.2003 tapahtuneen ontelolaataston asennus-

aikaisen sortuman syistä. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Rakennuslaboratorio. Kotka 2004.

LIITTEET

- Valokuvia tapaturmatyömaalta
- Kaavio tapahtumien kulusta ja tapaturmatekijöistä



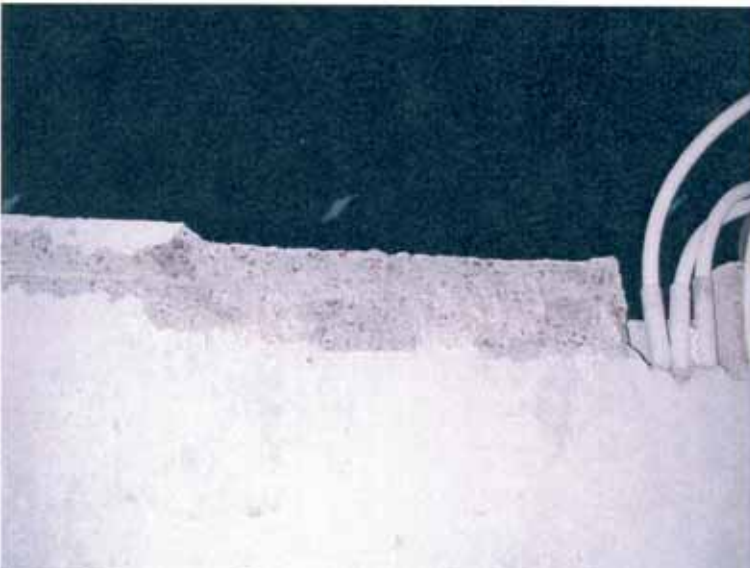
***Kuva 1. Paikalla olleiden kertoman mukaan kaksi lähinnä ulkoseinää olevaa ontelolaattaa putosivat ensin alas ja muut kaksi ontelolaattaa välittömästi niiden perässä. Samanaikaisesti, kun ontelolaaat putosivat, rikkoutui niiden päiden alla ollut väliseinäelementti.***



***Kuva 2 Tapaturmapaikalla oli todettavissa, että ontelolaaat ja niiden päälle nostetut hormielementit olivat kasa- sa holvin päällä.***



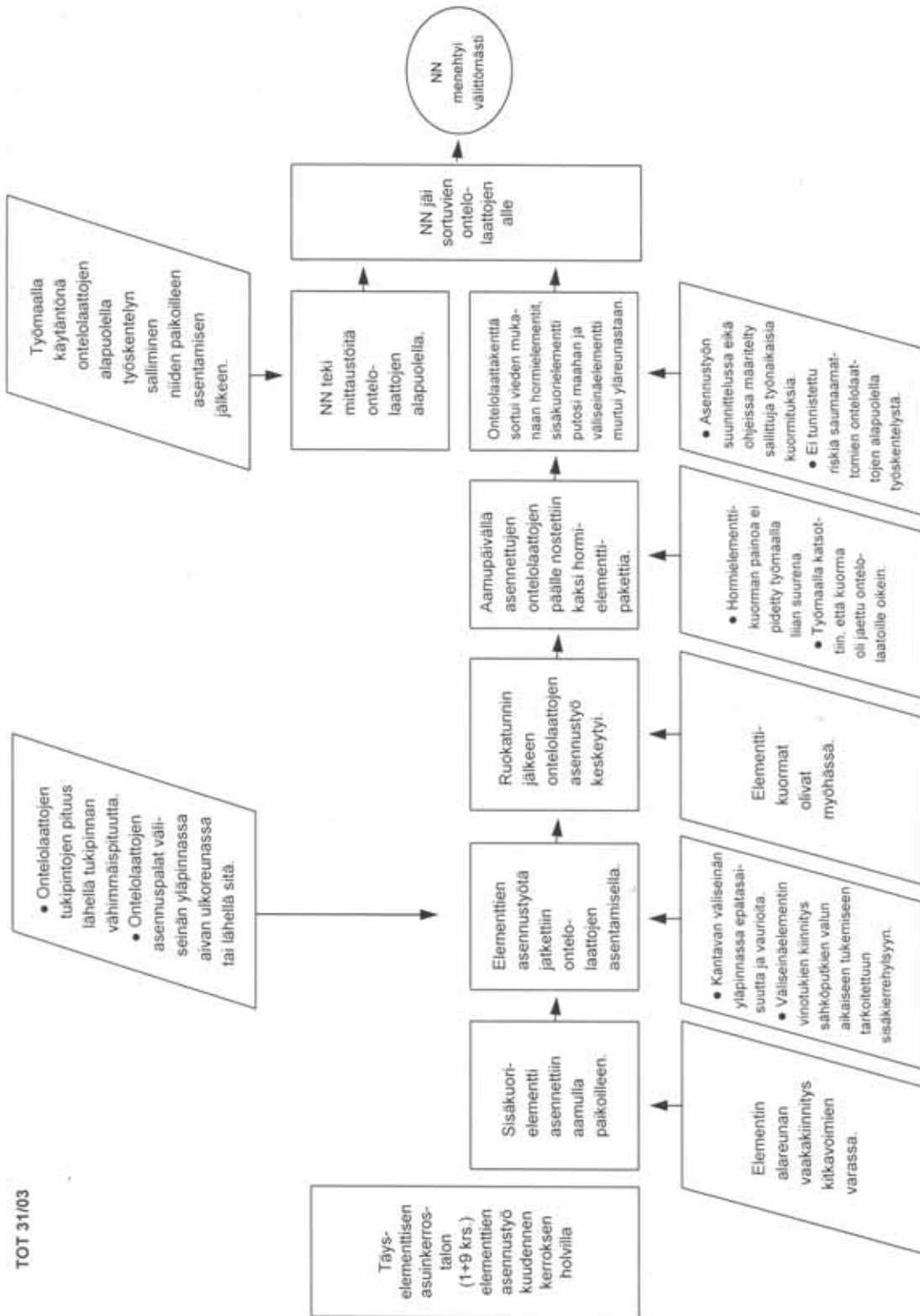
**Kuva 3. Väliseinäelementin ulkoseinän puoleinen pää kaatui holville hajoten useaan kappaleeseen.**



**Kuva 4. Väliseinäelementistä lohkeasi lähes kokonaan toinen pääty.**



**Kuva 5. Väliseinäelementtiin tehtaalla asennettu sisäkierrehylsy eli vemo oli pettänyt. Sisäkierrehylsy oli seinän sisällä olevien sähköputkien takana, melko pinnassa. Kyseiseen sisäkierrehylsyyn oli työmaalla kiinnitetty väliseinäelementtiä tukeva metallinen vinotuki eli tönäri.**



Vapaasti kopioitavissa

Lähde: TVL/TOT 2003

## Tapaturmavakuutuslaitosten liitto

Yhteyshenkilöt: Hannu Tarvainen, työturvallisuusjohtaja, puh. (09) 6804 0388,

Mika Tynkkynen, työturvallisuustutkija, puh. (09) 6804 0384,

Sakari Seppänen, työturvallisuusinsinööri (rakentaminen), puh. (09) 6804 0377