

Tauno Hietanen, dipl.ins., Betonikeskus



1

1 Ylempien kerrosten julkisivut ovat romahtaneet 17. kerroksen vahvistuslaatan päälle ja levittävätkin paloa alaspäin.

2 Kaavio alempien kerrosten pystyrakenteista.

3 Kaavio ylempien kerrosten pystyrakenteista ja sortumislinjat.

4, 6 Palokunta pystyi vain suojelemaan lähimpiä rakennuksia ja sammuttamaan alimpia kerroksia.

5 Betonipilarit ja ripalaatat ovat kestäneet jo itsestään sammumassa olevan palon.

7 Palon sammuttua.

Madridin keskustassa sijaitsevassa Windsor tornissa syttyi tulipalo lauantai-iltana 14. helmikuuta 2005. Palo levisi nopeasti rakennuksen yläosan kaikkiin kerroksiin, ja niiden metallijulkisivujen romahtamisen myötä myös rakennuksen alaosaan. Koko 97 metriä korkean toimistotornin romahtamista pelättiin, mutta betonirunko kesti sortumatta 26 tuntia kestäneen palon.

## RAKENNUS

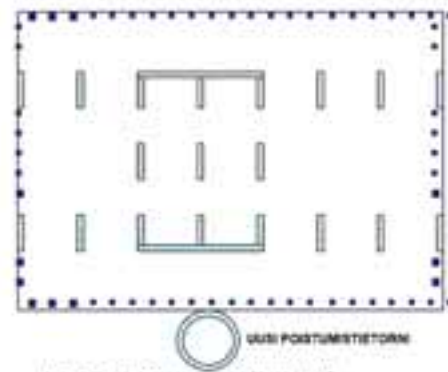
Windsor toimistotorni rakennettiin vuosien 1974 ja 1978 välillä. Siinä oli 29 kerrosta, joista kolme maanalaista. Maanpäällisten kerrosten puolivälissä oli massiivinen betoninen vahvistuslaatta. Runkojärjestelmä tähän 17. kerroksen lattiaan asti oli kuvan 1 ja kuvan 2 periaatekaavion mukainen: jäykistävät betoniseinät keskellä rakennusta ja ulkoseinillä kantavat teräspilarit. Vahvistuslaatan yläpuolisissa kerroksissa betoniseiniä oli vain keskellä rakennusta olevassa porrashuoneen ym. tiloja sisältävässä jäykistävässä tornissa. Muiden seinien sijasta oli betonipilarit ja ulkokehä oli kokonaan teräspilareilla, kuva 3. Välipohjat olivat teräsbetonisia ohvelilaattoja.

Rakennuksessa ei ollut sprinklereitä, koska niitä ei rakentamisaikana vaadittu toimistorakennuksiin. Rakennuksessa oli käynnissä korjaustyöt, mm. uusi poistumistietorni oli jo rakennettu eteläsivulle. Nykyisin voimassa olevien määräysten mukaan rakennukseen vaadittiin palovaroittimet ja hälyttimet sekä sammutusta varten kuivanousut ja niitä oli asennettu korjaustöiden meneillään olevassa vaiheessa. Rakennuksessa oli kerrososastointi ja pystykuilujen osastointi. Teräspilarit oli palosuojattu 17. kerroksen alapuolella, mutta suojaamattomat ylemissä kerroksissa.

## PALON ETENEMINEN

Palo syttyi 21. kerroksessa lauantai-iltana. Syttymissyitä ei tiedetä. Rakennuksen valvontahuoneessa oli rekisteröity signaali palosta, mutta kesti 16 minuuttia ennen kuin hälytys meni paloasemalle. Palokunta saapui neljässä minuutissa ja oli paikalla klo 23.25. Paloa yritettiin mennä ensin sammuttamaan sisäkautta, koska ulkokautta ei yletty, mutta siitä oli luovuttava ja puolen yön aikaan palo oli levinnyt koko rakennukseen 17. kerroksen yläpuolella. Rakennuksessa ei ollut ihmisiä.

Kerrososastoinnin nopean peittämisen syyksi on



ALEMPIEN KERROSTEN RUNKOJÄRJESTELMÄ

2

arveltu metallisten julkisivurakenteiden lämpölaajenemisesta johtuvaa käyritymistä, jolloin julkisivu kaareutuu ja vääntyy irti välipohjasta. Kuuma kaasua ja liekit leviävät syntyneestä raosta ylöspäin ja pahlavat kappaleet putoilevat alaspäin. Näin palo leviää kumpaankin suuntaan. On myös esitetty, että lasijulkisivu säteilee kuumuuden takaisin ja sytyttää sisällä kaiken palavan nopeuttaen kussakin kerroksessa yleissyttymistä.

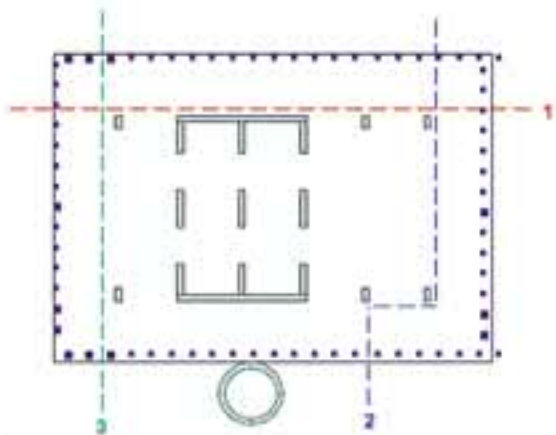
Sunnuntaina klo 1.15 pohjoispuolen teräsjulkisivu romahti 17. kerroksen vahvistuslaatan yläpuolelta. Kello 3 ja 5 välillä tapahtui samanlaiset romahdukset länsi- ja itäisivuilla. Julkisivupilareiden romahdettua myös betonilaataston reunakentät sortuivat jääden osittain roikkumaan. Vahvistuslaatta 17. kerroksessa kesti romahdukset. Putoileva julkisivu sytytti myös vahvistuslaatan alapuolella olevat kerrokset ja palo eteni 2. kerrokseen asti. Palo kesti kaikkiaan 26 tuntia. Palokunta pystyi vain suojelemaan lähimpiä rakennuksia ja sammuttamaan alimpia kerroksia.

## OPITAANKO JOTAIN

Rakennus tuhoutui ja se puretaan ylhäältä päin pala palalta. Betonirunko kesti kuitenkin pystyssä. Koko rungon sortuminen olisi aiheuttanut laajaa vahinkoa ympäristössä, mahdollisesti myös viereisten rakennusten sortumisia. Näinhän kävi New Yorkin World Trade Centerin terroristi-iskussa, jossa kaksoistornien lisäksi sortui muitakin rakennuksia, joihin palo levisi. Teräsrunkoinen 47-kerroksinen WTC 7 sortui tulipalossa, jonka palonalut tulivat sortuneesta WTC 1 tornista, ilman että rakennukseen olisi muuten kohdistunut iskuja tai törmäyksiä.

WTC:n virallinen 10.000-sivuinen loppuraportti julkaistiin kesäkuussa 2005. Sen on laatinut *US National Institute for Standards & Technology NIST*. Raportissa on 30 suositusta korkeiden rakennusten paloturvallisuuden parantamiseksi. Näihin kuuluu mm. jatkuvan sortuman estäminen ja saman palonkeston vaatiminen kantavan rungon kaikilta osilta. Suositusten on sanottu merkitsevän jopa ns. paloturvallisuussuunnittelun (fire safety engineering) loppua. Paloturvallisuussuunnittelu perustuu tarkasteluketjuihin, joissa on useita oletuksia tekijöistä, jotka ovat monimutkaisia ja joilla on suuri hajonta. Jotkin mahdolliset tapahtumat tai tekijät voivat jäädä tarkasteluista pois.

Madridin toimistotorni ei toiminut palossa niin



YLEMPIEN KERROSTEN RUNKOJÄRJESTELMÄ JA SORTUMISLINJAT 3

kuin oli ajateltu ja suunniteltu. Hälytys ei tullut ajoissa, palokunnalla ei ollut keinoja sammuttaa, osastoiti petti, rakenteet eivät toimineet oletetusti. Madridin tapaus oli jälleen esimerkki betonirungon ja passiivisen palontorjunnan luotettavuudesta verrattuna yllättäville tekijöille herkkiin ja aktiivisesta palontorjunnasta riippuviin rakenneratkaisuihin.

Madridin palon tutkimukset ovat meneillään mutta ei ole tiedossa, missä määrin ne julkistetaan. Tutkimuksiin osallistuu espanjalainen instituutti *Intemac* ja myös englantilaisia tahoja, kuten konsulttitoimisto *Arupin palosuunnitteluosasto*.

#### Lähteet:

Tämän kirjoituksen tiedot perustuvat lehtiartikkeleihin, mm. *New Civil Engineer*, *Construction Manager*, *Arup Fire* kotisivuihin ([www.arup.com/fire](http://www.arup.com/fire)) sekä espanjalaisilta ja englantilaisilta kollegoilta saatuihin tietoihin, joilta on saatu myös kuvien julkaisulupa.



4



5



6



7