

AS OY HELSINGIN CIRRUS

Harri Tinkanen, rak.ins., suunnittelujohtaja, Insinööritoimisto Ylimäki & Tinkanen Oy



Maritta Koinivisto

YLEISTÄ

Kaavoituksesta ja palomääräyksistä johtuen Suomessa on 70-, 80- ja 90 -luvuilla rakennettu korkeimmillaankin ainoastaan 8-12 kerroksisia asuinrakennuksia muutamia hyvin harvoja poikkeuksia lukuun ottamatta. Suomen lähiympäristön useimmissa merkittävimmissä kaupungeissa, kuten Tukholma, Pietari, Tallinna, Riika, Vilna ja Kööpenhamina on kuitenkin viime vuosina ja vuosikymmeninä rakennettu kussakin useita korkeita toimisto- ja asuintorneja. Kyseisiä yleensä 20-30 kerroksisia rakennuksia voidaan hyvinkin kutsua tornitaloiksi, mutta Pohjois-Euroopan ainoa todellinen pilvenpiirtäjä on Malmöön noussut 54 -kerroksinen ja 190 m korkea asuinrakennus *Turning Torso*.

Tällä hetkellä yleistymässä olevan tiiviin ja matalan kaupunkirakentamisen rinnalla on kuitenkin myös Suomessa ja erityisesti pääkaupunkiseudulla noussut 2000-luvulla muutamia yli 12-kerroksisia asuinrakennuksia. Helsingissä ja ympäristössä on tällä hetkellä rakenteilla pari kohdetta ja suunnitteilla 5-6 muuta. Käytettävissä olevien tietojen mukaan saman verran vastaavia hankkeita on vireillä muuallakin Suomessa.

Korkein näistä rakenteilla olevista asuintaloista on Vuosaareen nouseva 26 kerroksinen *As. Oy Helsingin Cirrus*, joka valmistuessaan 2006 on Suomen korkein asuinrakennus.

AS OY HELSINGIN CIRRUS

Cirrusen tarina alkoi vuonna 1999 järjestetystä arkkitehtikilpailusta, jonka voitti tanskalainen arkkitehtitoimisto *3 x Nielsen*. Toteutettava suunnitelma poikkeaa olennaisesti voittaneesta suunnitelmasta, mutta kohteen design-arkkitehtina toimii edelleen *Lars Frank Nielsen*. Cirrusen lupa- ja työpiirustusvaiheesta on vastannut *Arkkitehtitoimisto Jukka Tikkanen Oy*.

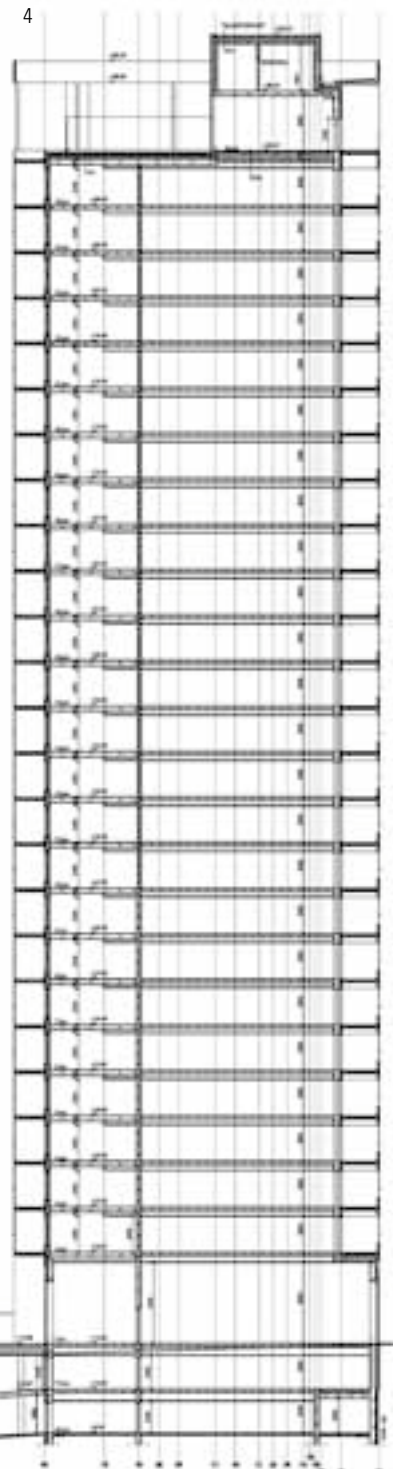
Cirrus nousee Vuosaareen kauppakeskus Kolumbusen eteläpuoleiselle tontille. Rakennuksen pohjan muoto on 22 m x 23 m. Cirrusessa on kaksi maanalaista kellarikerrosta ja 26 maanpäällistä kerrosta. 1. kerroksen kerroskorkeus on 6 metriä ja siinä sijaitsee sisääntuloaulan lisäksi pääasiassa liiketiloihin. Kerrokset 2-25 ovat normaaleja asuinrakennuksia ja kerroksessa 26 sijaitsevat kahvila- ja saunatilat sekä näköalaterassi. Näiden kerrosten yläpuolella on IV-konehuone ja sen katolla pelastushelikopterin tukeutumislusta.

1 Rakennuksessa on 8744 as.m², 140 asuntoa ja sii-



2

4



1
Cirruksen parvekkeet avautuvat merelle päin.

2
Näkymä arkkitehdin 3D-mallista.

3
Tyypillinen kerrostasopiirustus lupakuvasarjasta.

4
Poikkileikkauspiirustus. Cirruksessa on kaksi maanalaista kellarialueita, 26 kerrosta ja IV-konehuone. Paikoitushalli on kaksi kerroksinen ja pääosin maanalaisten.

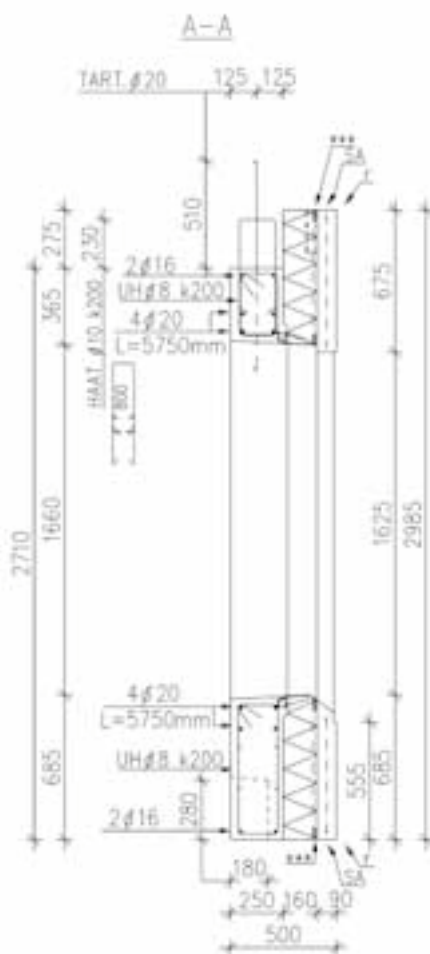


5

6

7

8



9

hen liittyy 2-kerroksinen, osittain maanalainen pairoitushalli.

VIRANOMAISTEN ERITYISVAATIMUKSET

Cirrus kuuluu rakenteidensa puolesta vaativuusluokkaan AA ja sillä perusteella kohteessa on edellytetty käytettäväksi ulkopuolista tarkastusta stabiiliteetin ja kuorirakenteiden osalta. Stabiiliteetin ulkopuolinen tarkastus aloitettiin jo kuormitusten määrittelyvaiheessa ja se jatkui yhteistyönä kohteen laskentavaiheen ajan. Näin toteutettuna ulkopuolinen tarkastus ei aiheuttanut minkäänlaista viivettä tai ongelmaa kohteen muulle suunnittelulle. Samalla periaatteella toteutettiin myös yhteistyö rakennusvalvonnan kanssa sopimalla etukäteisneuvotteluissa muun muassa käytettävät kuormitukset, rakenteellinen palotekniikka ja muut viranomaisten kannalta merkittävät asiat.

Cirruksen Suomen olosuhteissa poikkeuksellisesta korkeudesta johtuen rakennusvalvontaviranomaiset asettivat rakennukselle myös eräitä voimassaolevista määräyksistä ja ohjeistuksista selkeästi poikkeavia vaatimuksia.

Rakennusta varten vaadittiin muun muassa Ilmatieteen laitokselta todelliselle rakennuspaikalle laadittu ennuste mitoittavasta tuulennopeudesta ja sen kehityksestä seuraavan sadan vuoden aikana. Harmajan, Isosaaren ja Katajaluodon mittausasemien sekä Kivenlahden maston mittaustulosten perusteella Ilmatieteen laitos laski Cirruksen todelliselle sijaintipaikalle tuuliprofiilille sekä laati suomalaisiin ja ruotsalaisiin tutkimuksiin perustuvan ennusteen tuulennopeuden muutoksista jaksolle 2070-2100. Ilmatieteen laitokselta saadun selvityksen mukaan 100 vuoden toistuvuusarvolla Cirruksen vesikaton tasossa tuulen mitoittava puuskanopeus on 43,6 m/s, joka vastaa 1,30 kN/m² nopeuspainetta. Lisäksi Ilmatieteen laitos ennustaa, että vuoteen 2100 mennessä vuotuinen keskimääräinen maksimituulennopeus kasvaa 4-12 % ja että tuulimaksimien kasvu seuraa keskinopeuden kasvua.

RIL:in Kuormitusohjeiden mukaan Cirruksen korkeuden ja pohjamuodon suhde on riittävän pieni, jotta rakennuksen runkoa ei olisi tarvinnut mitoittaa dynaamisille kuormille. Rakennuksen korkeudesta johtuen tuulenpaineen dynaamisen vaikutuksen tarkastelu kuitenkin päätettiin tehdä. Tekn.tri Risto Kiviluoman tekemien mallien ja laskelmien pohjalta voitiinkin todeta, että tuulen aiheuttama dynaami-

5
Kellarikerrosten rauditus.

6
Holvin valua.

7
Pohjakerroksen paikallavalumuottien rakentaminen käynnissä.

8
Kerroksittain kannatettujen parvekepiellelementtien rauditus. Kuva elementtitehtaalta.

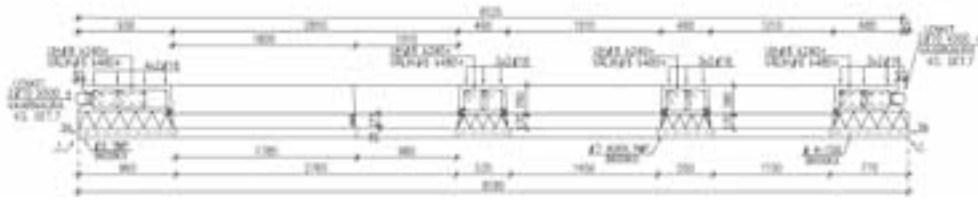
9
Kantavan sandwich-elementin pystyleikkaus. Elementit ovat sisäkuoren vahvuutta ja raudoitusta lukuunottamatta tyypillisiä asuinrakennusten elementtejä

10
Kantavan sandwich-elementin vaakaleikkaus. Kantavien ulkoseinien sisäkuoren vahvuus vaihtelee 180 mm ja 280 mm:n välillä.

11
Cirrus oli joulukuun vaihteessa kerroskorkeudessa 17.

12
1. krs muottirakenteita.

13
Alimmissa kerroksissa elementtien pystysaumot on jouduttu kuormien takia tekemään perinteisillä kuppivaaranoilla ja tupla harjateräsenkein. Betonin lujuusluokka suurimmillaan K50-1.



10

nen kuormitus tuli ehdottomasti huomioida rakennuksen mitoituksessa. Cirruksen ominaistajuus on betonirakenteiden halkeilusta riippuen välillä 0.24-0.36 Hz. Laskelmien tuloksena tuulen dynaamiseksi kertoimeksi saatiin 1.35. Betonirakenteiden halkeilusta riippuen rakennuksen kokonaistaipumaksi suunniteltu tuulenopeudella dynaamiset kuormat huomioiden tuli 66-135 mm. Kiviluoma tarkasteli myös ihmisen aistimisrajan ylittävien värähtelyiden todennäköistä esiintymistiheyttä ylimmissä kerroksissa. Saadut tulokset alittavat ISO-standardin 6897 ja 2641 määrittelemät raja-arvot.

Viranomaiset vaativat myös rakennuksen S1-luokan väestönsuojan yläpohjan mitoittavana kuormana käytettäväksi S2-luokan kuormia, koska rakennuksen väestönsuojan yläpuolisten rakenteiden paino ylittää merkittävästi S1-luokan väestönsuojan katolle asetetut kuormat.

PALOMÄÄRÄYSTEN VAIKUTUS RAKENTEISIIN

Palomääräysten vaikutus rakenteisiin on huomattava kun kerrosluke ylittää 8:n. Niiden vaikutus rakenteisiin rajoittuu kuitenkin pääosin rungon kantavien rakenteiden palonkestoluokan nousemiseen R120:een ja parvekkeiden vastaavasti R60:een. Rakennus on varustettu sprinkler-järjestelmällä.

VALITUT RAKENTEET

Rakennus on kokonaisuudessaan perustettu kallion varaan. Kallion tiiveys ja lujuus varmistettiin poraamalla.

Rakennuksen kantavan ja jäykistävän pystyrungon muodostavat asuinrakennuksille tyypillisesti kantavat väli- ja ulkoseinät. Välipohjat ovat paikallavalettuja ja ristiin kantavia, joten myös ulkoseinät ovat pääosin kantavia.

Rakennuksen kantavan rungon materiaaliksi valittiin betoni materiaalin hyvien kuorman- ja palonkesto-ominaisuuksien takia. Suurista pysty- ja vaakakuormista johtuen kellarit sekä 6 metriä korkea 1-kerros ovat kokonaan paikallavalettuja. Rakennuksen kantava pystyrunko pyrittiin aikataulullisista syistä kuitenkin toteuttamaan elementtirakenteisena mahdollisimman suuressa määrin.

Kyseessä on asuinrakennus, jolloin rakennuksen ylimpien kerrosten heilahdus- ja värähdysliikkeet tulee pyrkiä rajoittamaan ihmisen aistimisrajan alapuolelle. Heilahdus- ja värähdysliikkeet on tehokkaimmin rajoitettavissa sijoittamalla jäykistäviä ra-

kenteita ulkoseinille mahdollisimman kauas kierto-keskiöstä ja jakamalla ne kaikille neljälle seinälle. Riittävän jäykkyyden kannalta järkevää on myös ulottaa riittävä määrä jäykistäviä rakenteita levyinä suoraan perustuksiin.

Kantavien ja jäykistävien rakenteiden sijoittuminen myös julkisivuille mahdollisti rakenteiden täydellisen elementoinnin jo toisen kerroksen tasosta ylöspäin. Rakennuksen edullisen muodon, rakenteiden suuren massan ja jäykistävien rakenteiden edullisen sijainnin ansiosta rakennuksessa vältettiin myös raskailta vetoliitoksista.

Rakennuksen korkeudesta johtuen elementtien pystysaumojen kuormat ovat kuitenkin suuruudeltaan sellaisia, että nykykäytännön mukaisten vaijerilenkkiliitosten kapasiteetti ei ollut riittävä 10. kerroksen alapuolella. Alempien kerrosten pystysaumot toteutettiin perinteisillä betonisilla kuppivaaraliitoksilla ja tupla-harjateräslenkeillä. Kantavien seinien vahvuus vaihtelee alimpien kerrosten 300 mm:stä ylempien kerrosten 160 mm:iin ja betonin lujuus vaihtelee K50-1:stä K30-1:een. Seinäelementtien alapään liitokset toteutetaan kutistumattomalla juotosbetonilla painevaluna.

ULKOSEINÄT

Ulkoseinien materiaali ja rakenne tutkittiin perusteellisesti huomioiden kohteen sijainnin ja korkeuden asettamat erityisvaatimukset.

Rakennus mallinnettiin FemDesign 3D-ohjelmalla, jolla oli nopeasti todettavissa kantavien ulkoseinien oleellinen vaikutus rakennuksen kokonaisjäykkyyteen ja rungon värähtelyarvoihin verrattuna vaihtoehtoihin, joissa ulkoseinät olivat pääosin eikantavia tai pilarirunkoisia.

Tehdyissä runkovertailuissa todettiin kantavien ulkoseinäelementtien olevan teknisesti ja taloudellisesti varmin ja edullisin kombinaatio. Näiden vertailujen tuloksena luovuttiin alkuperäisestä ajatuksesta toteuttaa julkisivu joko kevytrakenteisena tai nauhamaisin sandwich-elementtein.

Lopulliseen valintaan kantavien sandwich-elementtien käytöstä vaikutti oleellisesti myös se, että tällä ratkaisulla ulkoseinä oli mahdollista saada asennuksen yhteydessä lähes lopulliseen valmiuteensa. Myös valmiin rakenteen hyvä ilmatiiveys vaikutti valintaan. Kustannusten kannalta oleellista oli myös se, että laskelmien mukaan elementtiratkaisulla oli mahdollista päästä viiden päivän kerroskiertoon.

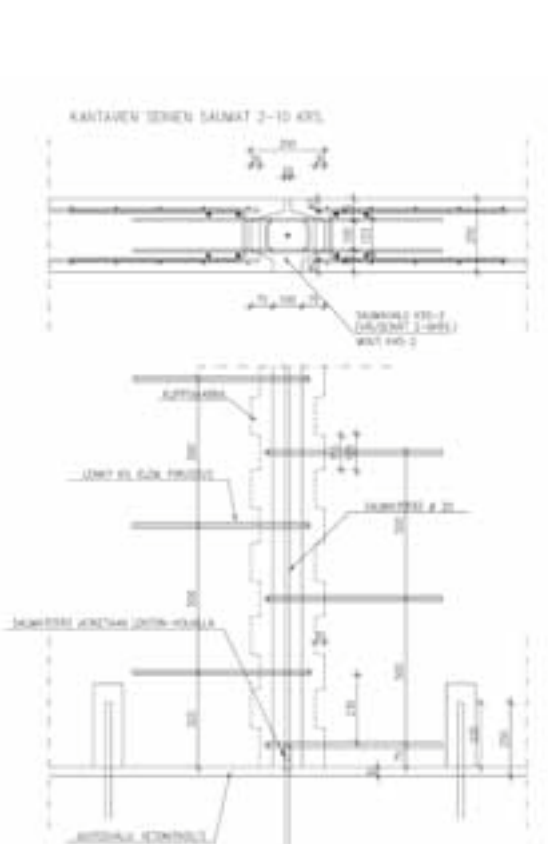
Maritta Kowisto



11



12



13



Maritta Kouvisto

14, 15

Rakennus nousee viikko/kerros vauhdilla ja välipohjan valu suoritetaan kahdessa osassa.

16

Hissikuilunvalua.

17

Elementtien välinen pystysauma ei jatku samassa paikassa ylempään kerrokseen, joten kohteen julkisivuelementit ovatkin lähes kaikki erilaisia.



14

Yhtenä valintaan vaikuttavana tekijänä oli myös ulkoseinä-rakenteelta vaadittu huoltovapaus ja pitkä käyttöikä.

Osittain myös näiden teknisten näkökohtien perusteella kohteen pääasiallisena julkisivumateriaalina on mattahiottu valkobetoni sekä ikkunoiden välissä betonin päälle asennetut alumiinisäleät.

Arkkitehtuuri asetti julkisivuille vaatimuksen, että elementtien pystysaumamat eivät saa olla säännönmukaisesti päällekkäin. Yksikään elementtien välinen pystysauma ei jatku samassa paikassa ylempään kerrokseen, joten kohteen julkisivuelementit ovatkin lähes kaikki erilaisia.

ASENNUSTYÖT

Sandwich-elementeissä on asennusvaiheessa valmiina kaikki seinään liittyvät tarvikkeet, kuten ikkunat, vesipellit, ikkunoiden väleihin sijoitetut alumiinisäleiköt jne. Asennuksen jälkeen seinä on saumasta vaille valmis.

15



Rakennus nousee viikko/kerros vauhdilla ja välipohjan valu suoritetaan kahdessa osassa. Kerroksissa 2-10 seinäelementtien pystysaumamat on toteutettu kuppivaaroina ja tupla harjateräsenkein c/c 300 mm. Elementit on valmistettu toleransseiltaan erikoisluokkaan, mutta suuresta mittatarkkuudesta huolimatta jäykät ja tiheät lenkit vaikeuttivat asennustyötä huomattavasti. Kerroksesta 11 ylöspäin elementtien pystysaumamat on voitu toteuttaa vaijerilenkein ja tämä helpotti sekä nopeutti huomattavasti asennusta. Seinien pystysaumamat on valettu laatan valun yhteydessä betonin lujuusluokan vaihdellussa välillä K50 - K30.

16



Maritta Kouvisto

HOUSING CORPORATION HELSINGIN CIRRUS

Usually 20 to 30-storey buildings can with good conscience be called high-rise buildings, but the only true skyscraper in Northern Europe is the 54-storey, 190 metres tall Turnign Torso in Malmö, Sweden.

Although urban areas are becoming increasingly more densely built, characterised by low-rise buildings, in the 2000's a few buildings with more than 12 storeys have been built also in Finland, particularly in the Helsinki region. The tallest of the buildings currently under construction is the 26-storey Housing Corporation Helsingin Cirrus in Vuosaari, which will be the tallest residential building in Finland when completed in 2006.

The winning entry in the architectural competition organised in 1999 was filed by the Danish architects 3 X Nielsen. The actual building project differs significantly from their entry, but Lars Frank Nielsen is still the design architect in the project. Architects Jukka Tikkanen Oy have acted as the project architects during the building permit and work drawing phase of Cirrus.

Cirrus is being built in Vuosaari on a lot south of shopping centre Kolombus. The building base is 22 m x 23 m, and the building has two basement floors and 26 floors above ground. The ground floor is reserved to the entrance lobby and commercial facilities, while the rest of the floors contain apart-

17

ments, with the exception of the top floor that occupies a cafeteria, sauna facilities and a panorama terrace. The air conditioning plant is built on the roof of the building, with a heli-pad on the roof of the plant for rescue helicopters.

The total residential area of the building is 8744 m², divided into 140 apartments. A 2-storey, partly underground parking garage is connected to the building.

The structures of Cirrus have been assigned to competence class AA. When the number of storeys is more than 8, fire regulations influence the structures significantly: the fire resistance class of load bearing structures in the frame is R120 and the class of the balconies is R60. The building is equipped with a sprinkler system.

The building foundations are completely supported on bedrock. The load bearing and stiffening vertical frame of the building consists of load bearing partition walls and external walls, which is typical of residential buildings. Intermediate floors are cast-in-situ and create a two-way system, which means that the external walls are also load bearing in most parts.

The material of the load bearing building frame is concrete, selected due to its good load bearing and fire resistance properties. As a result of large vertical and horizontal loads the basement facilities and the 6-metre tall ground floor are completely cast-in-situ, while the load bearing vertical frame is a prefabricated structure.

The thickness of the load bearing walls varies from 300 mm on the bottom floors to 160 mm on the upper floors, and the strength of the concrete from K50-1 to K30-1.

The use of prefabricated load bearing façade sandwich units made a 5-day storey schedule possible. The main criteria defined for the external walls included maintenance freedom and long service life. The façade material is matte ground white concrete, with aluminium louvers mounted on the concrete between windows. The architectural requirement specified for the façades was to eliminate vertical unit joints consistently on top of each other.

When the sandwich units are installed, they are already complete with all the accessories required for the wall, such as windows, external sills, aluminium louvers between the windows, etc. After installation, the wall just needs to be jointed to make it complete.

The building project proceeds at a rate of one storey in a week, and the intermediate floor is poured in two stages.

AS. OY HELSINGIN CIRRUS:

- sijainti : Vuosaari
- huoneistoala : 8744 asm²
- kerrosluku : 2k + 26
- rakennuksen korkeus 1. kerroksen lattiasta räystäälle : 87,5 m
- perustaja-urakoitsija : YIT-Rakennus Oy, projekti-päällikkö Lasse Vanhanen, työpäällikkö Esa Türkka ja vastaavamestari Petri Salonen
- design-arkkitehti : 3 x Nielsen, Lars Frank Nielsen
- lupa- ja työpiirustusarkkitehti : Arkkitehtitoimisto Jukka Tikkanen Oy / Ilkka Rekonen
- rakennesuunnittelu : Insinööritoimisto Ylimäki & Tinkanen Oy / Harri Tinkanen, Risto Kallunki
- stabiileetin ulkopuolinen tarkastus : Suunnittelu Kortes Oy / Jukka AlaOjala
- kuorirakenteinen ulkopuolinen tarkastus : Insinööritoimisto Vahanen Oy / Vilho Pekkala, Ilkka Jerkku
- tuulen dynaamisen vaikutuksen tarkastelu : Insinööritoimisto Sormunen & Uuttu Oy / Risto Kiviluoma
- betonielementit : Parma Oy

Sirkka Saarinen, toimittaja

WSP SuunnitteluKORTES Oy:n Helsingin toimiston päällikkö diplomi-insinööri Jukka Ala-Ojala on ollut ulkopuolisena tarkastajana kahdessa tuoreessa tornitalohankkeessa: Vantaan Tikkurilaan vuodenvaihteessa valmistuvassa 16-kerroksisessa *Kielotornissa* ja Helsingin Vuosaaressa rakenteilla olevassa, Suomen korkeimmassa asuinkerrostalossa, 26-kerroksisessa *Cirruksessa*. Tarkastettavana on ollut myös Tallinnaan rakenteilla olevan 31-kerroksisen kaksoistornin rakenteiden statiikka. Kohteeseen tehtiin kattavat vertailulaskelmat omalla FEM-mallilla. Staattisen tarkastelun lisäksi torneille tehtiin erillinen tuulianalyysi, josta ohessa tekn.tri Risto Kiviluoman kuvaus.

Parisen vuotta käytäntönä ollut AA-luokan suunnittelukohteen vaatimus ulkopuolisesta tarkastuksesta on Ala-Ojalan kokemuksen mukaan toiminut molemmissa tornitalokohteissa hyvin: "Me tarkastamme tilaajan pyynnöstä ja tilauksesta rakennelaskelmia ja suunnitelmia." Vaikka kyse on nimenomaan tarkastamisesta, ei suunnittelusta, Ala-Ojala pitää tarkastustoiminnan yhtenä hyvänä puolena sitä, että sen puitteissa voi tarpeen mukaan keskustella kohteen suunnittelijan kanssa myös suoraan. "Hyväksi tavaksi on osoittautunut se, että rakennesuunnittelija ja tarkastaja katsovat ensiksi materiaalin yhdessä läpi."

"MATALISSA TORNITALOISSA" YLEENSÄ BETONIRUNKO

Kysymystä, miksi Suomen asuintornitaloissa on yleensä betonirunko, Ala-Ojala vastaa sen olevan luonteva ratkaisu: "Palomääräykset puoltavat betoniratkaisua. Betonirunko on myös suhteellisen helppo ja edullinen toteuttaa. Koska jännevälit ovat asuntokohteessa suhteellisen pieniä ja pohjaratkaisu sellainen, että väliseiniä täytyy joka tapauksessa olla, on aika luontevaa valita betonirunko. Ei kannata tehdä ensin runkoa ja sitten väliseiniä. Toimistorakentamisessa, jossa tarvitaan avaria tiloja, teräsrunko sen sijaan voi hyvin tulla tornitaloissakin kyseeseen", hän linjaa.

Entä paikallavali vai elementti? Cirruksessa ja Kielotornissa on molemmissa elementtiseinät ja paikalla valetut välipohjat, Tallinnan kaksoistornissa sen sijaan kokonaan paikallavalettu runko. "Vaikka tornitaloja ovatkin, kohteet ovat kuitenkin sen verran matalia, että seinäelementtien liitokset pystytään tekemään vielä tuotannon kannalta järkevästi. Rungot on helppo elementoida, sillä asuntorakentamisen suhteellisen pienet jännevälit ja

suuri toistuvuus puoltavat myös elementtivaihtoehtoa", Ala-Ojala arvioi syitä, miksi monet tornitalokohteista tehdään elementeistä.

MUKAVUUSTEKIJÄT NOUSEVAT USEIN MITOITTAVAKSI

Entä lopullinen mitoitus? Ala-Ojala huomauttaa, että korkeissa rakennuksissa mitoituksen kriittisiksi tekijöiksi nousevat mukavuustekijät rakenteellisten tekijöiden rinnalle. "Kun mennään riittävän korkealle, tulee värähtelyasioista erittäin merkittävä tekijä", hän toteaa. Meren rannalla sijaitsevilla kohteissa tuuliolosuhteet ovat luonnollisesti vielä sisämaata vaativammat.

18

18

Tanskalainen arkkitehtitoimisto 3 x Nielsen voitti vuonna 1999 Vuosaaren tornitalosta järjestetyn arkkitehtikilpailun. Toteutettava suunnitelma poikkeaa olennaisesti voitaneesta suunnitelmasta, mutta kohteen design-arkkitehtina toimii edelleen Lars Frank Nielsen. Cirruksen lupa- ja työpiirustusvaiheesta on vastannut Arkkitehtitoimisto Jukka Tikkanen Oy.



Tornimäen kaksoistorni, *Tornimäe Polüfunktsionaalne Kõrghoone*, on uusin Tallinnan keskustan tornitaloista. Paikalla valettu betonirakennus koostuu asuintornista, hotellitornista ja kauppakeskuksesta. Rakennuksen korkeus on 115 m, ja se on valmistuttuaan Viron korkein, jos historiallista Pyhän Olavin kirkon tornia ei oteta huomioon.

TUULITEKNIikka

Tuulitekniikka on korkeimpien rakennusten suunnittelussa perinteisesti keskeisessä asemassa. Näiden kantavia rakenteita ei nykykäytännön mukaan suunnitella massiivisen jäykiksi, vaan ne voivat taipua ja värähdellä huomattavasti myrskytuulella. Vaikka materiaalissa ei säästettäisikään, rakennuksen massan lisääminen ei aina ole mahdollista maanjäristyskuorman liittyvän seismisen massan johdosta. Seismiseen mitoitukseen liittyvät vaakavoimat voidaan ottaa huomioon suunnittelemalla runkoon myötäviä detaljeja, jotka korjataan suuremman maanjäristyksen jälkeen. Tuulen aiheuttamat vaakavoimat on sen sijaan otettava vastaan ilman vaurioita rakenteissa, jolloin tuuli käytännössä määrää rakennusrungon vaakajäykistyksen.

Asukkaiden kokemaa kiihtyvyyksiin liittyvä epämuikavuus on tärkein kriteeri, ja sille onkin esitetty yleisesti käytössä olevia ohjeita. Muita tärkeitä kysymyksiä korkeiden rakennusten tuulitekniikassa ovat esimerkiksi lasijulkisivujen paikallisten painekuormien määrittäminen sekä tuulisuuden kasvaminen rakennuksen viereisessä katutasossa. Tuulitekniikan kysymysten laskennallisen mallintamisen vaikeudesta seuraa, että käytännössä tuulitunnelikokeet ovat ainoa asiantuntijoiden hyväksymä analyysimenetelmä korkeimpien rakennusten suunnitteluun. Teräsbetonirakenteiden halkeilu vaikuttaa jäykkyyteen ja vaimennukseen, mikä osaltaan monimutkaistaa tarkasteluja.

Vaikka suunnittelutuulenoisuus Tallinnan rannikolla ei ole erityisen suuri ja rakennuksen korkeus ei maailmanlaajuisessa vertailussa ole huomattava, on Tornimäen kaksoistorni haasteellinen tuulitekniikan suhteen. Rakennuksen jäykistyksen toteutettu tavanomaisella sydänjäykistyksellä, jonka käyttöalueen teknis-taloudellinen raja on lähellä rakennuksen korkeutta. Rakennuksen värähtelyn alin ominaistajuus on suuruusluokaltaan 0,3 Hz. Tornit ovat mekaanisesti ja aerodynaamisesti kytketty toisiinsa, mikä tekee värähtelyn ominaismuodot moni-

mutkaisiksi. Tornien väliin syntyy tunneli, jossa julkisivun painekuormat ovat vaikeasti mallinnettavissa. Rakennus on selvästi ympäristöönsä korkeampi, ja sen vieressä harvakseltaan sijaitsevat toiset korkeat talot aiheuttavat ns. herätetärinäilmiön tuulen puhaltaessa niiden suunnasta.

AEROELASTISEN TUULITUNNELIMALLI

Tornimäen kaksoistornin tuulitekniikkatarkastelut teki Suomessa WSP Wind Engineering. Ensimmäisessä vaiheessa tornien tuulivaste laskettiin erikoisohjelmistoilla erityisesti kiihtyvyyssuhteen suhteen. Laskenta paljasti puutteen asuintornin vääntöjäykkyydessä, ja vääntöjäykkyyttä lisättiin jatkosuunnittelussa. Toisessa vaiheessa siirryttiin tuulitunnelikokeisiin, joilla määritettiin tarkasti kiihtyvyyssuhteita, tarkat staattiset korvauskuormat ja julkisivujen painekuormat. Kolmannessa vaiheessa optimoitiin rakennuksen ylimpien seinien paksuuksia ja kerrosalaa yhdessä rakennussuunnittelijan kanssa.

Erikoisuutena analyysissä on ollut ns. *aeroelastisen tuulitunnelimallin* käyttö. Tämä on teknisesti kaikkein täydellisin menetelmä tuulivasteiden määrittämisessä, ja siinä erikoisrakenteinen pienoismalli värähtelee rajakerrosvirtauksessa kuten oikea rakennus tuulella. Tekniikkaa on perinteisesti pidetty kalliina ja hitaana käytännön insinööriydessä, sillä mallin suunnittelu, valmistus ja mittaukset saattavat viedä jopa puoli vuotta. Modernien tekniikoiden avulla se voidaan kuitenkin tehdä kilpailukykyiseksi sekä aikataulun että hinnan suhteen.

Analyysi osoitti herätetärinän merkityksen tuulen puhaltaessa noin 100 m päässä sijaitsevan Radisson SAS hotellitornin suunnasta. Vaativan analyysin menestyksekkäs suoritus on sittemmin herättänyt kansainvälistäkin huomiota maineikkaitten pilvenpiirtäjäsuunnittelijoiden keskuudessa (Kiviluoma 2005).

Viitteet:

Kiviluoma, R., *Aeroelastic wind-tunnel testing technique revisited. Proceedings, CTBUH2005 7th World Congress: Renewing the Urban Landscape, 16-19 October 2005, New York City. Council on Tall Buildings & Urban Habitat.*

TORNIMÄKI TWIN TOWER

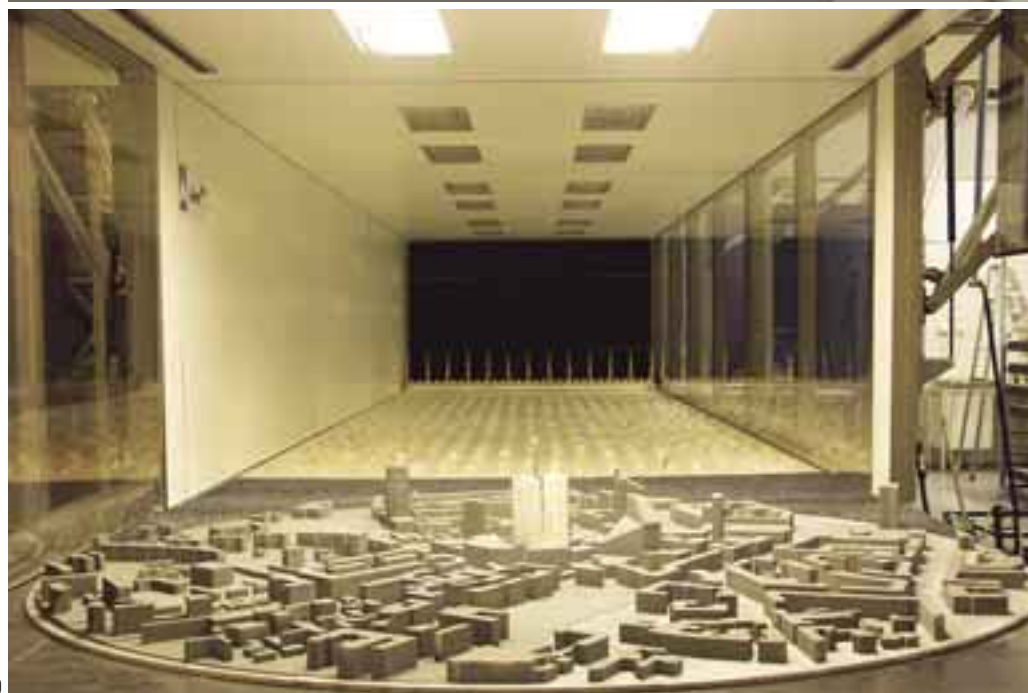
Tornimäki Twin Tower, Tornimäe Polüfunktsionaalne Kõrghoone, is the newest high-rise building in the redeveloping city centre of Tallinn, the capital of Estonia. The multifunction building comprises an apartment tower, a hotel tower and a shopping mall.

The construction of this cast-in-situ concrete building is well under way. With a height of 115 m, it will be the tallest building in Estonia, excluding the spire of the historic St. Olav's Church from comparison.

Wind engineering is classically one of the key disciplines in the design of the tallest buildings, and wind-tunnel testing is employed frequently. These buildings are no longer designed massive and rigid, and could show notable drift and vibration in storm winds. One of the key design criteria of the stiffening systems of these buildings is the acceleration comfort of the occupants. Other important issues include equivalent static wind loads, local pressure loads on the glass cladding and wind comfort at pedestrian level. Despite its moderate height-range among the tallest buildings in the world, Tornimäki Twin Tower has been a challenge from the wind engineering point of view. In addition to progress in design, the results of comprehensive analyses have been utilised to strengthen and optimize the stiffening system and the cladding. A special type of wind-tunnel testing, aeroelastic testing, has been used to obtain an as accurate estimate of acceleration comfort and equivalent static wind loads as possible.

The analyses pointed out various important aspects, such as proper torsion stiffness and implications of wake buffeting caused by the other tall buildings nearby. Modern computer design tools helped keep the schedule and the costs of the aeroelastic testing technique at an attractive level, and the success of the application has recently attracted also international attention.

Risto Kiviluoma 19



19
Tornimäe Polüfunktsionaalne Kõrghoone. Havainnekuva.

20
Tallinnan kaksoistornin aeroelastinen tuulitunnelimalli. 20

SUOMESSA TORNITALO-STATUKSEN SAA YLI 12-KERROKSELLA

Sirkka Saarinen, toimittaja
Maritta Koivisto, päätoimittaja *Betoni*

21
Kielotorni, Tikkurila, Vantaa. Suunnittelijana Gullichsen Vormala Arkkitehdit Ky.

22
Cirrus, Helsinki. Tanskalainen arkkitehtitoimisto 3 x Nielsen voitti vuonna 1999 järjestetyn arkkitehtikilpailun. Toitettava suunnitelma poikkeaa olennaisesti voittaneesta suunnitelmasta, mutta kohteen design-arkkitehtina toimii edelleen Lars Frank Nielsen. Cirruksen lupa- ja työpiirustusvaiheesta on vastannut Arkkitehtitoimisto Jukka Tikkanen Oy.

23
Meritorni, Espoo. Suunnittelijana Arkkitehtitoimisto Simo Järvinen Oy/luonnosvaihe, Arkkitehtitoimisto Mutanen-Salminen-Vaarna Oy/toteutusvaihe.

Pilvenpiirtäjää ei äkkiseltään miellä osaksi suomalaismaisemaa. Eikä satojen metrien korkeuksiin yltäviä rakennuksia, joita maailmalta löytyy, Suomessa ole rakennettukaan. Tornitalo-statuksen Suomessa saa jo yli 12 kerrosta korkea rakennus. Niitä on tällä hetkellä viitisenkymmentä. Suunnitelma- vaiheessa lienee kymmenkunta.

Tornitalojen rakentamista ovat meillä suitsineet ensisijaisesti kaavoitus sekä palomääräykset. Korkeuden lisäksi toteutuneille ja suunnitelmavaiheessa oleville tornitalohankkeille on yhteistä se, että melkein jokaisesta on kaavoitusvaiheessa käyty kova väantö. Parhaimmillaan, tai pahimmillaan, tornitalon rakentamisesta on joko luovuttu kokonaan, sitä on madallettu tai hankkeen käynnistyminen on siirtynyt jopa vuosikymmenillä.

Harri Tinkanen esittelee tässä *Betoni*-lehdessä Helsingin Vuosaaren paraikaa rakennettavaa, valmistuttuaan Suomen korkeinta asuintaloo, Cirrusta, johon tulee 26 kerrosta. Kuten Tinkanen artikkelissaan toteaa, sitäkään ei voi pitää pilvenpiirtäjänä. Sellaiseksi hän laskee Pohjois-Euroopassa ainoastaan Malmön 54-kerroksisen, 190 metriä korkean *Turning Torson*, joka korkeuden lisäksi hätkäyttää

myös erikoisesti kiertyvällä julkisivullaan.

VIITISENKYMMENTÄ TORNITALOA

Lyhyt katsaus suomalaisiin asuintornitaloihin osoittaa, että suurin osa on pääkaupunkiseudulla. Yksittäisiä kohteita löytyy muualtakin: esimerkiksi Tampereen Hervantaan, Opiskelijankadulle, rakennettiin jo 70-luvun puolessavälissä ensimmäinen 15-kerroksinen opiskelija-asuntola. Saman ikäluokan ja samaan korkeuteen yltäviä tornitaloja on useita myös Vantaan Koivukylässä.

Espoon Kivenlahden kolmen tornitalon ryhmästä ensimmäinen, 18-kerroksinen, valmistui vuonna 1990, toinen, 22-kerroksinen vuosituhannen alussa, viimeisimmän rakentaminen on käynnistymässä. Vuosituhannen vaihteessa valmistunut 22-kerroksinen *Meritorni* oli silloin Suomen korkein rakennus. Sen rakentamista ja rakenteita esiteltiin mm. *Betoni*-lehdessä (*Pekka Vuorinen, Betoni 2/99*).

Mielenkiintoista luettavaa suomalaisista pilvenpiirtäjistä löytyy internetistä ositteesta www.pilvenpiirtaja.net. Asiantuntevalta ja selvästi antaumuksella tehdyiltä sivuilta löytyy mm. ajan tasalla olevat luettelot toteutuneista kohteista sekä





25

tietoa suunnitteilla olevista kohteista. Mahdollisista epätarkkuuksista voi sivujen kautta antaa palautetta suoraan tekijöille. Tietojen päivityskin näyttää toimivan reaaliajassa.

MAAMERKKEJÄ

Nykyrakentamista hallitsevan Tiivin ja matalan -rakentamisen rinnalla toteutusvaiheeseen päässeiden tornitalojen tärkeä peruste on ollut niiden asema alueen maamerkinä. Esimerkiksi Vantaan Tikkurilaan valmistumassa oleva *Kielotorni* antaa Kehä III:lta tulevalle selkeän viestin, että hän on saapumassa Suomen neljänneksi suurimman kaupungin keskusta. Tikkurilaan pari vuotta sitten valmistunut edellinen korkea asuinrakennus, Vantaan Majakka jäi näet kovan väännön takia "vain" 12-kerroksiseksi.

Ehdotuksia uusista tornitaloista on tehty mm. Helsingin Keski-Pasilaan, nykyiselle ratapiha-alueelle, joka vapautunee ratapihatoiminnan siirtymällä uudelle Vuosaaren satama-alueelle. Jo suunnittelupöydällä on ainakin Espoon Leppävaaran 20-kerroksinen asuinrakennus. Julkisuudessa on ollut tietoja myös Espoon Matinkylään rakennettavasta, mahdollisesti 27-kerroksisesta tornitalosta.

24

24

Turning Torso, Malmö. Arkkitehti, rakennesuunnittelija, kuvanveistäjä Santiago Calatravan suunnittelema asuin-kerrostalo Turning Torso Malmössä on 54-kerroksinen ja 190 metriä korkea. 12 alinta kerrosta rakennuksesta ovat toimistokäytössä ja ylemmissä kerroksissa sijaitsevat asunnot. Toimistotilojen pinta-ala on 3 900 m² ja asuintiloja on 14 500 m².

Rakennuksen rungon jäykistävänä osana on rakennuksessa keskeisesti sijaitseva betoninen paikallavalettu keskussylinteri, jonka sisälle on sijoitettu portaat, hissit, tekniikka- ja muut installaatiokuilut. Myös huoneistojen väliset betoniseinät toimivat jäykistäjinä.

Rakennuksen välipohjat ovat paikallavalettua betonia, K45 - K60. Rakennuksen kiertyvät julkisivuelementit ovat alumiinipintaiset ja ne on valmistettu Barcelonassa.

HB-Betoniteollisuus Oy Suomesta on toimittanut rakennuksen betoniporaat.

Turning Torson rakentaminen alkoi keväällä 2001 ja rakennus valmistui keväällä 2005.

25

Turning Torso. Esimerkki yhdestä asunthuoneiston pohjaratkaisusta. 28

26-28

Turning Torso. Rakennustyö käynnissä. Paikallavalurakentaita.

29

Turning Torso. Yksilölliset asuinhuoneistot ovat valoisia ja suurista ikkunoista avautuvat upeat näkymät Öresundiin ja Malmön yli pitkälle. 29

Maritta Koivisto



26

